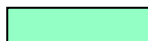


### Pemasangan Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

| Kelas Eksperimen (XA) |                           |                       | Kelas Kontrol (XD)    |                           |                |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|
| No. Urut Siswa        | Nilai UH Laju Reaksi      | Jumlah Siswa          | Jumlah Siswa          | Nilai UH Laju Reaksi      | No. Urut Siswa |
| 22                    | 85                        | 1                     | 1                     | 85                        | 22             |
| 19                    | 80                        | 2                     | 2                     | 80                        | 13             |
| 23                    | 80                        |                       |                       | 80                        | 21             |
| 4                     | 75                        | 8                     | 8                     | 75                        | 6              |
| 6                     | 75                        |                       |                       | 75                        | 10             |
| 7                     | 75                        |                       |                       | 75                        | 11             |
| 10                    | 75                        |                       |                       | 75                        | 17             |
| 12                    | 75                        |                       |                       | 75                        | 20             |
| 25                    | 75                        |                       |                       | 75                        | 25             |
| 28                    | 75                        |                       |                       | 75                        | 27             |
| 33                    | 75                        |                       |                       | 75                        | 34             |
| 2                     | 72                        | 1                     | 1                     | 72                        | 12             |
| 1                     | 70                        | 5                     | 5                     | 70                        | 19             |
| 5                     | 70                        |                       |                       | 70                        | 24             |
| 26                    | 70                        |                       |                       | 70                        | 28             |
| 32                    | 70                        |                       |                       | 70                        | 31             |
| 34                    | 70                        |                       |                       | 70                        | 32             |
| 16                    | 68                        | 1                     | 1                     | 68                        | 1              |
|                       | $\bar{x} = 74,17$         | $\Sigma = 18$         | $\Sigma = 18$         | $\bar{x} = 74,17$         |                |
| 9                     | 65                        | 3                     | 3                     | 65                        | 14             |
| 13                    | 65                        |                       |                       | 65                        | 23             |
| 14                    | 65                        |                       |                       | 65                        | 33             |
| 3                     | 60                        | 4                     | 4                     | 60                        | 2              |
| 15                    | 60                        |                       |                       | 60                        | 4              |
| 17                    | 60                        |                       |                       | 60                        | 8              |
| 24                    | 60                        |                       |                       | 60                        | 26             |
| 30                    | 55                        | 2                     | 2                     | 55                        | 9              |
| 31                    | 55                        |                       |                       | 55                        | 16             |
| 11                    | 50                        | 2                     | 2                     | 50                        | 5              |
| 21                    | 50                        |                       |                       | 50                        | 29             |
| 18                    | 40                        | 1                     | 1                     | 40                        | 30             |
|                       | $\bar{x} = 57,08$         | $\Sigma = 12$         | $\Sigma = 12$         | $\bar{x} = 57,08$         |                |
|                       | $\bar{x}_{total} = 67,33$ | $\Sigma_{total} = 30$ | $\Sigma_{total} = 30$ | $\bar{x}_{total} = 67,33$ |                |

**Keterangan:**



= kemampuan awal tinggi



= kemampuan awal rendah

## Instrumen Perlakuan Model POGIL dan Model Ekspositori

### A. Silabus Pembelajaran Keseimbangan Kimia

#### SILABUS

Satuan Pendidikan : SMK

Program Keahlian : Kimia Industri

Mata Pelajaran : Kimia

Kelas/Semester : X/2

Kompetensi Inti :

KI 1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.

KI 2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                                                       | Materi Pokok                                                                                                                                        | Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                 | Penilaian                                                                                                              | Alokasi Waktu | Sumber Belajar                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 Menyadari adanya keteraturan struktur partikel materi sebagai wujud kebesaran Tuhan YME dan pengetahuan tentang struktur partikel materi sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya | Keseimbangan Kimia: <ul style="list-style-type: none"><li>• Keseimbangan dinamis</li><li>• Pergeseran arah keseimbangan</li><li>• Tetapan</li></ul> | Mengamati <ul style="list-style-type: none"><li>• Mencermati tayangan video tentang keseimbangan dan faktor yang mempengaruhinya.</li></ul> Menanya <ul style="list-style-type: none"><li>• Mengarahkan pertanyaan</li></ul> | Pengetahuan <ul style="list-style-type: none"><li>• Kuis</li><li>• Penugasan individu</li><li>• Tes tertulis</li></ul> | 16 JP         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK</li><li>• <i>A-Level Chemistry for Senior High School 2A</i></li><li>Media pendukung (<i>power point</i> presentation, LKS, internet)</li></ul> |

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Materi Pokok                      | Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Penilaian | Alokasi Waktu | Sumber Belajar |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|----------------|
| <p>bersifat tentatif.</p> <p>1.2 Menyadari keteraturan dalam semua interaksi persenyawaan kimia sebagai wujud kekuasaan Tuhan YME.</p> <p>1.3 Menyadari keberadaan energi yang tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan oleh manusia sebagai wujud kekuasaan Tuhan YME.</p>                                                      | kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) | <p>mengapa terjadi reaksi balik?</p> <p>Mengeksplorasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Memberikan penjelasan tentang reaksi kesetimbangan.</li> <li>•Mengidentifikasi jenis reaksi kesetimbangan.</li> <li>•Mendiskusikan reaksi yang terjadi berdasarkan hasil demonstrasi.</li> <li>•Menuliskan reaksi kimia dalam kesetimbangan kimia.</li> <li>•Merancang dan mempresentasikan percobaan faktor-faktor yang menggeser arah kesetimbangan untuk menyamakan persepsi.</li> <li>•Melakukan percobaan faktor-faktor yang menggeser arah kesetimbangan (konsentrasi, volum, tekanan, dan suhu).</li> <li>•Mengamati data percobaan.</li> </ul> |           |               |                |
| <p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan serta berdiskusi yang diwujudkan dalam sikap sehari-hari.</p> |                                   | <p>Mengasosiasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Mengolah data faktor-faktor yang menggeser arah kesetimbangan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |               |                |
| <p>2.2 Menunjukkan perilaku kerjasama, santun, toleran, cinta damai dan peduli lingkungan serta hemat dalam memanfaatkan sumber daya</p>                                                                                                                                                                                       |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |               |                |

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Materi Pokok | Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Penilaian | Alokasi Waktu | Sumber Belajar |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|----------------|
| alam.<br>2.3 Menunjukkan perilaku responsif dan proaktif serta bijaksana sebagai wujud kemampuan memecahkan masalah dan membuat keputusan.                                 |              | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Mengaplikasikan faktor-faktor yang menggeser arah kesetimbangan untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam industri.</li> <li>•Diskusi informasi untuk menentukan komposisi zat dalam keadaan setimbang, derajat disosiasi (<math>\alpha</math>), tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math> dan <math>K_p</math>), dan hubungan <math>K_c</math> dengan <math>K_p</math>.</li> </ul> <p>Mengkomunikasikan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Menyajikan hasil analisis data faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan dan mensimulasikan cara menghitung tetapan kesetimbangan melalui presentasi.</li> </ul> |           |               |                |
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |               |                |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |               |                |

## B. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Keseimbangan Kimia Model POGIL

### RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN I

Satuan pendidikan : SMK Putra Indonesia Malang  
Program keahlian : Kimia Industri  
Mata pelajaran : Kimia  
Kelas/semester : X/2  
Materi pokok : Keseimbangan Kimia  
Materi subpokok : Reaksi *Irreversible* dan *Reversible*  
Alokasi waktu : 2 x 45 menit  
Pertemuan : 1

#### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

#### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menganalisis perbedaan reaksi <i>irreversible</i> dan reaksi <i>reversible</i> .                |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Melakukan pengamatan untuk membedakan reaksi <i>irreversible</i> dan reaksi <i>reversible</i> . |

#### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan, siswa dapat menjelaskan perbedaan reaksi *irreversible* dan reaksi *reversible* dengan benar.

#### D. Materi Pembelajaran

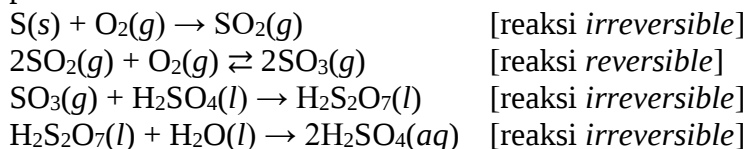
Reaksi *irreversible* adalah reaksi kimia yang berlangsung satu arah atau tidak dapat balik. Contoh reaksi antara pita magnesium dengan larutan asam klorida:  $\text{Mg}(s) + \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$

Reaksi *reversible* adalah reaksi kimia yang berlangsung dua arah atau dapat balik. Contoh reaksi penguraian gas dinitrogen tetraoksida menjadi gas nitrogen dioksida: 
$$\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$$

Tidak berwarna

Coklat

Contoh reaksi *irreversible* dan *reversible* yang terdapat pada industri kimia adalah pada tahapan reaksi kimia industri pembuatan asam sulfat melalui proses kontak berikut:



## E. Model Pembelajaran

POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*)

## F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran dan *power poin*.

### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, LCD, dan alat-bahan percobaan.

### 3. Sumber Belajar

- Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

## G. Langkah-langkah Pembelajaran

| No. | Langkah Pembelajaran         | Deskripsi Kegiatan Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Alokasi Waktu |
|-----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I.  | Pendahuluan                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan kepada siswa kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran.</li> <li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa dengan mengaitkan materi yang telah dipelajari dan yang akan dipelajari melalui tanya jawab tentang reaksi kimia, meliputi contoh persamaan reaksi dan ciri-ciri reaksi kimia yang terdapat dalam industri kimia.</li> </ul>                                                                                                                                                                                    | 2 menit       |
| II. | Inti<br>➤ <i>Orientation</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang reaksi yang terjadi pada salah satu produk industri asam sulfat, yaitu tembaga(II) sulfat (<math>\text{CuSO}_4</math>) dengan larutan HCl dan NaOH.</li> <li>Mendiskusikan perbandingan antara reaksi yang terjadi pada campuran larutan <math>\text{CuSO}_4 + \text{HCl} + \text{NaOH}</math> dan campuran larutan <math>\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{HCl} + \text{NaOH}</math>.</li> <li>Mengidentifikasi variabel bebas, yaitu penambahan larutan HCl dan NaOH; variabel</li> </ul> | 10 menit      |

|             |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |
|-------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|             |                            | terikat, yaitu pembentukan zat produk atau zat reaktan kembali; dan variabel kontrol, yaitu suhu, tekanan, dll.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |
|             | ➤ <b>Exploration</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menetapkan hipotesis dari permasalahan pada kegiatan <i>Orientation</i>.</li> <li>• Melakukan pengamatan pada kegiatan demonstrasi tentang reaksi antara larutan <math>\text{CuSO}_4 + \text{HCl} + \text{NaOH}</math> dan larutan <math>\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{HCl} + \text{NaOH}</math>.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul> | 45 menit |
|             | ➤ <b>Concept Formation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan konsep reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i> berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                     | 10 menit |
|             | ➤ <b>Application</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi kelas untuk mengelompokkan dan menjelaskan reaksi-reaksi dalam industri kimia yang termasuk jenis reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                      | 15 menit |
|             | ➤ <b>Closure</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menarik kesimpulan terhadap materi yang telah dipahami.</li> <li>• Melakukan refleksi pembelajaran dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran yang telah dialami.</li> <li>• Melakukan penilaian diri sendiri dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan selama proses pembelajaran yang telah dialami.</li> </ul>                                                | 7 menit  |
| <b>III.</b> | <b>Penutup</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari materi pada pertemuan berikutnya, yaitu keadaan kesetimbangan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 menit  |

#### H. Penilaian

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

## RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN II

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang |
| Program keahlian  | : Kimia Industri             |
| Mata pelajaran    | : Kimia                      |
| Kelas/semester    | : X/2                        |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia         |
| Materi subpokok   | : Keadaan Keseimbangan       |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit               |
| Pertemuan         | : 1                          |

### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menganalisis keadaan kesetimbangan<br>3.13.2 Menjelaskan kesetimbangan dinamis.<br>3.13.3 Menjelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen. |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Melakukan pengamatan keadaan kesetimbangan melalui grafik reaksi kimia pada industri pembuatan zat kimia.                                            |

### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan, siswa dapat menjelaskan keadaan kesetimbangan dengan benar.
2. Melalui pertanyaan kritis, siswa dapat menjelaskan kesetimbangan dinamis dengan benar.
3. Melalui pertanyaan kritis, siswa dapat menjelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen dengan benar.

#### D. Materi Pembelajaran

Pada reaksi *reversible*, ketika laju reaksi ke arah produk sama dengan laju reaksi ke arah reaktan, konsentrasi reaktan dan produk menjadi tetap atau tidak berubah terhadap waktu yang disebut keadaan setimbang. Pada keadaan setimbang, reaksi *reversible* (lurus dan balik) tetap berlangsung dengan laju sama sehingga disebut kesetimbangan dinamis.

Kesetimbangan homogen adalah reaksi kesetimbangan yang mana reaktan dan produk mempunyai fase yang sama. Contoh reaksi kimia pada pembuatan amonia:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ .

Kesetimbangan heterogen adalah reaksi kesetimbangan yang mana reaktan dan produk mempunyai fase berbeda. Contoh reaksi kimia pada pembuatan kapur:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$ .

#### E. Model Pembelajaran

POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*)

#### F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

##### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran dan *power poin*.

##### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

##### 3. Sumber Belajar

- Effendy.2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

#### G. Langkah-langkah Pembelajaran

| No. | Langkah Pembelajaran         | Deskripsi Kegiatan Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Alokasi Waktu |
|-----|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I.  | Pendahuluan                  | <ul style="list-style-type: none"><li>Menjelaskan kepada siswa kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran.</li><li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa dengan mengaitkan materi yang telah dipelajari dan yang akan dipelajari melalui tanya jawab tentang reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i>.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                      | 2 menit       |
| II. | Inti<br>➤ <i>Orientation</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang reaksi <i>reversible</i> yang meliputi:<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bagaimana perbandingan laju reaksi ke arah produk dan ke arah reaktan?</li><li>➤ Apakah suatu saat laju reaksi ke arah produk sama dengan ke arah reaktan?</li><li>➤ Bagaimana perbandingan jumlah (konsentrasi) produk dan reaktan?</li><li>➤ Apakah suatu saat konsentrasi produk dan reaktan dapat menjadi konstan (tidak bertambah maupun berkurang)?</li></ul></li></ul> | 10 menit      |

|             |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |
|-------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|             | ➤ <b>Exploration</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menginterpretasi grafik laju reaksi dan konsentrasi berdasarkan hasil percobaan reaksi <i>reversible</i> antara gas nitrogen dengan hidrogen pada proses pembuatan amonia.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                              | 20 menit |
|             | ➤ <b>Concept Formation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan konsep keadaan kesetimbangan berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> <li>• Mendefinisikan konsep kesetimbangan dinamis berdasarkan pemahaman tentang konsep keadaan kesetimbangan.</li> <li>• Mendefinisikan konsep kesetimbangan homogen dan heterogen berdasarkan persamaan reaksi kesetimbangan.</li> </ul> | 20 menit |
|             | ➤ <b>Application</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi kelas untuk menentukan keadaan setimbang pada reaksi pembuatan gas nitrogen dioksida melalui penguraian gas dinitrogen tetraoksida berdasarkan aspek makroskopik dan mikroskopik.</li> </ul>                                                                                                                             | 30 menit |
|             | ➤ <b>Closure</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menarik kesimpulan terhadap materi pelajaran.</li> <li>• Melakukan refleksi pembelajaran dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran.</li> <li>• Melakukan penilaian diri dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan mereka selama proses pembelajaran.</li> </ul>                                                      | 7 menit  |
| <b>III.</b> | <b>Penutup</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari materi pada pertemuan berikutnya, yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan kimia.</li> </ul>                                                                                                                                                                                | 1 menit  |

#### H. Penilaian

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

### RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN III

|                   |                                         |
|-------------------|-----------------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang            |
| Program keahlian  | : Kimia Industri                        |
| Mata pelajaran    | : Kimia                                 |
| Kelas/semester    | : X/2                                   |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia                    |
| Materi subpokok   | : Faktor-faktor Pergeseran Keseimbangan |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit                          |
| Pertemuan         | : 1                                     |

#### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

#### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.<br>3.13.2 Menjelaskan penerapan pergeseran reaksi kesetimbangan dalam industri. |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Melakukan pengamatan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.                                                                         |

#### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan, siswa dapat menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan dengan tepat.
2. Melalui pemahaman konsep tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan, siswa dapat menjelaskan penerapan pergeseran reaksi kesetimbangan dalam industri dengan benar.

#### D. Materi Pembelajaran

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan kimia, kesetimbangan yang terbentuk dapat berubah karena pengaruh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut dapat memberikan keuntungan maupun kerugian terhadap produk yang dihasilkan. Perubahan yang terjadi pada system kesetimbangan mengikuti Prinsip Le Chatelier, “Jika pada suatu system kesetimbangan diberikan perlakuan yang dapat mengubah kondisi setimbang, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang cenderung dapat mengurangi perubahan yang terjadi untuk membentuk kesetimbangan baru”.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan kimia:

1. Pengaruh perubahan konsentrasi
  - ☞ Apabila konsentrasi zat reaktan dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah produk, dan sebaliknya.
2. Pengaruh perubahan volume dan tekanan
  - ☞ Pada kesetimbangan dengan jumlah mol gas berbeda antara reaktan dan produk, apabila volume dinaikkan dan tekanan diturunkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah jumlah mol yang lebih besar. Dan Sebaliknya.
  - ☞ Pada kesetimbangan dengan jumlah mol gas sama antara reaktan dan produk, maka kesetimbangan tidak bergeser meskipun terjadi perubahan volume dan tekanan.
3. Pengaruh perubahan suhu
  - ☞ Pada reaksi endotermik ( $\Delta H = +$ ), apabila suhu dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endotermik (produk), dan sebaliknya.
  - ☞ Pada reaksi eksotermik ( $\Delta H = -$ ), apabila suhu dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endotermik (reaktan), dan sebaliknya.
4. Pengaruh katalis
  - ☞ Penambahan katalis dapat mempercepat tercapainya keadaan setimbang tetapi tidak mengubah komposisi sistem kesetimbangan.

Penerapan kesetimbangan kimia dalam industri:

1. Pembuatan amonia menurut proses Haber-Bosch
$$\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g) \quad \Delta H = -92,4 \text{ kJ}$$
  - Suhu rendah ( $500^\circ\text{C}$ )
  - Tekanan tinggi ( $150 - 350 \text{ atm}$  hingga  $700 \text{ atm}$ )
  - Penambahan katalis (serbuk besi dicampur  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ )
2. Pembuatan asam sulfat menurut proses kontak  
Tahap penting:  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H = -188,2 \text{ kJ}$ 
  - Suhu rendah ( $500^\circ\text{C}$ )
  - Tekanan normal ( $1 \text{ atm}$ )
  - Penambahan katalis ( $\text{V}_2\text{O}_5$ )

Berdasarkan kondisi pada proses pembuatan amonia dan asam sulfat, produk amonia dan asam sulfat dapat ditingkatkan dengan cara menurunkan suhu, menaikkan tekanan, menambah katalis, dan menambah konsentrasi reaktan.

#### E. Model Pembelajaran

POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*)

## F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran, *power poin*, dan video.

### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

### 3. Sumber Belajar

- Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

## G. Langkah-langkah Pembelajaran

| No. | Langkah Pembelajaran                    | Deskripsi Kegiatan Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Alokasi Waktu |
|-----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I.  | Pendahuluan                             | <ul style="list-style-type: none"><li>Menjelaskan kepada siswa kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran.</li><li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa dengan mengaitkan materi yang telah dipelajari dan yang akan dipelajari melalui tanya jawab tentang keadaan setimbang dan kemungkinan terganggunya keadaan setimbang yang terbentuk serta pengaruhnya pada produksi industri kimia.</li></ul>                                                                                                                        | 2 menit       |
| II. | Inti Kegiatan 1<br>➤ <i>Orientation</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang pengaruh perubahan konsentrasi pada reaksi kesetimbangan dalam industri kimia melalui contoh kesetimbangan kromat-dikromat, untuk mengidentifikasi variabel terikat, bebas, dan kontrol, yaitu apa yang akan terjadi pada campuran larutan kromat dengan asam klorida dalam keadaan kesetimbangan (variabel terikat) ketika ditambahkan larutan asam dan basa (variabel bebas) pada suhu dan tekanan yang sama (variabel kontrol).</li></ul> | 5 menit       |
|     | ➤ <i>Exploration</i>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>Mengamati video percobaan tentang pengaruh penambahan larutan asam dan basa ke dalam campuran kesetimbangan kromat-dikromat.</li><li>Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 10 menit      |
|     | ➤ <i>Concept Formation</i>              | <ul style="list-style-type: none"><li>Mendefinisikan cara sistem kesetimbangan mempertahankan keadaan setimbang akibat pengaruh perubahan konsentrasi zat berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5 menit       |

|  |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |
|--|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  | <b>Kegiatan 2</b><br>➤ <b>Orientation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang pengaruh perubahan volume dan tekanan pada reaksi kesetimbangan dalam industri kimia melalui contoh reaksi penguraian gas dinitrogen tetraoksida menjadi gas nitrogen dioksida yang membentuk kesetimbangan dalam sebuah <i>syringe</i>, yaitu:</li> <li>➤ Apa yang terjadi apabila <i>syringe</i> yang berisi campuran gas ditekan sehingga volume gas menjadi berkurang?</li> <li>➤ Apa pula yang terjadi apabila alat tekan <i>syringe</i> ditarik kembali sehingga tekanan berkurang dan volume gas menjadi bertambah?</li> <li>➤ Apakah keadaan setimbang yang telah terbentuk dapat dipertahankan jika terjadi perubahan pada tekanan dan volume gas? Bagaimana caranya?</li> </ul> | 5 menit  |
|  | ➤ <b>Exploration</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengamati video percobaan pengaruh perubahan tekanan dan volume pada campuran kesetimbangan antara gas dinitrogen tetraoksida dan nitrogen dioksida.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10 menit |
|  | ➤ <b>Concept Formation</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan tekanan dan volume gas pada sistem kesetimbangan gas berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> <li>• Mendiskusikan pengaruh perubahan tekanan dan volume gas pada reaksi kesetimbangan gas dengan jumlah mol sama dan reaksi kesetimbangan heterogen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5 menit  |

|  |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |
|--|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  | <b>Kegiatan 3</b><br>➤ <b>Orientation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang pengaruh perubahan suhu pada reaksi kesetimbangan dalam industri kimia melalui contoh reaksi penguraian gas dinitrogen tetraoksida menjadi gas nitrogen dioksida yang membentuk kesetimbangan, yaitu:</li> <li>➤ Apa yang terjadi jika tabung yang berisi campuran gas dimasukkan ke dalam air panas?</li> <li>➤ Apa pula yang terjadi jika tabung yang berisi campuran gas dimasukkan ke dalam air dingin?</li> <li>➤ Apakah keadaan setimbang yang telah terbentuk dapat dipertahankan jika terjadi perubahan suhu yang diberikan pada gas?</li> </ul> | 5 menit  |
|  | ➤ <b>Exploration</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengamati video percobaan pengaruh perubahan suhu pada campuran kesetimbangan antara gas dinitrogen tetraoksida dan nitrogen dioksida.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10 menit |
|  | ➤ <b>Concept Formation</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan suhu pada sistem kesetimbangan endotermik berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> <li>• Mendiskusikan cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan suhu pada sistem kesetimbangan eksotermik.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5 menit  |
|  | <b>Kegiatan 4</b><br>➤ <b>Orientation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang pengaruh penambahan katalis pada reaksi kesetimbangan dalam industri kimia, yaitu:</li> <li>➤ Apa yang terjadi apabila pada reaksi <i>reversible</i> ditambahkan katalis?</li> <li>➤ Apakah penambahan katalis dapat memengaruhi keadaan setimbang yang telah terbentuk pada reaksi <i>reversible</i>?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        | 5 menit  |
|  | ➤ <b>Exploration</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menginterpretasikan grafik yang menunjukkan berlangsungnya reaksi <i>reversible</i> dengan katalis dan tanpa katalis.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5 menit  |

|             |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
|-------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|             | ➤ <b>Concept Formation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan pengaruh katalis terhadap kesetimbangan reaksi berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      | 5 menit |
|             | ➤ <b>Application</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi kelas untuk menentukan cara mengkondisikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi reaksi kesetimbangan kimia dalam meningkatkan produksi bahan kimia di industri kimia, seperti industri pembuatan amonia dan asam sulfat.</li> </ul>                                                                                        | 5 menit |
|             | ➤ <b>Closure</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menarik kesimpulan terhadap materi yang telah dipahami.</li> <li>• Melakukan refleksi pembelajaran dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran yang telah dialami.</li> <li>• Melakukan penilaian diri sendiri dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan mereka selama proses pembelajaran yang telah dialami.</li> </ul> | 7 menit |
| <b>III.</b> | <b>Penutup</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari materi pada pertemuan berikutnya, yaitu tetapan kesetimbangan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 | 1 menit |

#### H. Penilaian

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

## RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN IV

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang |
| Program keahlian  | : Kimia Industri             |
| Mata pelajaran    | : Kimia                      |
| Kelas/semester    | : X/2                        |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia         |
| Materi subpokok   | : Tetapan Keseimbangan I     |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit               |
| Pertemuan         | : 1                          |

### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan tetapan kesetimbangan dari reaksi kesetimbangan.<br>3.13.2 Menganalisis hubungan tetapan kesetimbangan antara reaksi-reaksi kesetimbangan.                       |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Menghitung tetapan kesetimbangan beberapa reaksi kesetimbangan.<br>4.13.2 Menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan-tetapan reaksi kesetimbangan. |

### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan terhadap data, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan dari reaksi kesetimbangan dengan tepat.
2. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan terhadap data, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan-tetapan reaksi kesetimbangan dengan tepat.

#### D. Materi Pembelajaran

Tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

adalah:  $K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$

Tetapan kesetimbangan baru dari reaksi yang berkaitan dapat dihitung melalui:

- ✓ Reaksi kesetimbangan dibalik  $\Rightarrow K_c = \frac{1}{K_{c1}}$
- ✓ Koefisien reaksi dikalikan  $n \Rightarrow K_c = (K_{c1})^n$
- ✓ Reaksi berasal dari penjumlahan reaksi-reaksi kesetimbangan yang berkaitan  
 $\Rightarrow K_c = K_{c1} + K_{c2} + \dots$

#### E. Model Pembelajaran

POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*)

#### F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

##### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran dan *power poin*.

##### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

##### 3. Sumber Belajar

- a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- b. Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

#### G. Langkah-langkah Pembelajaran

| No. | Langkah Pembelajaran                    | Deskripsi Kegiatan Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                  | Alokasi Waktu |
|-----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I.  | Pendahuluan                             | <ul style="list-style-type: none"><li>Menjelaskan kepada siswa kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran.</li><li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa dengan mengaitkan materi yang telah dipelajari dan yang akan dipelajari melalui tanya jawab tentang keadaan setimbang.</li></ul> | 2 menit       |
| II. | Inti Kegiatan 1<br>➤ <i>Orientation</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang bagaimana hubungan kuantitatif antara konsentrasi gas nitrogen, hidrogen, dan amonia dalam kesetimbangan pada industri pembuatan amonia.</li></ul>                                                       | 2 menit       |
|     | ➤ <i>Exploration</i>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>Melengkapi tabel beberapa persamaan yang menggambarkan hubungan kuantitatif antara konsentrasi gas nitrogen, hidrogen, dan</li></ul>                                                                                                                       | 20 menit      |

|  |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |
|--|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  | <p>➤ <b>Concept Formation</b></p>                    | <p>amonia berdasarkan persamaan kesetimbangan: <math>\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melengkapi tabel beberapa persamaan kesetimbangan:<br/> <math>\text{CaCO}_3(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2(aq) + \text{CO}_2(g)</math> sebagai pembanding hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pembuatan amonia untuk menentukan persamaan yang hasilnya relatif tetap.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan pada tabel berdasarkan pertanyaan arahan.</li> <li>• Mendefinisikan konsep tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> <li>• Mendiskusikan persamaan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) untuk reaksi kesetimbangan secara umum.</li> <li>• Mendiskusikan fase zat yang dapat dimasukkan ke dalam persamaan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>).</li> </ul> | 8 menit  |
|  | <p><b>Kegiatan 2</b></p> <p>➤ <b>Orientation</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang hubungan reaksi kesetimbangan pembuatan amonia dan reaksi-reaksi kesetimbangan lainnya yang berkaitan (variabel bebas) terhadap cara menentukan harga tetapan kesetimbangan reaksi-reaksi yang berkaitan (variabel terikat), jika harga tetapan kesetimbangan salah satu reaksi telah diketahui (variabel kontrol).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5 menit  |
|  | <p>➤ <b>Exploration</b></p>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengamati data yang menunjukkan hubungan antara tetapan kesetimbangan reaksi pembuatan amonia dengan reaksi-reaksi kesetimbangan lainnya yang berkaitan.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 10 menit |
|  | <p>➤ <b>Concept Formation</b></p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan hubungan antara persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi-reaksi yang berkaitan berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5 menit  |

|             |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |
|-------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|             | ➤ <b>Application</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi kelas untuk menjawab pertanyaan yang disajikan tentang perhitungan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) untuk dapat mengaplikasikannya pada proses industri kimia.</li> </ul>                                                                                                                                           | 30 menit |
|             | ➤ <b>Closure</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menarik kesimpulan terhadap materi yang telah dipahami.</li> <li>• Melakukan refleksi pembelajaran dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran yang telah dialami.</li> <li>• Melakukan penilaian diri sendiri dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan mereka selama proses pembelajaran yang telah dialami.</li> </ul> | 7 menit  |
| <b>III.</b> | <b>Penutup</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari materi pada pertemuan berikutnya, yaitu tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>) dan hubungan pergeseran kesetimbangan dengan harga tetapan kesetimbangan.</li> </ul>                                                                                                                 | 1 menit  |

#### **H. Penilaian**

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

## RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN V

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang |
| Program keahlian  | : Kimia Industri             |
| Mata pelajaran    | : Kimia                      |
| Kelas/semester    | : X/2                        |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia         |
| Materi subpokok   | : Tetapan Keseimbangan II    |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit               |
| Pertemuan         | : 1                          |

### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa inginnya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemasyarakatan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas.<br>3.13.2 Menganalisis hubungan antara tetapan kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan untuk reaksi gas.<br>3.13.3 Menganalisis hubungan tetapan kesetimbangan dengan harga <i>quosien</i> reaksi.<br>3.13.4 Menganalisis hubungan antara perubahan suhu dengan tetapan kesetimbangan. |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Menghitung tetapan kesetimbangan beberapa reaksi kesetimbangan gas.<br>4.13.2 Menghitung harga <i>quosien</i> reaksi untuk menentukan arah reaksi kesetimbangan.                                                                                                                                                                                            |

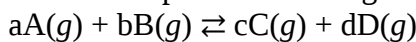
### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan terhadap data, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas dengan tepat.
2. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan terhadap data, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan reaksi gas dengan tepat.
3. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan terhadap data, siswa dapat menjelaskan hubungan tetapan kesetimbangan dengan arah reaksi kesetimbangan dengan benar.
4. Melalui pertanyaan kritis dan pengamatan terhadap data, siswa dapat menjelaskan hubungan antara perubahan suhu dengan tetapan kesetimbangan.

### D. Materi Pembelajaran

Tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas:



$$\text{adalah: } K_p = \frac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b}$$

Hubungan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) adalah:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Arah reaksi *reversible* (ke kanan/ke kiri/setimbang) dapat ditentukan melalui perbandingan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan harga *quosien* reaksi ( $Q_c$ ).  
Persamaan *quosien* reaksi ( $Q_c$ ) = Persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ).

Jika:

$Q_c = K_c \Rightarrow$  reaksi setimbang (membentuk kesetimbangan).

$Q_c < K_c \Rightarrow$  reaksi ke arah kanan hingga membentuk kesetimbangan.

$Q_c > K_c \Rightarrow$  reaksi ke arah kiri hingga membentuk kesetimbangan.

Perubahan suhu yang menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah produk, dapat meningkatkan jumlah produk dan menyebabkan harga  $K_c$  dan  $K_p$  semakin besar, dan sebaliknya, karena nilai tetapan kesetimbangan sebanding dengan konsentrasi produk.

### E. Model Pembelajaran

POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*)

### F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

#### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran dan *power poin*.

#### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

#### 3. Sumber Belajar

- a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- b. Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

### G. Langkah-langkah Pembelajaran

| No. | Langkah Pembelajaran                       | Deskripsi Kegiatan Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Alokasi Waktu |
|-----|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| II. | Pendahuluan                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjelaskan kepada siswa kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran.</li> <li>• Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa dengan mengaitkan materi yang telah dipelajari dan yang akan dipelajari melalui tanya jawab tentang persamaan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>), persamaan umum gas, dan faktor-faktor kesetimbangan yang dapat mempengaruhi produksi pada industri kimia.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 menit       |
| II. | Inti<br>Kegiatan 1<br><i>➤ Orientation</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang hubungan kesebandingan antara tekanan gas dengan konsentrasi berdasarkan persamaan umum gas terhadap tetapan kesetimbangan reaksi yang fase zatnya berupa gas, yaitu:</li> <li><i>➤ Bagaimana hubungan kesebandingan antara tekanan dengan mol gas dan konsentrasi?</i></li> <li><i>➤ Apakah persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan yang fase zatnya berupa gas, konsentrasi dapat diganti dengan tekanan zat?</i></li> <li><i>➤ Bagaimana persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas?</i></li> <li><i>➤ Bagaimana hubungan tetapan kesetimbangan yang menggunakan konsentrasi dengan tetapan kesetimbangan reaksi gas yang menggunakan tekanan?</i></li> </ul> | 5 menit       |
|     | <i>➤ Exploration</i>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengamati data yang menunjukkan hubungan antara tekanan parsial gas nitrogen, hidrogen, dan amonia dalam keadaan setimbang pada proses pembuatan amonia serta harga tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>) dan harga <math>K_c</math> reaksi pembuatan amonia.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 15 menit      |

|  |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |
|--|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  | ➤ <b>Concept Formation</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>) berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> <li>• Mendiskusikan persamaan tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>) untuk reaksi kesetimbangan gas secara umum.</li> <li>• Mendiskusikan fase zat yang dapat dimasukkan ke dalam persamaan tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>).</li> <li>• Mendefinisikan persamaan hubungan <math>K_p</math> dan <math>K_c</math> berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5 menit  |
|  | ➤ <b>Application</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi kelas untuk menjawab pertanyaan tentang perhitungan tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>) untuk dapat mengaplikasikannya pada proses industri kimia.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 20 menit |
|  | <b>Kegiatan 2</b><br>➤ <b>Orientation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang hubungan kuantitatif konsentrasi zat dalam reaksi (variabel bebas) pada keadaan setimbang dan pada segala kondisi (variabel kontrol) terhadap pembentukan kesetimbangan (variabel terikat), yaitu: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bagaimana hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi?</li> <li>➤ Bagaimana hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan?</li> <li>➤ Bagaimana reaksi dapat diketahui telah mencapai keadaan kesetimbangan atau belum dan kemana arah pergeseran reaksi jika reaksi belum mencapai kesetimbangan apabila ditinjau dari hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan?</li> </ul> </li> </ul> | 2 menit  |
|  | ➤ <b>Exploration</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengamati data yang menunjukkan hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pembuatan amonia pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan (<math>K_c</math>) untuk menentukan arah pergeseran reaksi hingga terbentuk kesetimbangan.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5 menit  |
|  | ➤ <b>Concept Formation</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan perbedaan antara <math>Q_c</math> dan <math>K_c</math> ditinjau dari kondisi reaksi berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5 menit  |

|  |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |
|--|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  |                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan persamaan <i>quosien</i> reaksi untuk reaksi kesetimbangan secara umum.</li> <li>• Mendiskusikan hubungan antara <math>Q_c</math> dan <math>K_c</math> untuk menunjukkan apakah reaksi telah membentuk kesetimbangan atau kemana arah pergeseran reaksi hingga terbentuk kesetimbangan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |
|  | <b>Kegiatan 3</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |
|  | ➤ <b>Orientation</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendiskusikan permasalahan yang diberikan tentang hubungan pengaruh perubahan suhu (variabel bebas) terhadap pergeseran reaksi kesetimbangan dan tetapan kesetimbangan (variabel terikat) pada reaksi kesetimbangan pembentukan gas amonia secara eksotermik (variabel kontrol), yaitu: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Apakah perubahan suhu dapat mempengaruhi nilai tetapan kesetimbangan reaksi?</li> <li>➤ Bagaimana hubungan antara suhu dengan nilai <math>K_c</math> dan <math>K_p</math> pada reaksi pembentukan amonia yang berlangsung secara eksotermik?</li> </ul> </li> </ul> | 2 menit  |
|  | ➤ <b>Exploration</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengamati data yang menunjukkan hubungan antara perubahan suhu dengan perubahan harga tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) pada proses pembuatan amonia.</li> <li>• Menganalisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5 menit  |
|  | ➤ <b>Concept Formation</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendefinisikan hubungan antara perubahan suhu dengan harga tetapan kesetimbangan pada reaksi kesetimbangan yang berlangsung secara eksotermik berdasarkan pemahaman dari hasil analisis data.</li> <li>• Mendefinisikan hubungan antara perubahan suhu dengan harga tetapan kesetimbangan pada reaksi kesetimbangan yang berlangsung secara endotermik.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                   | 3 menit  |
|  | ➤ <b>Application</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi kelas untuk menjawab pertanyaan tentang hubungan <math>Q_c</math> atau <math>Q_p</math> dengan <math>K_c</math> atau <math>K_p</math> dan perubahan suhu dengan harga <math>K_c</math> atau <math>K_p</math> untuk dapat mengaplikasikannya pada proses industri kimia.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 15 menit |

|             |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |         |
|-------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|             | ➤ <b>Closure</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menarik kesimpulan terhadap materi yang telah dipahami.</li> <li>• Melakukan refleksi pembelajaran dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran yang telah dialami.</li> <li>• Melakukan penilaian diri sendiri dengan menuliskan kelebihan dan kekurangan mereka selama proses pembelajaran yang telah dialami.</li> </ul> | 5 menit |
| <b>III.</b> | <b>Penutup</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari semua materi kesetimbangan kimia untuk persiapan menghadapi tes kesetimbangan kimia pada pertemuan berikutnya.</li> </ul>                                                                                                                                                                 | 1 menit |

#### **H. Penilaian**

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

### C. Lembar Kegiatan Pembelajaran Keseimbangan Kimia Model POGIL

#### LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 1 MODEL POGIL

##### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

##### Tujuan Pembelajaran

Menganalisis perbedaan reaksi *irreversible* dan reaksi *reversible*.



## REAKSI IRREVERSIBLE & REVERSIBLE

Industri kimia tidak lepas dari adanya reaksi-reaksi kimia.

Pada bab-bab sebelumnya, kalian telah mempelajari tentang reaksi kimia.

Berikan 2 contoh reaksi kimia! Apa ciri dari terjadinya reaksi kimia? Dalam penulisan persamaan reaksi kimia, manakah yang disebut reaktan, produk, koefisien, dan fase zat?

Apakah reaksi kimia selalu berakhir dengan terbentuknya suatu produk?

Apakah ada reaksi kimia yang setelah membentuk zat produk kemudian zat produk tersebut dapat membentuk zat reaktan kembali?

Kita akan mencari jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



##### Orientation

Salah satu industri kimia yang penting di dunia adalah industri asam sulfat.

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang dihasilkan dari industri ini sebagian besar digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai zat kimia, salah satunya adalah digunakan dalam pembuatan tembaga(II) sulfat ( $CuSO_4$ ).

Tembaga(II) sulfat pasti dapat kita temukan di laboratorium sekolah karena digunakan sebagai reagen untuk uji beberapa sifat zat. Apabila tembaga(II) sulfat direaksikan dengan zat-zat kimia lain, maka akan dapat diperoleh hasil yang berbeda-beda.

**Perhatikan** larutan tembaga(II) sulfat ( $CuSO_4$ ) berikut:



Apabila ke dalam larutan  $CuSO_4$  yang berwarna biru ditambahkan larutan HCl, apakah yang akan terjadi?

Apakah yang terjadi jika ke dalam campuran  $CuSO_4 + HCl$  ditambahkan larutan NaOH?

Apakah akan diperoleh hasil yang sama apabila larutan HCl dan NaOH ditambahkan ke dalam larutan lain seperti larutan kalium kromat?

**Perhatikan** larutan kalium kromat ( $K_2CrO_4$ ) berikut:



Apabila ke dalam larutan  $K_2CrO_4$  yang berwarna kuning ditambahkan larutan HCl, apakah yang akan terjadi?

Apakah yang terjadi jika ke dalam campuran  $K_2CrO_4 + HCl$  ditambahkan larutan NaOH?

**Perhatikan** pertanyaan-pertanyaan mengenai campuran larutan-larutan tersebut!

- Masih ingatkah kalian apa saja tanda-tanda terjadinya reaksi kimia yang bisa diamati?
- Menurut kalian, tanda apa saja yang akan terjadi pada pencampuran larutan  $CuSO_4 + HCl + NaOH$  dan larutan  $K_2CrO_4 + HCl + NaOH$ ?
- Apakah reaksi kimia yang terjadi pada kedua pencampuran tersebut hanya berhenti pada terbentuknya produk? Apakah setelah terbentuk produk ada yang dapat membentuk reaktan kembali?
- Jika ada, manakah reaksi yang berhenti setelah terbentuk produk dan manakah reaksi yang tidak berhenti setelah terbentuk produk atau dapat terbentuk reaktan kembali?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka buatlah hipotesis dari permasalahan yang diberikan kemudian amatilah kegiatan demonstrasi yang akan dilakukan untuk membuktikan hipotesis yang telah dibuat serta analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung!



I. Buatlah hipotesis dari permasalahan pada kegiatan *Orientation*!

**Contoh:**

1. Terjadi perubahan warna ketika larutan  $CuSO_4$  ditambah larutan HCl.

**Buat yang lain/Lanjutkan:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



II. Amati demonstrasi yang dilakukan dan tuliskan data hasil pengamatan kalian!

Data Hasil Pengamatan :

Tabel Pengamatan Percobaan I:

| Objek yang diamati                          | Hasil pengamatan |
|---------------------------------------------|------------------|
| Reaktan: larutan $\text{CuSO}_4$            | .....            |
| Produk I: larutan $\text{CuCl}_2$           | .....            |
| Produk II: endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | .....            |

Tabel Pengamatan Percobaan II:

| Objek yang diamati                                  | Hasil pengamatan |
|-----------------------------------------------------|------------------|
| Reaktan: larutan $\text{K}_2\text{CrO}_4$           | .....            |
| Produk I: larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | .....            |
| Produk II: larutan $\text{K}_2\text{CrO}_4$         | .....            |

### Pertanyaan Analisis Data Hasil Pengamatan

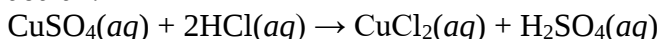
Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



- 1) Tuliskan perubahan yang terjadi berdasarkan hasil pengamatan kalian pada percobaan I tahap I, yaitu ketika larutan HCl ditambahkan ke dalam larutan  $\text{CuSO}_4$ !

.....  
.....

- 2) Persamaan reaksi yang terjadi pada campuran larutan  $\text{CuSO}_4$  dan larutan HCl adalah:



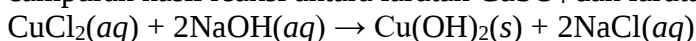
Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:

- a. Larutan  $\text{CuSO}_4$  berwarna .....  
b. Larutan  $\text{CuCl}_2$  berwarna .....

- 3) Tuliskan perubahan yang terjadi berdasarkan hasil pengamatan kalian pada percobaan I tahap II, yaitu ketika larutan NaOH ditambahkan pada campuran larutan  $\text{CuSO}_4$  dan HCl!

.....  
.....

- 4) Persamaan reaksi yang terjadi pada penambahan larutan NaOH ke dalam campuran hasil reaksi antara larutan  $\text{CuSO}_4$  dan larutan HCl adalah:



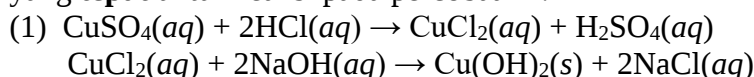
Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:

- Larutan  $\text{CuCl}_2$  berwarna .....
- Endapan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  berwarna .....

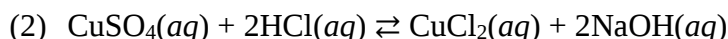
5) Apakah produk dari reaksi pada tahap II sama dengan reaktan pada tahap I?

.....  
.....

6) Jika persamaan reaksi yang ditulis dengan tanda panah searah ( $\rightarrow$ ) adalah reaksi yang berakhir setelah membentuk produk dan persamaan reaksi yang ditulis dengan tanda panah dua arah ( $\rightleftharpoons$ ) adalah reaksi yang dapat membentuk reaktan kembali setelah membentuk produk, maka **LINGKARILAH** penulisan persamaan reaksi yang **tepat** untuk reaksi pada percobaan I:



ATAU



7) Tuliskan perubahan yang terjadi berdasarkan hasil pengamatan kalian pada percobaan II tahap I, yaitu ketika larutan HCl ditambahkan ke dalam larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ?

.....  
.....

8) Persamaan reaksi yang terjadi pada campuran larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dan larutan HCl adalah:  $2\text{K}_2\text{CrO}_4(aq) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(aq) + 2\text{KCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:

- Larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  berwarna .....
- Larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  berwarna .....

9) Tuliskan perubahan yang terjadi berdasarkan hasil pengamatan kalian pada percobaan II tahap II, yaitu ketika larutan NaOH ditambahkan pada campuran larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dan HCl!

.....  
.....

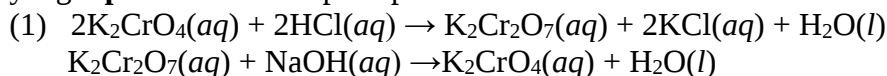
10) Persamaan reaksi yang terjadi pada penambahan larutan NaOH ke dalam campuran hasil reaksi antara larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dan larutan HCl adalah:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(aq) + \text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:

- Larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  berwarna .....
- Larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  berwarna .....

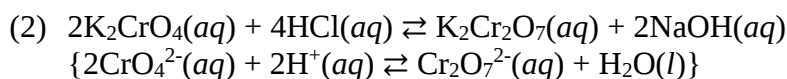
11) Apakah produk dari reaksi pada tahap II sama dengan reaktan pada tahap I?

.....  
.....

- 12) Jika persamaan reaksi yang ditulis dengan tanda panah searah ( $\rightarrow$ ) adalah reaksi yang berakhir setelah membentuk produk dan persamaan reaksi yang ditulis dengan tanda panah dua arah ( $\rightleftharpoons$ ) adalah reaksi yang dapat membentuk reaktan kembali setelah membentuk produk, maka **LINGKARILAH** penulisan persamaan reaksi yang **tepat** untuk reaksi pada percobaan II:



**ATAU**



- 13) Bandingkan persamaan reaksi pada percobaan I dan percobaan II. Reaksi mana yang berhenti setelah terbentuk produk dan reaksi mana yang dapat membentuk reaktan kembali?

|                 | Percobaan I    | Percobaan II   |
|-----------------|----------------|----------------|
| Reaktan tahap I | .....          | .....          |
| Produk tahap II | .....          | .....          |
| Kesimpulan      | .....<br>..... | .....<br>..... |

### **Concept Formation**

Reaksi kimia seperti yang terjadi pada percobaan I, yaitu reaksi antara larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan  $\text{HCl}$  dan  $\text{NaOH}$  disebut **Reaksi Irreversible**.

Jadi, apakah yang dimaksud dengan reaksi *irreversible* itu?

.....

.....

Reaksi kimia seperti yang terjadi pada percobaan II, yaitu reaksi antara larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dengan  $\text{HCl}$  dan  $\text{NaOH}$  disebut **Reaksi Reversible**.

Jadi, apakah yang dimaksud dengan reaksi *reversible* itu?

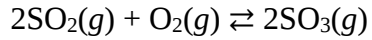
.....

.....

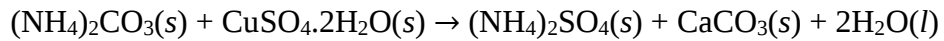
## Application

Diketahui beberapa reaksi kimia dalam industri kimia berikut:

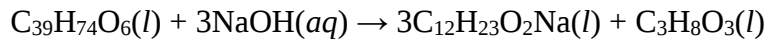
- (1) Pembuatan asam sulfat:



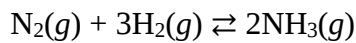
- (2) Pembuatan pupuk ZA:



- (3) Pembuatan sabun:

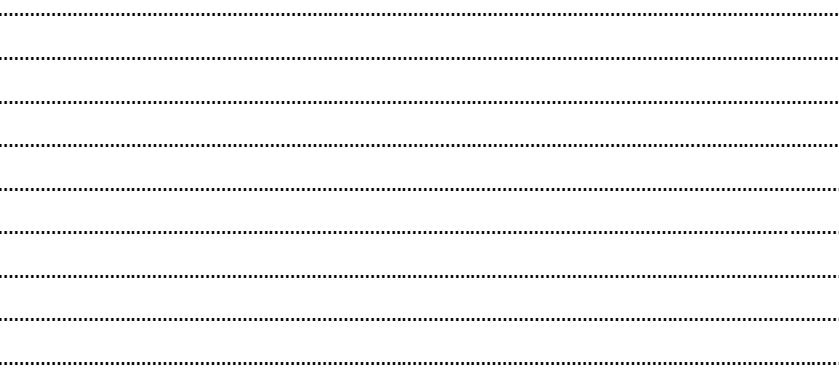


- (4) Pembuatan amonia:

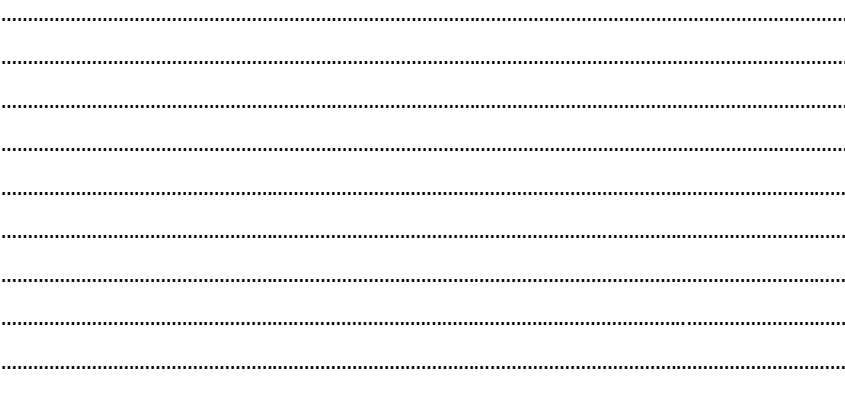


Dari reaksi-reaksi kimia tersebut:

1. Kelompokkan reaksi yang termasuk reaksi *irreversible* dan berikan alasannya pada masing-masing reaksi!



2. Kelompokkan reaksi yang termasuk reaksi *reversible* dan berikan alasannya pada masing-masing reaksi!



**Closure**

1. Bagaimana kesimpulan terhadap materi reaksi *irreversible* dan *reversible* yang telah dipelajari?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran materi reaksi *irreversible* dan *reversible* yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kelebihan dan kekurangan kalian selama proses pembelajaran materi reaksi *irreversible* dan *reversible* yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 2 MODEL POGIL

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menganalisis keadaan kesetimbangan dan kesetimbangan dinamis.
2. Menjelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen.



## KEADAAN KESETIMBANGAN

Pada pertemuan sebelumnya, kalian telah mempelajari reaksi *irreversible* dan *reversible*. Berikan contoh reaksi yang termasuk jenis reaksi *irreversible* dan *reversible*! Apa perbedaan antara reaksi *irreversible* dan *reversible*? Bagaimana tanda panah reaksi pada reaksi *irreversible* dan *reversible*? Reaksi manakah yang dapat membentuk keadaan setimbang? Bagaimana kita dapat membedakan antara keadaan belum setimbang dan sudah setimbang? Kita akan mencari jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



### Orientation

**Perhatikan** pertanyaan-pertanyaan berikut!

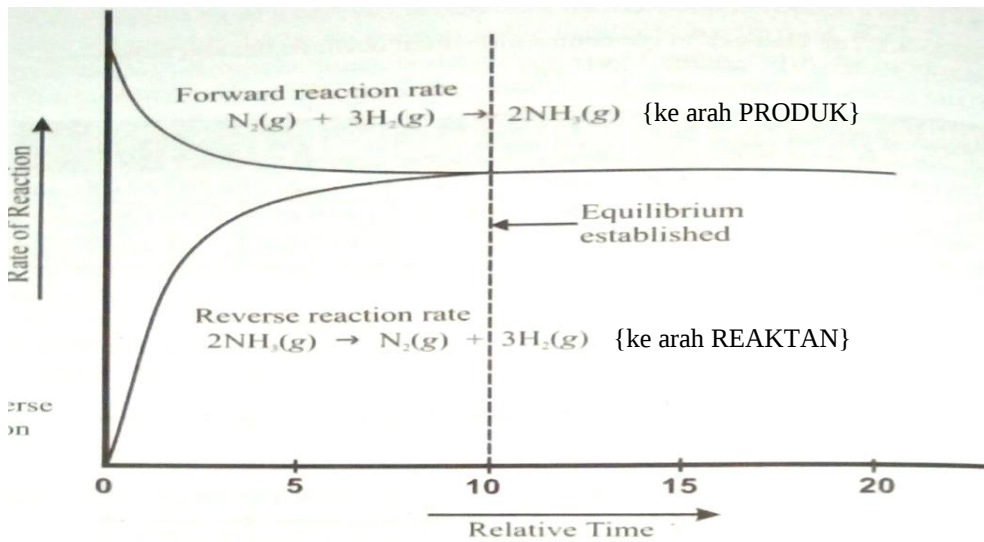
- Pada reaksi *reversible*, lebih besar mana laju reaksi ke arah produk atau laju reaksi ke arah reaktan?
- Apakah suatu saat laju reaksi ke arah produk bisa sama dengan laju reaksi ke arah reaktan?
- Pada reaksi *reversible*, lebih besar mana konsentrasi produk atau konsentrasi reaktan?
- Apakah suatu saat konsentrasi produk dan reaktan dapat menjadi tetap (tidak bertambah maupun berkurang)?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amati grafik yang menunjukkan laju reaksi dan konsentrasi zat pada reaksi *reversible* antara gas nitrogen ( $N_2$ ) dengan gas hidrogen ( $H_2$ ) pada industri pembuatan amonia ( $NH_3$ ) berikut dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung!

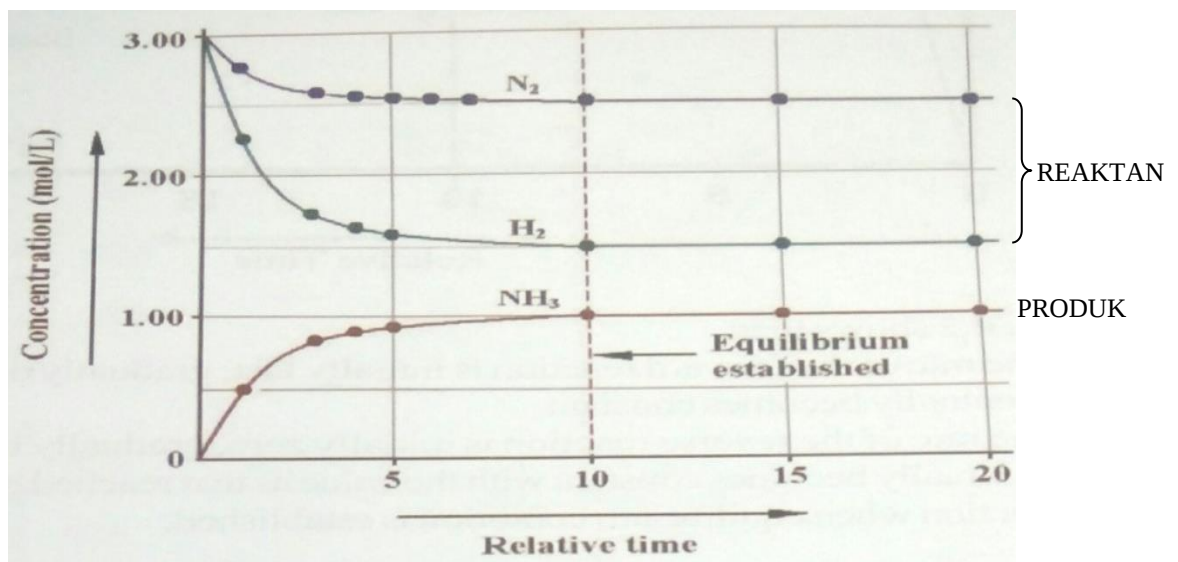


**Grafik 1: Laju Reaksi ke Arah Produk dan Reaktan pada Reaksi *Reversible***



(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 128)

**Grafik 2: Konsentrasi Reaktan dan Produk pada Reaksi *Reversible***



(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 127)

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



- 1) Berdasarkan data pada Grafik 1, bagaimana kecenderungan (naik/turun/tetap) laju reaksi ke arah produk ( $\text{NH}_3$ ) dan ke arah reaktan ( $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ ) ketika reaksi mulai berlangsung (detik ke-1) hingga detik ke-10?

.....

.....

.....

- 2) Berdasarkan data pada Grafik 1, bagaimana laju reaksi (naik/turun/tetap) ke arah produk ( $\text{NH}_3$ ) dan ke arah reaktan ( $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ ) ketika reaksi berlangsung pada detik ke-10 hingga ke-20?

.....

.....

.....

- 3) Berdasarkan data pada Grafik 2, bagaimana perubahan konsentrasi (naik/turun/tetap) pada  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{NH}_3$  ketika reaksi mulai berlangsung (detik ke-1) hingga detik ke-10?

.....

.....

.....

- 4) Berdasarkan data pada Grafik 2, bagaimana perubahan konsentrasi (naik/turun/tetap) pada  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{NH}_3$  pada detik ke-10 hingga ke-20?

.....

.....

.....

- 5) Apa yang dapat kalian simpulkan dari hasil pengamatan tersebut?

|                     | Laju reaksi                                                                 |                                                                             | Konsentrasi                 |                                              |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
|                     | ke produk<br>$\{\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{NH}_3(g)\}$ | Ke reaktan<br>$\{\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \leftarrow \text{NH}_3(g)\}$ | Produk<br>( $\text{NH}_3$ ) | Reaktan<br>( $\text{N}_2$ dan $\text{H}_2$ ) |
| detik ke-1 - ke-10  | .....                                                                       | .....                                                                       | .....                       | .....                                        |
| detik ke-10 - ke-20 | .....                                                                       | .....                                                                       | .....                       | .....                                        |

### Concept Formation

Reaksi *reversible* antara  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{NH}_3$  yang berlangsung pada detik ke-10 dan seterusnya dapat dikatakan bahwa reaksi telah mencapai **Keadaan Keseimbangan**.

Jadi, apakah yang dimaksud dengan kesetimbangan ditinjau dari laju reaksi dan konsentrasi zat?

.....

.....

.....

Kesetimbangan kimia disebut dengan **Kesetimbangan Dinamis**.

Apakah yang dimaksud dengan **keadaan** dinamis?

.....

.....

Bagaimana konsentrasi produk dan reaktan dapat menjadi konstan jika kesetimbangan bersifat dinamis?

.....

.....

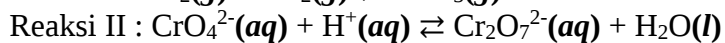
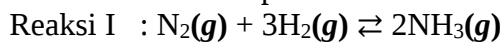
Jadi, apakah yang dimaksud dengan **kesetimbangan** dinamis?

.....

.....

.....

Perhatikan **fase** zat pada dua reaksi *reversible* berikut ini:



Reaksi I, jika telah mencapai kesetimbangan disebut **Kesetimbangan Homogen**.

Reaksi II, jika telah mencapai kesetimbangan disebut **Kesetimbangan Heterogen**.

Jadi, apakah yang dimaksud dengan kesetimbangan **homogen** dan kesetimbangan **heterogen** itu?

Kesetimbangan Homogen :

.....

.....

Kesetimbangan Heterogen :

.....

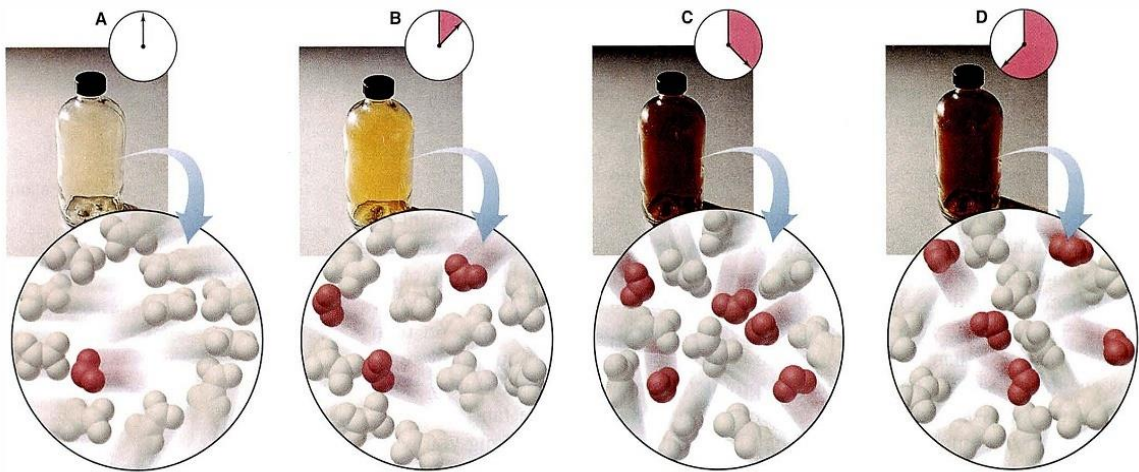
.....

### Aplication

Perhatikan gambaran partikulat tahapan reaksi yang terjadi pada pembuatan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) melalui penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) berikut:

#### Diketahui:

- ☞ Gas **dinitrogen tetraoksida** ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) adalah gas **tidak berwarna** yang molekulnya di dalam gambar ditandai dengan warna **putih**.
- ☞ Gas **nitrogen dioksida** ( $\text{NO}_2$ ) adalah gas berwarna **coklat** yang molekulnya di dalam gambar ditandai dengan warna **merah**.



(Keterangan: dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) =  ; nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) = )

#### Pertanyaan:

1. Tuliskan persamaan reaksi disertai dengan fase zat dan koefisien penyetaraan reaksi pada proses penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) menjadi gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ )!

.....

2. Tuliskan perubahan warna gas dalam botol dan jumlah molekul gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan gas  $\text{NO}_2$  di dalamnya pada proses penguraian gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  menjadi  $\text{NO}_2$  selama beberapa waktu dari Gambar A sampai D!

**A :** Pada detik ke-0 warna campuran gas relatif tidak berwarna (oranye samar-samar), jumlah molekul gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  (putih) masih banyak (dominan) dan jumlah molekul gas  $\text{NO}_2$  (merah) masih 1 molekul yang menandakan bahwa gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  mulai terurai menjadi gas  $\text{NO}_2$ .

**Lanjutkan penjelasan untuk Gambar B sampai D:**

**B :** .....

.....

.....

.....

**C :** .....  
.....  
.....

**D :** .....  
.....  
.....

3. Berikan penjelasan, apakah pada proses penguraian tersebut terbentuk kesetimbangan (dilihat dari waktu, warna, dan jumlah masing-masing gas)?

.....  
.....

4. Gambar nomor berapa yang menunjukkan keadaan setimbang mulai tercapai? Jelaskan!

.....  
.....

5. Berdasarkan definisi kesetimbangan dinamis, Gambar nomor berapa yang menunjukkan bahwa kesetimbangan bersifat dinamis jika proses tersebut dapat membentuk kesetimbangan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....

6. Berdasarkan persamaan reaksi kesetimbangan yang terbentuk, jika proses penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) menjadi gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) merupakan reaksi kesetimbangan, jenis kesetimbangan apa yang terbentuk (kesetimbangan homogen/heterogen)? Jelaskan!

.....  
.....

*Closure*

1. Bagaimana kesimpulan terhadap materi kesetimbangan yang telah dipelajari?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran materi kesetimbangan yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kelebihan dan kekurangan kalian selama proses pembelajaran materi kesetimbangan yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 3 MODEL POGIL

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.
2. Menjelaskan penerapan kesetimbangan kimia dalam industri.



## FAKTOR-FAKTOR KESETIMBANGAN KIMIA

Pada pertemuan sebelumnya, kita telah mempelajari tentang kesetimbangan. Bagaimana keadaan setimbang dapat tercapai? Bagaimana tanda dan reaksi yang terjadi ketika keadaan setimbang tercapai? Apakah ada kemungkinan bahwa keadaan setimbang yang telah tercapai dapat berubah menjadi tidak setimbang kembali? Apa saja faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut terjadi? Bagaimana cara mengendalikan faktor-faktor itu untuk proses industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan? Kita akan mencari jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



### Kegiatan 1

Kegiatan 1

#### PENGARUH PERUBAHAN KONSENTRASI PADA KESETIMBANGAN

##### Orientation

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, penambahan/pengurangan konsentrasi zat-zat dalam reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk pada produk yang dihasilkan.

Sebagai contoh:

**Perhatikan** larutan kalium kromat ( $K_2CrO_4$ ) berikut:



Kalian telah mengetahui bahwa jika larutan kromat ditambah dengan larutan asam klorida akan terjadi perubahan yang menunjukkan terbentuknya larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) :



yang membentuk reaksi *reversible* dan kesetimbangan dengan persamaan reaksi kesetimbangan:  $2CrO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l)$

**Perhatikan** pertanyaan-pertanyaan tentang larutan  $K_2CrO_4$  tersebut!

- Apakah yang terjadi jika ke dalam campuran larutan  $K_2CrO_4$  0,1 M dengan HCl 0,1 M yang telah membentuk kesetimbangan ditambahkan larutan HCl 0,5 M?
- Apakah yang terjadi jika ke dalam campuran larutan  $K_2CrO_4$  0,1 M dengan HCl 0,1 M yang telah membentuk kesetimbangan ditambahkan larutan NaOH 0,5 M?
- Apakah keadaan setimbang yang telah terbentuk dapat dipertahankan jika terjadi penambahan larutan asam maupun larutan basa? Bagaimana caranya?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amatilah video percobaan yang ditayangkan dari permasalahan yang diberikan dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung!



### Hasil Pengamatan:

Tabel Pengamatan:

| Perlakuan | Hasil pengamatan |
|-----------|------------------|
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |

### Pertanyaan Analisis Data Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



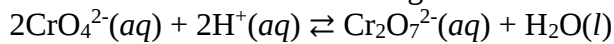
- 1) Tuliskan perubahan yang terjadi pada campuran kesetimbangan kromat-dikromat setelah konsentrasi larutan HCl ditambah, berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
.....

- 2) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan larutan apa yang terbentuk?

.....  
.....

- 3) Berdasarkan reaksi kesetimbangan kromat-dikromat:



bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dari larutan  $\text{HCl}$  yang ditambahkan ke dalam campuran yang telah membentuk kesetimbangan dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada kesetimbangan reaksi tersebut?

.....  
 .....  
 .....

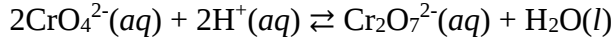
- 4) Tuliskan perubahan yang terjadi pada campuran kesetimbangan kromat-dikromat setelah ditambahkan larutan  $\text{NaOH}$  berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
 .....

- 5) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan larutan apa yang terbentuk?

.....  
 .....

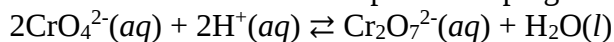
- 6) Berdasarkan reaksi kesetimbangan kromat-dikromat:



bagaimana pengaruh penambahan ion  $\text{OH}^-$  dari larutan  $\text{NaOH}$  yang ditambahkan ke dalam campuran yang telah membentuk kesetimbangan dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada kesetimbangan reaksi tersebut?

.....  
 .....  
 .....

- 7) Berikan kesimpulan terhadap hasil pengamatan kalian tentang pengaruh penambahan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  pada arah pergeseran reaksi ketimbangan:



(Berikan tanda  $\checkmark$  pada tabel).

| Perlakuan                  | Warna Larutan |        | Arah Pergeseran Reaksi                       |                                                       |
|----------------------------|---------------|--------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                            | Kuning        | Oranye | Pembentukan Larutan $\text{K}_2\text{CrO}_4$ | Pembentukan Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ |
| Ditambah ion $\text{H}^+$  | .....         | .....  | .....                                        | .....                                                 |
| Ditambah ion $\text{OH}^-$ | .....         | .....  | .....                                        | .....                                                 |

### Concept Formation

Arah pergeseran kesetimbangan:  $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  karena penambahan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan ion  $\text{OH}^-$  seperti hasil pengamatan dan analisis pada kegiatan *Eksplorasi* merupakan **cara** yang dilakukan untuk **mempertahankan kesetimbangan** akibat **pengaruh perubahan konsentrasi**.

Jadi, bagaimana cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan konsentrasi zat dalam sistem kesetimbangan?

.....  
.....

Ke mana arah pergeseran reaksi jika: (a) konsentrasi zat reaktan ditambah, (b) konsentrasi zat reaktan dikurangi, (c) konsentrasi zat produk ditambah, dan (d) konsentrasi zat produk dikurangi?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Kegiatan 2

### PENGARUH PERUBAHAN TEKANAN & VOLUME PADA KESETIMBANGAN

#### Orientation

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, penambahan/pengurangan tekanan dan volume reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk pada produk yang dihasilkan.

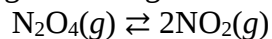
Sebagai contoh:

**Perhatikan** campuran gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) dan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) yang membentuk kesetimbangan dalam sebuah *syringe* (alat semprot/suntik) berikut:



Pada awalnya, *syringe* tersebut diisi gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ). Gas **dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ )** adalah gas **tidak berwarna**. Jika dibiarkan pada suhu kamar, gas dinitrogen tetraoksida akan terurai dengan sendirinya membentuk gas **nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ )** yang **berwarna coklat** dalam **keadaan setimbang**. Karena telah terbentuk gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), maka campuran gas di dalam *syringe* menjadi berwarna coklat.

Persamaan reaksi kesetimbangan antara gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan gas  $\text{NO}_2$  adalah:



**Perhatikan** pertanyaan-pertanyaan tentang campuran gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan gas  $\text{NO}_2$  dalam *syringe* tersebut!

- Apa yang terjadi apabila alat tekan *syringe* yang berisi campuran gas dalam kesetimbangan tersebut ditekan/didorong sehingga tekanan bertambah dan volume gas menjadi berkurang?
- Apa pula yang terjadi apabila alat tekan *syringe* tersebut ditarik kembali sehingga tekanan berkurang dan volume gas menjadi bertambah?
- Apakah keadaan setimbang yang telah terbentuk dapat dipertahankan jika terjadi perubahan pada tekanan dan volume gas? Bagaimana caranya?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amatilah video percobaan pada gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan  $\text{NO}_2$  yang ditayangkan dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung!



### Hasil Pengamatan:

| Tabel Pengamatan: |                  |
|-------------------|------------------|
| Perlakuan         | Hasil pengamatan |
| .....             | .....            |
| .....             | .....            |
| .....             | .....            |
| .....             | .....            |
| .....             | .....            |

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



- 1) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4$ - $\text{NO}_2$  ketika tekanan ditambah dan volumenya berkurang berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....

.....

- 2) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
 .....

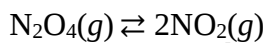
- 3) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  ketika tekanan dikurangi dan volumenya bertambah berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
 .....

- 4) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
 .....

- 5) Berikan kesimpulan terhadap hasil pengamatan kalian tentang perubahan tekanan dan volume pada arah pergeseran reaksi ketimbangan gas:



(Berikan tanda  $\checkmark$  pada tabel)

| Perlakuan         | Volume    |           | Warna Gas |       | Arah Pergeseran Reaksi                 |                               |                 |                 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|                   | Bertambah | Berkurang | Terang    | Gelap | Pembentukan Gas $\text{N}_2\text{O}_4$ | Pembentukan Gas $\text{NO}_2$ | Koefisien Besar | Koefisien Kecil |
| Tekanan ditambah  | .....     | .....     | .....     | ..... | .....                                  | .....                         | .....           | .....           |
| Tekanan dikurangi | .....     | .....     | .....     | ..... | .....                                  | .....                         | .....           | .....           |

### Concept Formation

Arah pergeseran kesetimbangan gas:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$

karena perubahan tekanan atau volume seperti hasil pengamatan dan analisis pada kegiatan *Eksplorasi* merupakan **cara** yang dilakukan untuk **mempertahankan kesetimbangan** akibat **pengaruh perubahan tekanan atau volume** pada reaksi kesetimbangan gas dengan jumlah koefisien reaktan dan produk yang berbeda.

Jadi, bagaimana cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan tekanan dan volume pada sistem kesetimbangan gas yang mempunyai jumlah koefisien reaktan dan produk berbeda?

.....  
 .....  
 .....

Ke mana arah pergeseran reaksi pada sistem kesetimbangan gas yang mempunyai jumlah koefisien reaktan dan produk berbeda jika: (a) tekanan gas ditambah, (b) tekanan gas dikurangi, (c) volume gas ditambah, dan (d) volume gas dikurangi?

.....

.....

.....

.....

Bagaimana pengaruh perubahan tekanan dan volume pada sistem kesetimbangan gas yang mempunyai jumlah koefisien reaktan dan produk sama?

.....

.....

.....

Bagaimana pengaruh perubahan tekanan dan volume pada sistem kesetimbangan heterogen yang mana selain gas juga terdapat zat dengan fase padat (s) atau cair (l)?

.....

.....

.....

### Kegiatan 3

#### PENGARUH PERUBAHAN SUHU PADA KESETIMBANGAN

##### *Orientation*

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, peningkatan/penurunan suhu reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk pada produk yang dihasilkan.

Sebagai contoh:

**Perhatikan** lagi campuran gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) dan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) yang membentuk kesetimbangan berikut:



Penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) yang tidak berwarna menjadi gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) yang berwarna coklat berlangsung secara **endotermik** (memerlukan panas/ $\Delta H_{\text{reaksi}} = +$ ).

**Perhatikan** pertanyaan-pertanyaan tentang campuran gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan  $\text{NO}_2$  tersebut!

- Apa yang terjadi apabila tabung yang berisi campuran gas tersebut dimasukkan ke dalam air panas?
- Apa pula yang terjadi apabila tabung yang berisi campuran gas tersebut dimasukkan ke dalam air dingin?
- Apakah keadaan setimbang yang telah terbentuk dapat dipertahankan jika terjadi perubahan suhu yang diberikan pada gas? Bagaimana caranya?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka perhatikan video percobaan tentang campuran gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan  $\text{NO}_2$  yang ditayangkan dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung! 

### Hasil Pengamatan:

Tabel Pengamatan:

| Perlakuan | Hasil pengamatan |
|-----------|------------------|
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |
| .....     | .....            |

### Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut! 

- 1) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4$ - $\text{NO}_2$  ketika dimasukkan ke dalam air panas berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
.....

- 2) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
.....

- 3) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4$ - $\text{NO}_2$  ketika dimasukkan ke dalam air dingin berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
.....

- 4) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
 .....

- 5) Berikan kesimpulan terhadap hasil pengamatan kalian tentang perubahan suhu pada arah pergeseran reaksi ketimbangan gas:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$   $\Delta H = 33,2 \text{ kJ}$  (Berikan tanda  $\checkmark$  pada tabel)

| Perlakuan                                     | Warna Gas |       | Arah Pergeseran Reaksi                 |                               |
|-----------------------------------------------|-----------|-------|----------------------------------------|-------------------------------|
|                                               | Terang    | Gelap | Pembentukan Gas $\text{N}_2\text{O}_4$ | Pembentukan Gas $\text{NO}_2$ |
| Suhu dinaikkan (dimasukkan dalam air panas)   | .....     | ..... | .....                                  | .....                         |
| Suhu diturunkan (dimasukkan dalam air dingin) | .....     | ..... | .....                                  | .....                         |

### Concept Formation

Arah pergeseran kesetimbangan gas:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$   
 karena perubahan suhu seperti hasil pengamatan dan analisis pada kegiatan *Eksplorasi* merupakan **cara** yang dilakukan untuk **mempertahankan kesetimbangan** akibat **pengaruh perubahan suhu** pada reaksi kesetimbangan yang berlangsung secara **endotermik**.

Jadi, bagaimana cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan suhu pada sistem kesetimbangan endotermik?

.....  
 .....

Bagaimana cara mempertahankan kesetimbangan akibat pengaruh perubahan suhu jika sistem kesetimbangan berlangsung secara **eksotermik** (melepas panas/ $\Delta H_{\text{reaksi}} = -$ )?

.....  
 .....

Ke mana arah pergeseran reaksi jika suhu dinaikkan dan suhu diturunkan pada: (a) reaksi endotermik, dan (b) reaksi eksotermik?

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

## Kegiatan 4

### PENGARUH KATALIS PADA KESETIMBANGAN

#### Orientation

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, penambahan katalis dalam reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik pada produk yang dihasilkan.

Sebagai contoh:

Pada reaksi kimia yang berlangsung secara **irreversible**, apabila ditambahkan suatu katalis dalam reaksi tersebut, reaksi akan dapat berlangsung dengan cepat membentuk produk.

**Katalis** adalah zat yang ditambahkan ke dalam reaksi kimia yang berfungsi untuk mempercepat reaksi.

#### Perhatikan!

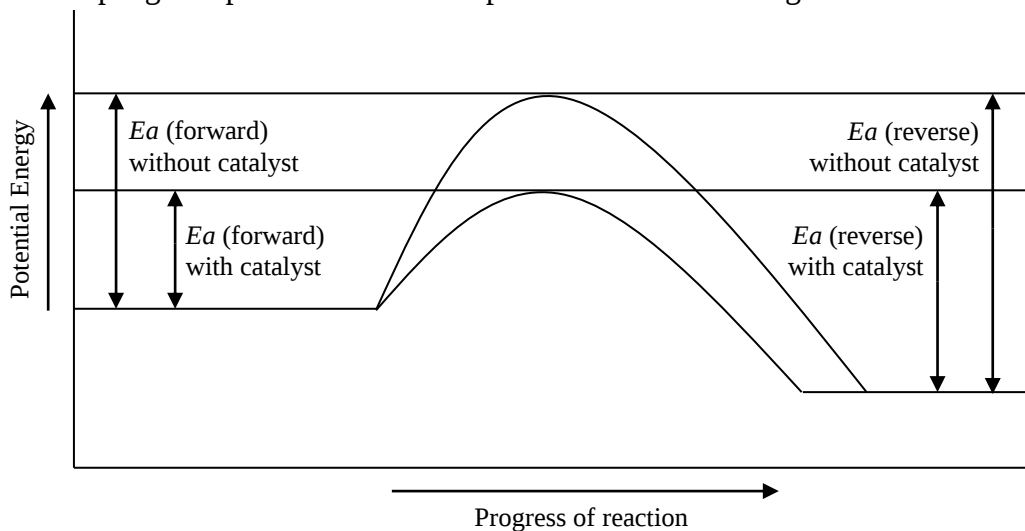
Pada reaksi **reversible**:

- Apa yang terjadi apabila ditambahkan katalis?
- Apakah penambahan katalis dapat memengaruhi keadaan setimbang yang telah terbentuk?

#### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amati grafik yang menunjukkan pengaruh penambahan katalis pada reaksi kesetimbangan berikut dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung! 

Grafik pengaruh penambahan katalis pada reaksi kesetimbangan:



(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 164)

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



- 1) Berdasarkan perbandingan besarnya energi aktivasi reaksi tanpa katalis dan dengan katalis, bagaimana perbandingan laju reaksi ke arah produk dan ke arah sebaliknya (reaktan) pada reaksi tanpa katalis dan menggunakan katalis?

.....  
.....

- 2) Bagaimana hubungan katalis dengan energi aktivasi ( $E_a$ ) terhadap tercapainya keadaan setimbang?

.....  
.....

### Concept Formation

Penambahan katalis pada reaksi **reversible** seperti yang telah diamati dalam grafik menunjukkan **hubungan katalis** dengan laju reaksi ke arah produk dan balik (reaktan) yang menentukan kecepatan **tercapainya sistem kesetimbangan**.

Jadi, bagaimana pengaruh penambahan katalis pada reaksi *reversible* terhadap tercapainya keadaan setimbang?

.....  
.....

Apakah reaksi kesetimbangan akan mengalami pergeseran akibat penambahan katalis jika laju reaksi ke arah produk dan balik (reaktan) tetap sama hanya menjadi lebih cepat? Jelaskan!

.....  
.....

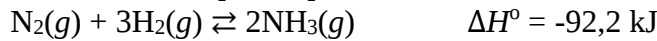
### Aplication

Pengontrolan dengan baik terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi kesetimbangan sangat dibutuhkan dalam proses industri kimia untuk dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Seperti halnya pada industri kimia berikut:

1. Pembuatan Amonia menurut Proses Haber-Bosch

**Fritz Haber**

✓ Menemukan proses pembuatan amonia melalui reaksi:



(Effendy, :165)

**Karl Bosch**

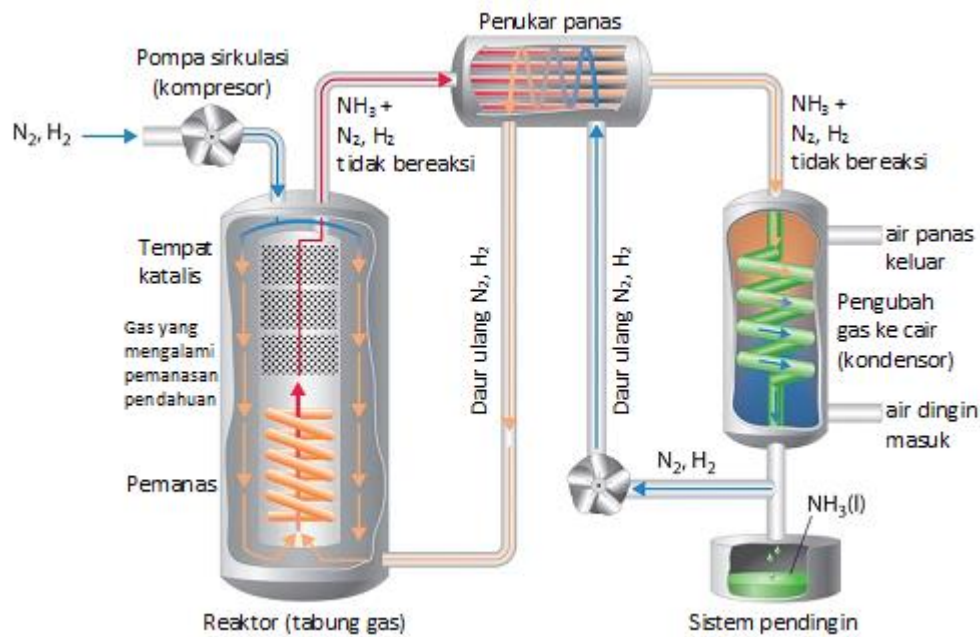
✓ Mengembangkan pembuatan amonia skala industri

Kondisi optimum:

Tekanan = 200 atm } produk amonia = 5%  
Suhu = 600 °C }

Tekanan = 350 atm  
Suhu = 500 °C  
Katalis = Fe + Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + K<sub>2</sub>O + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> } produk amonia = 30 - 40%

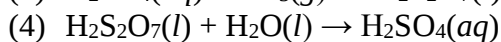
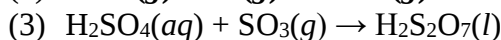
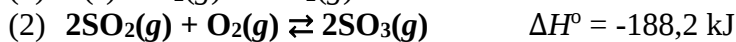
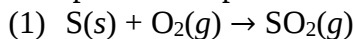
(Effendy, 2007: 165-166)



**Proses Haber-Bosch**

2. Pembuatan Asam Sulfat menurut Proses Kontak

Tahapan Reaksi pembuatan asam sulfat:



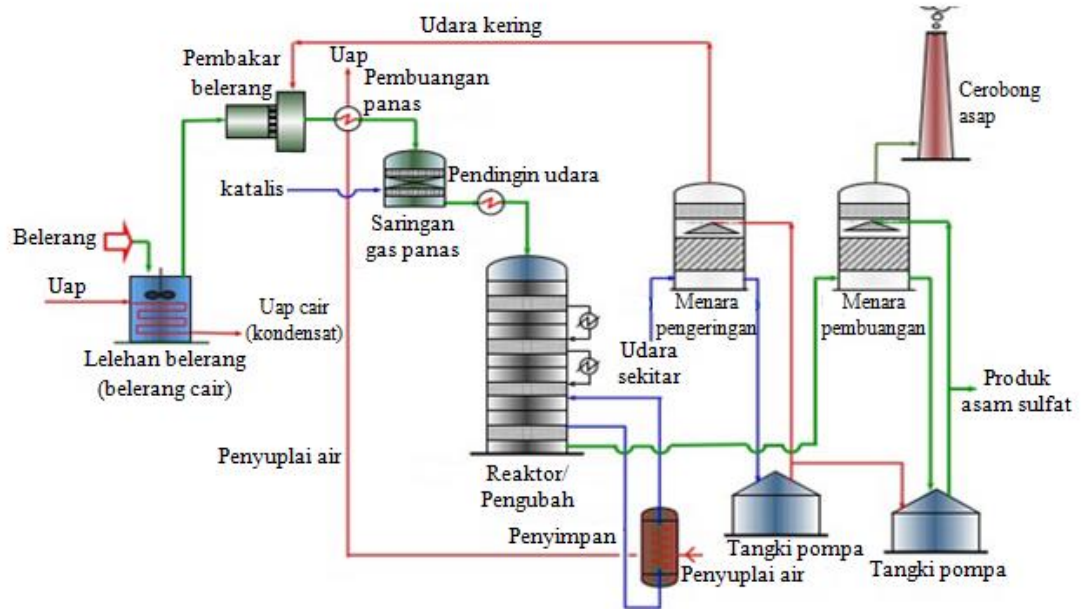
Kondisi optimum:

Katalis = V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Tekanan = 1 atm

Suhu = 420 °C

Pada reaksi tahap 2, ketika diberikan suhu 420 °C, SO<sub>2</sub> mencapai katalis kemudian ketika reaksi dimulai kalor dilepas dan suhu meningkat hingga pada suhu 600 °C terbentuk 60 – 70% SO<sub>2</sub>. Setelah gas didinginkan hingga kembali ke suhu awal (420 °C), SO<sub>2</sub> bereaksi dan menghasilkan 97% SO<sub>3</sub>.  
(Sudarmo, 2013: 94)



**Proses Kontak**

Berdasarkan informasi tersebut,

1. Bagaimana cara mengkodisikan faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan, seperti: konsentrasi, tekanan dan volume, suhu, dan katalis, agar dapat diperoleh hasil produksi amonia dalam jumlah banyak sesuai dengan reaksi kesetimbangan pada pembuatan amonia tersebut?

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana cara mengkodisikan faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan, seperti: konsentrasi, tekanan dan volume, suhu, dan katalis, agar dapat diperoleh hasil produksi asam sulfat dalam jumlah banyak sesuai dengan reaksi kesetimbangan pada tahap penting pembuatan asam sulfat tersebut?

.....

.....

.....

.....

## Closure

1. Bagaimana kesimpulan terhadap materi faktor-faktor kesetimbangan kimia yang telah dipelajari?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Kesimpulan mendasar:

**Perubahan yang terjadi pada sistem kesetimbangan mengikuti Prinsip Le Chatelier, “Jika pada suatu sistem kesetimbangan diberikan perlakuan yang dapat mengubah kondisi setimbang, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang cenderung dapat mengurangi perubahan yang terjadi untuk membentuk kesetimbangan baru”**

2. Apa kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran materi faktor-faktor kesetimbangan kimia yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kelebihan dan kekurangan kalian selama proses pembelajaran materi faktor-faktor kesetimbangan kimia yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 4 MODEL POGIL

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menghitung tetapan kesetimbangan dari reaksi kesetimbangan.
2. Menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan tetapan kesetimbangan antara reaksi-reaksi kesetimbangan.



## TETAPAN KESETIMBANGAN 1

Pada pertemuan sebelumnya, kalian telah memahami keadaan setimbang. Bagaimana konsentrasi zat reaktan dan produk dalam keadaan setimbang? Apakah ada hubungan kuantitatif antara konsentrasi zat reaktan dan produk yang tetap dalam keadaan setimbang? Kita akan mencari jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



### Kegiatan 1

#### Orientation

Pada industri pembuatan amonia melibatkan reaksi kesetimbangan kimia dengan persamaan reaksi sebagai berikut:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$

#### Perhatikan!

- Bagaimana hubungan kuantitatif antara besarnya konsentrasi gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), dan amonia ( $\text{NH}_3$ ) dalam keadaan kesetimbangan?

#### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka isilah tabel berikut dan analisislah dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung!



I. Lengkapi Tabel hubungan kuantitatif konsentrasi gas nitrogen, hidrogen, dan amonia berdasarkan persamaan kesetimbangan:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$

| Konsentrasi dalam kesetimbangan |                       |                        | $[\text{N}_2][\text{H}_2]^3[\text{NH}_3]^2$ | $\frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]}{[\text{NH}_3]}$ | $\frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$ |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $[\text{N}_2]$<br>(M)           | $[\text{H}_2]$<br>(M) | $[\text{NH}_3]$<br>(M) |                                             |                                                  |                                                      |
| 0,1                             | 0,1                   | 0,1                    | ....                                        | ....                                             | ....                                                 |
| 0,4                             | 0,1                   | 0,2                    | ....                                        | ....                                             | ....                                                 |
| 0,9                             | 0,1                   | 0,3                    | ....                                        | ....                                             | ....                                                 |

II. Lengkapi Tabel hubungan kuantitatif konsentrasi zat berdasarkan persamaan kesetimbangan:  $\text{CaCO}_3(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2(aq) + \text{CO}_2(g)$

| Konsentrasi dalam kesetimbangan |                     | $\frac{1}{[\text{Ca}(\text{OH})_2][\text{CO}_2]}$ | $[\text{Ca}(\text{OH})_2][\text{CO}_2]$ |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ (M)  | $[\text{CO}_2]$ (M) |                                                   |                                         |
| 0,001                           | 0,7                 | ....                                              | ....                                    |
| 0,002                           | 0,4                 | ....                                              | ....                                    |
| 0,003                           | 0,3                 | ....                                              | ....                                    |

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



- 1) Pada Tabel I, pada kolom berapakah hasil hitungan yang memberikan angka hubungan konsentrasi zat dengan harga yang relatif tetap dari baris 1-3? Tuliskan kembali rumus perhitungannya!

.....  
.....

- 2) Dari rumus yang ditulis pada pertanyaan nomor 1, bila dikaitkan dengan persamaan reaksi, konsentrasi zat apa yang berperan sebagai pembilang dan konsentrasi zat apa yang berperan sebagai penyebut?

.....  
.....

- 3) Perhatikan angka yang dicetak tebal pada persamaan reaksi dan rumus pada Tabel I. Jelaskan apa hubungan antara angka yang dicetak tebal pada persamaan reaksi dengan rumus yang dituliskan!

.....  
.....

- 4) Pada Tabel II, pada kolom berapakah hasil hitungan yang memberikan angka hubungan konsentrasi zat dengan harga yang relatif tetap dari baris 1-3? Tuliskan kembali rumus perhitungannya!

.....

.....

- 5) Perhatikan huruf yang dicetak tebal pada persamaan reaksi Tabel II. Fase apa saja yang dimasukkan ke dalam perhitungan hubungan kuantitatif zat pada kesetimbangan?

.....

.....

- 6) Berikan kesimpulan hubungan kuantitatif konsentrasi zat dalam kesetimbangan yang **hasilnya relatif tetap** pada Tabel I dan II!

|                                  | Tabel I | Tabel II |
|----------------------------------|---------|----------|
| Reaksi                           | ....    | ....     |
| Reaktan                          | ....    | ....     |
| Koefisien reaktan                | ....    | ....     |
| Fase zat reaktan                 | ....    | ....     |
| Produk                           | ....    | ....     |
| Koefisien produk                 | ....    | ....     |
| Fase zat produk                  | ....    | ....     |
| Persamaan (rumus)                | ....    | ....     |
| Pembilang                        | ....    | ....     |
| Penyebut                         | ....    | ....     |
| Pangkat                          | ....    | ....     |
| Fase zat dalam persamaan (rumus) | ....    | ....     |

### **Concept Formation**

Persamaan hubungan kuantitatif antara konsentrasi zat reaktan dan produk dalam kesetimbangan yang memberikan harga relatif tetap pada Tabel kegiatan *Eksplorasi* disebut persamaan **Tetapan Kesetimbangan ( $K_c$ )**.

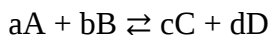
Jadi, apa yang dimaksud dengan tetapan kesetimbangan?

.....

.....

.....

Bagaimana persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) untuk reaksi kesetimbangan secara umum:



(a, b, c, d adalah koefisien)

.....

.....

.....

Zat dengan fase apa yang dapat dimasukkan ke dalam persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ )?

.....

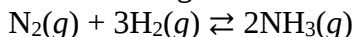
**CATATAN:**

Tetapan kesetimbangan ( $K_c$ , dengan c = *concentration*) menunjukkan bahwa konsentrasi zat pada keadaan setimbang harus dalam M (molar) atau mol/L.

## Kegiatan 2

### Orientation

Perhatikan lagi reaksi kesetimbangan pada industri pembuatan amonia berikut:



Perhatikan pula beberapa reaksi kesetimbangan berikut:

- a)  $1/2N_2(g) + 3/2H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$
- b)  $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$
- c) (1)  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$   
(2)  $2H_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2H_2O(g)$   
(3)  $2NH_3(g) + 5/2O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + 3H_2O(g)$

**Perhatikan!**

- Semua reaksi yang diberikan tersebut mempunyai keterkaitan. Apabila salah satu reaksi telah diketahui harga tetapan kesetimbangannya, maka bagaimana cara menentukan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) untuk reaksi-reaksi tersebut?

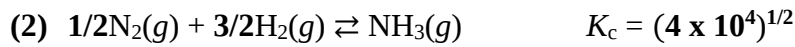
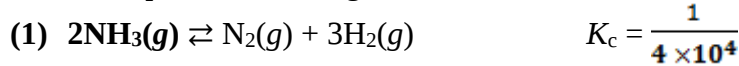
### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amati data reaksi kesetimbangan pembuatan amonia berikut dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung! 🕒

### DATA A

Jika diketahui:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$   $K_c = 4 \times 10^4$

Maka, tetapan kesetimbangan untuk reaksi:



### DATA B

Tetapan kesetimbangan:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$   $K_c = 4 \times 10^4$

Dapat diperoleh dengan cara seperti menghitung perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) melalui Hukum Hess pada Bab Termokimia dari Tahapan reaksi-reaksi berikut:

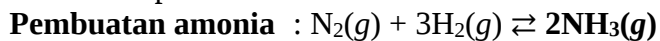


## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



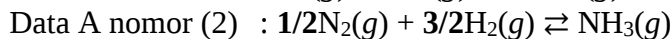
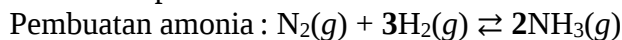
1) Perhatikan persamaan reaksi:



- Apa yang membedakan kedua persamaan reaksi tersebut?
- Tuliskan rumus  $K_c$  untuk masing-masing reaksi tersebut!
- Apa perbedaan rumus  $K_c$  kedua reaksi tersebut?
- Berapa harga  $K_c$  reaksi pada data A nomor (1)? Bandingkan dengan harga  $K_c$  reaksi pembuatan amonia ( $K_c = 4 \times 10^4$ )!
- Bagaimana kesimpulan kalian terhadap hubungan rumus  $K_c$  kedua reaksi tersebut?

- a. ....
- b. ....
- c. ....
- d. ....
- e. ....

2) Perhatikan persamaan reaksi:



- Apa yang membedakan kedua persamaan reaksi tersebut?
- Tuliskan rumus  $K_c$  untuk masing-masing reaksi tersebut!
- Apa perbedaan rumus  $K_c$  kedua reaksi tersebut?

- d. Perhatikan pangkat pada  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ , dan  $\text{H}_2$  untuk kedua rumus  $K_c$  tersebut. Pangkat zat-zat pada Data A nomor (2) berapa kalinya pangkat zat-zat pada reaksi pembuatan amonia?
- e. Berapa harga  $K_c$  reaksi pada data A nomor (2)? Bandingkan dengan harga  $K_c$  reaksi pembuatan amonia ( $K_c = 4 \times 10^4$ )!
- f. Bagaimana kesimpulan kalian terhadap hubungan rumus  $K_c$  kedua reaksi tersebut?

a. ....

b. ....

c. ....

d. ....

e. ....

f. ....

- 3) Pada Data (B), apabila untuk memperoleh harga  $K_c$  reaksi pembuatan amonia:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$  menggunakan cara seperti **Hukum Hess** dari reaksi-reaksi yang diketahui, maka tentukan susunan tahapan reaksi pada Data B dengan dibuat tetap/dibalik/dikali agar apabila dijumlahkan tepat menghasilkan reaksi pembuatan amonia tersebut! (Berikan tandan cek (✓) untuk mengisi kolom bertanda \*)

| Reaksi                                                          | *Tetap | *Dibalik | *Dikalikan     | Harga $K_c$ |
|-----------------------------------------------------------------|--------|----------|----------------|-------------|
| Tahap (1)                                                       | .....  | .....    | ..... (x ....) | .....       |
| Tahap (2)                                                       | .....  | .....    | ..... (x ....) | .....       |
| Tahap (3)                                                       | .....  | .....    | ..... (x ....) | .....       |
| Harga $K_c$ (Jumlah total $K_c = \text{Perkalian antar } K_c$ ) |        |          |                | .....       |

- 4) Apakah harga  $K_c$  reaksi pembuatan amonia yang diperoleh berdasarkan cara Hukum Hess (penjumlahan tahapan reaksi) sama dengan harga  $K_c$  reaksi pembuatan amonia yang diketahui, yaitu sebesar  $4 \times 10^4$ ? Jika berbeda, bagaimana rumus  $K_c$  yang benar?

.....

.....

- 5) Bagaimana kesimpulan kalian terhadap hubungan harga  $K_c$  reaksi pembuatan amonia dengan harga  $K_c$  reaksi-reaksi yang berkaitan tersebut?

.....

.....

### Concept Formation

Dari data pada kegiatan *Eksplorasi* dapat disimpulkan bahwa pada suatu reaksi kesetimbangan, **posisi zat reaktan dan produk dapat dibalik, koefisien reaksinya dapat diubah, dan dapat dihasilkan dari reaksi-reaksi kesetimbangan yang berkaitan.**

Jadi, bagaimana persamaan (rumus) tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) jika:

- Reaksi Dibalik (harga  $K_c$  reaksi kesetimbangan yang diketahui adalah  $K_{c_1}$ )
- Koefisien reaksi dikalikan  $n$  (harga  $K_c$  reaksi kesetimbangan yang diketahui adalah  $K_{c_1}$ )
- Reaksi dihasilkan dari penjumlahan tahapan reaksi yang berkaitan dengan harga tetapan kesetimbangan  $K_{c_1}, K_{c_2}$ , hingga  $K_{c_n}$ ?

.....

.....

.....

.....

.....

### Aplication

Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang penentuan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) reaksi-reaksi kesetimbangan dan agar dapat mengaplikasikan pada proses industri kimia, maka jawabalah pertanyaan



- 1) Tuliskan persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) untuk reaksi kesetimbangan:
  - a.  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$
  - b.  $2\text{FeCl}_3(s) + 3\text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 6\text{HCl}(g)$
  - c.  $\text{As}_4\text{O}_6(s) + 6\text{C}(s) \rightleftharpoons \text{As}_4(g) + 6\text{CO}(g)$

a.  $K_c = \dots\dots\dots$

c.  $K_c = \dots\dots\dots$

b.  $K_c = \dots\dots\dots$

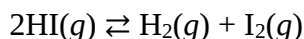
- 2) Dalam labu tertutup bervolume 20 liter pada suhu tertentu terdapat 10 mol serbuk ZnS, 4 mol gas  $\text{O}_2$ , 5 mol padatan ZnO, dan 4 mol gas  $\text{SO}_2$  dalam keadaan setimbang menurut persamaan reaksi:  
 $2\text{ZnS}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{ZnO}(s) + 2\text{SO}_2(g)$   
Tentukan tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!

$[\text{O}_2] = \dots\dots\dots \text{ M}$

$K_c = \dots\dots\dots$

$[\text{SO}_2] = \dots\dots\dots \text{ M}$

- 3) Sebanyak 0,1 mol HI dimasukkan ke dalam labu tertutup bervolume 1 liter dan dibiarkan terurai menurut reaksi:  $2\text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$   
Setelah tercapai kesetimbangan,  $\text{I}_2$  yang terbentuk sebesar 0,02 mol. Tentukan tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!



Mula-mula : ..... ..

Reaksi : ..... ..

\_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ +

Setimbang : ..... ..

Pada saat setimbang:

$[\text{HI}] = \dots\dots\dots$

$K_c = \dots\dots\dots$

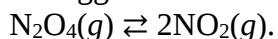
$[\text{H}_2] = \dots\dots\dots$

$[\text{I}_2] = \dots\dots\dots$

- 4) Pada suhu tertentu, tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) untuk reaksi:  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$  adalah 4. Jika mula-mula 2 M CO direaksikan dengan 2 M  $\text{H}_2\text{O}$ , berapa konsentrasi uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) pada kesetimbangan?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 5) Sebanyak 1 mol  $\text{N}_2\text{O}_4$  dipanaskan dalam tabung tertutup bervolume 1 liter sehingga 50% terurai membentuk  $\text{NO}_2$  menurut persamaan reaksi:



Tentukan harga tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!

(Catatan:  $50\% = \alpha$  (% atau **desimal**) dan **Ingat:**  $\alpha = \frac{\text{mol terurai}}{\text{mol mula-mula}} = \frac{\text{mol Reaksi}}{\text{mol Mula-mula}} = \frac{R}{M}$ )

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 6) Jika diketahui reaksi: (1)  $\text{S}(s) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_2(g)$   $K_c = 2$   
(2)  $2\text{S}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$   $K_c = 3$

Tentukan tetapan kesetimbangan dari reaksi:

- a.  $2\text{SO}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{S}(s) + 2\text{O}_2(g)$   
b.  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Closure

1. Bagaimana kesimpulan terhadap materi tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) yang telah dipelajari?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran materi tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa kelebihan dan kekurangan kalian selama proses pembelajaran materi tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) yang telah dialami?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 5 MODEL POGIL

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menghitung tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas.
2. Menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan untuk reaksi gas.
3. Menjelaskan hubungan tetapan kesetimbangan dengan arah reaksi kesetimbangan.
4. Menjelaskan hubungan antara perubahan suhu dengan tetapan kesetimbangan.



## TETAPAN KESETIMBANGAN 2

Pada pertemuan sebelumnya, kalian telah memahami persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ). Apakah jika fase zat dalam reaksi berupa gas, konsentrasi dalam persamaan tetapan kesetimbangan dapat diganti dengan besaran lain? Ingatkah kalian pada persamaan umum gas (gas ideal) yang dipelajari pada Bab Stoikiometri? Bagaimana hubungan antara konsentrasi dengan tekanan gas? Lalu, jika kita kembali pada dua pertemuan sebelumnya, kalian telah memahami pergeseran kesetimbangan karena pengaruh faktor-faktor kesetimbangan. Apakah pergeseran arah reaksi dapat mempengaruhi harga tetapan kesetimbangan? Bagaimana pengaruh perubahan harga tetapan kesetimbangan pada proses industri kimia? Kita akan mencari jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



### Kegiatan 1

#### Orientation

Ingatkah kalian dengan persamaan umum gas ini:

$$pV = nRT$$

dimana,  $p$  = tekanan gas (atm)

$V$  = volume gas (L)

$n$  = mol gas (mol)

$R$  = tetapan gas (0,082 L.atm/K.mol)

$T$  = suhu (K)

### Perhatikan!

- Bagaimana hubungan kesebandingan antara tekanan dengan mol gas?  
Pada suhu tetap, persamaan umum gas tersebut dapat menjadi:  $p = \frac{n}{V} = \frac{\text{mol}}{L} = \text{konsentrasi}$
- Bagaimana hubungan kesebandingan antara tekanan dengan konsentrasi?
- Apakah persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan yang fase zatnya berupa gas, konsentrasi dapat diganti dengan tekanan zat?
- Bagaimana jadinya persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas?
- Bagaimana hubungan tetapan kesetimbangan yang menggunakan konsentrasi dengan tetapan kesetimbangan reaksi gas yang menggunakan tekanan?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amati data reaksi kesetimbangan pada proses pembuatan amonia berikut dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung! 

Proses pembuatan amonia menurut reaksi kesetimbangan:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$  merupakan kesetimbangan homogen dengan semua fase nya adalah gas dengan demikian tetapan kesetimbangan pada reaksi kesetimbangan amonia bisa dituliskan dalam dua bentuk persamaan kesetimbangan yaitu:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} \quad \text{dan} \quad K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3}$$

Catatan: c = konsentrasi zat (*concentration*) dan p = tekanan parsial zat (*pressure*)

(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 141)

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut! 

- 1) Berdasarkan data di atas, apa perbedaan dari persamaan  $K_c$  dan  $K_p$ ?

.....

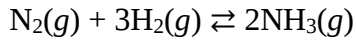
.....

.....

.....

2) Apabila pada Data, diperoleh harga  $K_p = 2$  dan  $K_c = \frac{2}{(0,082 \times 300)^{-2}}$ ,

dengan angka 0,082 adalah nilai **tetapan gas ideal (R)**, angka 300 adalah **suhu dalam Kelvin (T)**, dan pangkat -2 adalah **jumlah mol (koefisien) produk dikurangi reaktan ( $\Delta n$ )** pada reaksi pembentukan amonia:



maka bagaimana persamaan untuk hubungan  $K_p$  dan  $K_c$ ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Concept Formation

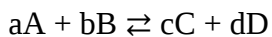
Tekanan masing-masing gas dalam reaksi disebut tekanan parsial.  
Hubungan kuantitatif antara tekanan parsial gas nitrogen, hidrogen, dan amonia dalam kesetimbangan disebut dengan **Tetapan Kesetimbangan Gas ( $K_p$ )**.

Jadi, apa yang dimaksud dengan tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ )?

.....

.....

Bagaimana persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_p$ ) untuk reaksi kesetimbangan gas secara umum:



(a, b, c, d adalah koefisien)

.....

.....

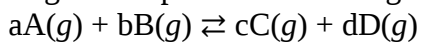
.....

Zat dengan fase apa yang dapat dimasukkan ke dalam persamaan tetapan kesetimbangan tersebut?

.....

.....

Bagaimana persamaan hubungan  $K_p$  dan  $K_c$  untuk reaksi kesetimbangan gas secara umum:



(a, b, c, d adalah koefisien)

.....

.....

**CATATAN:**

- Tetapan kesetimbangan ( $K_p$ , dengan  $p = \text{pressure}$ ) menunjukkan bahwa digunakan tekanan parsial gas pada keadaan setimbang dalam atm.
- Tekanan parsial ( $p$ ) juga dapat diperoleh melalui persamaan, misalnya untuk tekanan parsial gas A ( $p_A$ ):  $p_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol total}} \times P \text{ total}$
- Tekanan total ( $P \text{ total}$ ) biasanya diketahui di soal atau jika tidak diketahui dapat dihitung dengan menjumlahkan tekanan parsial gas-gas dalam kesetimbangan:  $P \text{ total} = p_A + p_B + p_n$
- Untuk hubungan  $K_p$  dan  $K_c$  :  
 $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $T = \text{suhu (K = } ^\circ\text{C} + 273)$ , dan  $\Delta n = \text{koefisien produk} - \text{koefisien reaktan}$

**Aplication**

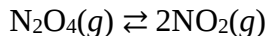
Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang penentuan tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) dari reaksi-reaksi kesetimbangan gas dan agar dapat mengaplikasikan pada proses industri kimia, maka jawablah pertanyaan berikut!



- 1) Tuliskan persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_p$ ) untuk reaksi kesetimbangan pada tahapan proses industri pembuatan asam sulfat:  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$

.....  
.....

- 2) Perhatikan reaksi kesetimbangan pada pembuatan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) melalui penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) berikut:



Pada saat kesetimbangan tercapai, tekanan parsial gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan  $\text{NO}_2$  berturut-turut adalah 2 atm dan 0,5 atm. Tentukan  $K_p$  reaksi tersebut!

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 3) Pembuatan amonia ( $\text{NH}_3$ ) pada skala laboratorium dapat dilakukan dengan memasukkan 1 mol gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dan 1 mol gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) ke dalam labu tertutup bervolume 1 liter dengan tekanan total 1 atm yang bereaksi menurut persamaan:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ .

Pada akhir reaksi ternyata terdapat 0,5 mol gas  $\text{NH}_3$  pada kesetimbangan. Tentukan  $K_p$  reaksi tersebut!

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 4) Pada 525 °C harga  $K_p$  reaksi kesetimbangan:  $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$  adalah 0,36. Jika gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2$  masing-masing sebanyak 1 mol ditempatkan dalam labu tertutup dengan tekanan 2 atm hingga mencapai kesetimbangan, berapa tekanan parsial masing-masing gas pada kesetimbangan?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 5) Perhatikan reaksi kesetimbangan:  $2\text{S}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$ .  
Jika pada suhu 227 °C, ke dalam labu tertutup bervolume 2 liter direaksikan 5 mol S dengan 4 mol  $\text{O}_2$  dan pada kesetimbangan terdapat 2 mol  $\text{SO}_3$ , maka tentukan harga  $K_c$  dan  $K_p$ ! (diketahui:  $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Kegiatan 2

### Orientation

Kita tahu bahwa **pada keadaan kesetimbangan**, hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi dapat dinyatakan dengan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  atau  $K_p$ ).

Akan tetapi,

### Perhatikan!

- Bagaimana hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi **pada segala kondisi**?

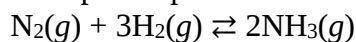
- Bagaimana hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan?
- Bagaimana reaksi dapat diketahui telah mencapai keadaan kesetimbangan atau belum dan kemana arah pergeseran reaksi jika reaksi belum mencapai kesetimbangan apabila ditinjau dari hubungan kuantitatif konsentrasi zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amati data berikut dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung!



Pada proses pembuatan amonia menurut reaksi:



Pada **segala kondisi**, hubungan kuantitatif konsentrasi antara gas nitrogen , hidrogen dan amonia (  $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$  ) adalah  $4,4 \times 10^6$ .

Berdasarkan teori, pada **keadaan kesetimbangan**, hubungan konsentrasi antara gas nitrogen, hidrogen dan amonia ( $K_c$ ) sebesar  $3,8 \times 10^4$ .

Diketahui:

- ✓ Berdasarkan **perbandingan** harga kuantitatif konsentrasi antara gas nitrogen, hidrogen dan amonia pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan, reaksi pembentukan amonia tersebut **belum membentuk kesetimbangan**.
- ✓ Reaksi pembentukan amonia tersebut harus **bergeser ke arah pembentukan gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$**  hingga kesetimbangan terbentuk.

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut!



- 1) Lebih besar mana harga  $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$  pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan ( $K_c$ )?

.....

.....

- 2) Kemana arah reaksi pada data tersebut harus bergeser untuk membentuk kesetimbangan (ke arah produk atau reaktan)?

.....

.....

- 3) Bagaimana hubungan perbandingan harga  $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$  ( $Q_c$ ) pada segala kondisi dan pada keadaan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan terbentuknya kesetimbangan dan arah pergeseran reaksi jika belum terbentuk kesetimbangan?  
(Berikan tanda cek (✓) pada kolom yang dianggap benar)

| Perbandingan Harga $Q_c$ dan $K_c$ | Arah Pergeseran Reaksi |            |                | Kesetimbangan   |           |
|------------------------------------|------------------------|------------|----------------|-----------------|-----------|
|                                    | ke Produk              | ke Reaktan | Tidak Bergeser | Belum Setimbang | Setimbang |
| $Q_c > K_c$                        |                        |            |                |                 |           |
| $Q_c < K_c$                        |                        |            |                |                 |           |
| $Q_c = K_c$                        |                        |            |                |                 |           |

### Concept Formation

Hubungan kuantitatif konsentrasi antara gas nitrogen, hidrogen, dan amonia ( $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ ) pada segala kondisi disebut **Quosien Reaksi ( $Q_c$ )**.

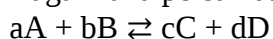
Dari bentuk persamaan (rumus),  $Q_c$  sama dengan  $K_c$ , tetapi jika ditinjau dari kondisi reaksi,  $Q_c$  bisa tidak sama dengan  $K_c$ ,

Jadi, apa perbedaan antara  $Q_c$  dan  $K_c$  ditinjau dari kondisi reaksi?

.....

.....

Bagaimana persamaan *quosien* reaksi ( $Q_c$ ) untuk reaksi secara umum:



(a, b, c, d adalah koefisien)

.....

.....

Berdasarkan perbandingan harga  $Q_c$  dan  $K_c$ , bilamana reaksi dapat dikatakan telah membentuk kesetimbangan atau bergeser ke kiri hingga terbentuk kesetimbangan atau bergeser ke kanan hingga terbentuk kesetimbangan?

.....

.....

.....

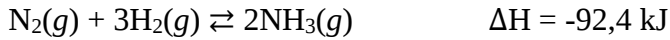
### CATATAN:

Jika diketahui tekanan parsial zat, maka hubungan kuantitatif zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi dinyatakan dengan  $Q_p$  dan pada keadaan kesetimbangan dinyatakan dengan  $K_p$  serta definisi perbandingan antara  $Q_p$  dan  $K_p$  sama dengan  $Q_c$  dan  $K_c$ .

## Kegiatan 3

### Orientation

Perhatikan lagi reaksi kesetimbangan pembuatan amonia berikut:



Dari harga reaksi pembentukan amonia, reaksi berlangsung secara eksotermik ( $\Delta H = \text{“-“}$ ). Kita telah memahami bahwa kenaikan suhu dapat mengakibatkan reaksi bergeser ke arah reaktan.

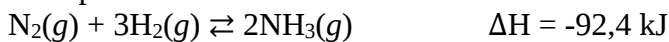
### Perhatikan!

- Apakah perubahan suhu juga dapat mempengaruhi nilai tetapan kesetimbangan reaksi?
- Bagaimana hubungan antara suhu dengan nilai  $K_c$  dan  $K_p$  pada reaksi pembuatan amonia yang berlangsung secara eksotermik tersebut?

### Exploration

Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada kegiatan *Orientation*, maka amati data reaksi kesetimbangan proses pembuatan amonia berikut dan analisislah hasil pengamatan kalian dengan menggunakan berbagai literatur yang mendukung! 

Pada pembuatan amonia menurut reaksi kesetimbangan:



diketahui, pada suhu 27 °C diperoleh nilai  $K_c$  sebesar  $3,8 \times 10^4$  dan pada suhu 200 °C diperoleh nilai  $K_c$  sebesar  $3,8 \times 10^{-1}$

(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 139)

## Pertanyaan Analisis Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, analisislah melalui pertanyaan berikut! 

- 1) Bagaimana hubungan kesebandingan antara kenaikan suhu dengan nilai  $K_c$  pada reaksi pembuatan amonia yang berlangsung secara eksotermik tersebut?

.....  
.....  
.....

- 2) Jika dihubungkan dengan pengaruh perubahan suhu pada arah pergeseran reaksi eksotermik pada pembuatan amonia tersebut, maka bagaimana hubungan kesebandingan antara kenaikan suhu, perubahan konsentrasi, dan harga tetapan kesetimbangan? (Berikan tanda cek (✓) pada kolom yang benar)

| Perubahan Suhu | Reaksi Eksotermik |        |                     |       |                    |       |             |       |
|----------------|-------------------|--------|---------------------|-------|--------------------|-------|-------------|-------|
|                | Arah Pergeseran   |        | Konsentrasi Reaktan |       | Konsentrasi Produk |       | Harga $K_c$ |       |
|                | Reaktan           | Produk | Naik                | Turun | Naik               | Turun | Naik        | Turun |
| Suhu Naik      |                   |        |                     |       |                    |       |             |       |
| Suhu Turun     |                   |        |                     |       |                    |       |             |       |

### Concept Formation

Berdasarkan data pada kegiatan *Eksplorasi*, **perubahan suhu dapat mempengaruhi harga tetapan kesetimbangan** reaksi pembentukan amonia yang berlangsung secara eksotermik.

Jadi, bagaimana hubungan antara perubahan suhu dengan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$  atau  $K_p$ ) pada reaksi kesetimbangan yang berlangsung secara eksotermik?

.....

.....

Bagaimana dengan hubungan antara perubahan suhu dengan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$  atau  $K_p$ ) pada reaksi kesetimbangan yang berlangsung secara endotermik?

.....

.....

### Aplication

Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang hubungan  $Q_c$  atau  $Q_p$  dengan  $K_c$  atau  $K_p$  dan perubahan suhu dengan harga  $K_c$  atau  $K_p$  dan agar dapat mengaplikasikan pada proses industri kimia, maka jawablah pertanyaan berikut!



- 1) Perhatikan reaksi:  $\text{H}_2(\text{s}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$   $K_c = 57$ .  
 Pada percobaan dihasilkan data berikut:

| Percobaan | $[\text{H}_2]$ (mol/L) | $[\text{I}_2]$ (mol/L) | $[\text{HI}]$ (mol/L) |
|-----------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1         | 0,02                   | 0,02                   | 0,18                  |
| 2         | 0,03                   | 0,015                  | 0,16                  |
| 3         | 0,04                   | 0,035                  | 0,24                  |

Tentukan nilai  $Q_c$  dari ketiga data percobaan tersebut dan arah reaksinya (ke kanan/ke kiri/setimbang)!

.....

.....

.....

.....

.....

2) Diketahui reaksi kesetimbangan:  $2\text{S}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$

Data harga  $K_p$  reaksi kesetimbangan tersebut pada berbagai suhu adalah:

| Suhu (K) | $K_p$              |
|----------|--------------------|
| 300      | $5 \times 10^8$    |
| 500      | $1 \times 10^{-5}$ |
| 700      | $8 \times 10^{-7}$ |

Berdasarkan data tersebut:

- Hitung harga  $K_c$  pada masing-masing suhu tersebut.  
(diketahui:  $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ).
- Jelaskan jenis reaksinya (eksotermik atau endotermik).
- Jelaskan kemana arah pergeseran reaksi akibat kenaikan suhu sehingga mempengaruhi perubahan harga  $K_p$ .

.....

.....

.....

.....

.....

### Closure

1. Bagaimana kesimpulan terhadap materi tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) dan hubungan pergeseran reaksi dengan tetapan kesetimbangan yang telah dipelajari?

.....

.....

.....

.....

2. Apa kelebihan dan kekurangan proses pembelajaran materi tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) dan hubungan pergeseran reaksi dengan tetapan kesetimbangan yang telah dialami?

.....

.....

.....

3. Apa kelebihan dan kekurangan kalian selama proses pembelajaran materi tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) dan hubungan pergeseran reaksi dengan tetapan kesetimbangan yang telah dialami?

.....

.....

.....

#### D. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Keseimbangan Kimia Model Ekspositori

##### RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN I

|                   |                                                    |
|-------------------|----------------------------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang                       |
| Program keahlian  | : Kimia Industri                                   |
| Mata pelajaran    | : Kimia                                            |
| Kelas/semester    | : X/2                                              |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia                               |
| Materi subpokok   | : Reaksi <i>Irreversible</i> dan <i>Reversible</i> |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit                                     |
| Pertemuan         | : 1                                                |

#### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa inginnahutentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

#### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                        | Indikator                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah keseimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan keseimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan perbedaan reaksi <i>irreversible</i> dan reaksi <i>reversible</i> .                 |
| 4.13Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah keseimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan keseimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Melakukan pengamatan untuk membedakan reaksi <i>irreversible</i> dan reaksi <i>reversible</i> . |

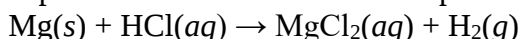
#### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

Melalui contoh dan demonstrasi, siswa dapat menjelaskan perbedaan reaksi *irreversible* dan reaksi *reversible*.

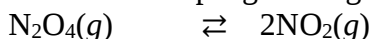
#### D. Materi Pembelajaran

Reaksi *irreversible* adalah reaksi kimia yang berlangsung satu arah atau tidak dapat balik. Contoh reaksi antara pita magnesium dengan larutan asam klorida:



Reaksi *reversible* adalah reaksi kimia yang berlangsung dua arah atau dapat balik.

Contoh reaksi penguraian gas dinitrogen tetraoksida menjadi gas nitrogen dioksida:



Tidak berwarna          Coklat

## **E. Model Pembelajaran**

Ekspositori

## **F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran**

### **1. Media**

Lembar kegiatan pembelajaran, *power poin*, dan video.

### **2. Alat**

Papan tulis, spidol, laptop, LCD, dan alat-bahan percobaan.

### **3. Sumber Belajar**

- a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- b. Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

## **G. Langkah-langkah Pembelajaran**

| Kegiatan              | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Alokasi Waktu            |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>I. Pendahuluan</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>Menyampaikan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran kepada siswa.</li><li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa melalui tanya jawab tentang reaksi kimia, yaitu contoh dan ciri-ciri reaksi kimia dalam industri.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 5 menit                  |
| <b>II. Inti</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>Memperhatikan penjelasan tentang contoh reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i> dalam kehidupan dan industri kimia.</li><li>Mengamati video penjelasan perbedaan dan contoh reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i>.</li><li>Mengamati demonstrasi percobaan reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i> untuk membuktikan informasi yang telah diterima.</li><li>Mendiskusikan analisis hasil pengamatan berdasarkan pertanyaan arahan.</li><li>Mempresentasikan hasil diskusi tentang pengamatan dan analisis hasil pengamatan.</li></ul> | 30 menit<br><br>45 menit |
| <b>III. Penutup</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>Membimbing siswa menarik kesimpulan terhadap materi dari kegiatan belajar yang telah dialami.</li><li>Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari materi pada pertemuan berikutnya, yaitu keadaan kesetimbangan.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10 menit                 |

## **H. Penilaian**

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

## RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN II

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang |
| Program keahlian  | : Kimia Industri             |
| Mata pelajaran    | : Kimia                      |
| Kelas/semester    | : X/2                        |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia         |
| Materi subpokok   | : Keadaan Keseimbangan       |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit               |
| Pertemuan         | : 1                          |

### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa inginnahutentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                          | Indikator                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan keadaan setimbang<br>3.13.2 Menjelaskan kesetimbangan dinamis.<br>3.13.3 Menjelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen. |
| 4.13Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Melakukan pengamatan keadaan setimbang melalui grafik reaksi kimia pada industri pembuatan zat kimia.                                           |

### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui penjelasan dan pengamatan, siswa dapat menjelaskan keadaan kesetimbangan dengan benar.
2. Melalui penjelasan dan tanya jawab, siswa dapat menjelaskan kesetimbangan dinamis dengan benar.
3. Melalui penjelasan dan tanya jawab, siswa dapat menjelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen dengan benar.

### D. Materi Pembelajaran

Keadaan kesetimbangan adalah keadaan dimana laju reaksi ke arah produk sama dengan laju reaksi ke arah reaktan dan konsentrasi reaktan dan produk tidak

berubah terhadap waktu. Pada keadaan kesetimbangan reaksi tetap berlangsung dengan laju sama sehingga disebut kesetimbangan dinamis.

Kesetimbangan homogen adalah reaksi kesetimbangan yang mana reaktan dan produk mempunyai fase sama. Contoh:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ .

Kesetimbangan heterogen adalah reaksi kesetimbangan yang mana reaktan dan produk mempunyai fase berbeda. Contoh:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$ .

## E. Model Pembelajaran

Ekspositori

## F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran, *power poin*, dan video.

### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

### 3. Sumber Belajar

a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.

b. Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

## G. Langkah-langkah Pembelajaran

| Kegiatan              | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Alokasi Waktu        |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>I. Pendahuluan</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menyampaikan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran kepada siswa.</li> <li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa melalui tanya jawab reaksi <i>irreversible</i> dan <i>reversible</i>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 5 menit              |
| <b>II. Inti</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mengamati grafik laju reaksi dan konsentrasi reaksi <i>reversible</i> pembuatan amonia.</li> <li>Memperhatikan penjelasan tentang keadaan setimbang dan kesetimbangan dinamis.</li> <li>Mengamati video animasi keadaan kesetimbangan dan kesetimbangan dinamis.</li> <li>Memperhatikan penjelasan tentang perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen melalui contoh reaksi kesetimbangan.</li> <li>Melakukan diskusi kelas untuk menjawab pertanyaan pemantapan konsep kesetimbangan.</li> <li>Mempresentasikan hasil diskusi tentang jawaban pertanyaan pemantapan konsep kesetimbangan.</li> </ul> | 45 menit<br>30 menit |
| <b>III. Penutup</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Membimbing siswa menarik kesimpulan materi pelajaran.</li> <li>Memberikan instruksi siswa untuk mempelajari materi pertemuan berikutnya, yaitu pergeseran kesetimbangan.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 10 menit             |

## H. Penilaian

- Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
- Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017

Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

### RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN III

|                   |                                         |
|-------------------|-----------------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang            |
| Program keahlian  | : Kimia Industri                        |
| Mata pelajaran    | : Kimia                                 |
| Kelas/semester    | : X/2                                   |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia                    |
| Materi subpokok   | : Faktor-faktor Pergeseran Keseimbangan |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit                          |
| Pertemuan         | : 1                                     |

#### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingintahunyatengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

#### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                           | Indikator                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.<br>3.13.2 Menjelaskan penerapan pergeseran reaksi kesetimbangan dalam industri. |
| 4.13 Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Melakukan pengamatan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.                                                                        |

#### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui penjelasan dan pengamatan, siswa dapat menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan dengan tepat.
2. Melalui penjelasan dan pengamatan, siswa dapat menjelaskan penerapan pergeseran reaksi kesetimbangan dalam industri dengan benar.

#### D. Materi Pembelajaran

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan kimia, kesetimbangan yang terbentuk dapat berubah karena pengaruh beberapa faktor yang mengikuti Prinsip Le Chatelier, “jika pada suatu sistem kesetimbangan diberikan perlakuan yang dapat mengubah kondisi setimbang, maka

kesetimbangan akan bergeser ke arah yang cenderung dapat mengurangi perubahan yang terjadi untuk membentuk kesetimbangan baru”.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan:

1. Pengaruh perubahan konsentrasi
  - ☞ Apabila konsentrasi zat reaktan dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah produk, dan sebaliknya.
2. Pengaruh perubahan volume dan tekanan
  - ☞ Pada kesetimbangan dengan jumlah mol gas berbeda antara reaktan dan produk, apabila volume dinaikkan dan tekanan diturunkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah jumlah mol yang lebih besar, dan sebaliknya.
  - ☞ Pada kesetimbangan dengan jumlah mol gas sama antara reaktan dan produk, maka kesetimbangan tidak bergeser meskipun terjadi perubahan volume dan tekanan.
3. Pengaruh perubahan suhu
  - ☞ Pada reaksi endotermik ( $\Delta H = +$ ), apabila suhu dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endotermik (produk), dan sebaliknya.
  - ☞ Pada reaksi eksotermik ( $\Delta H = -$ ), apabila suhu dinaikkan, maka kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endotermik (reaktan), dan sebaliknya.
4. Pengaruh katalis
  - ☞ Penambahan katalis dapat mempercepat tercapainya keadaan setimbang tetapi tidak mengubah komposisi sistem kesetimbangan.

Penerapan kesetimbangan kimia dalam industri:

1. Pembuatan amonia menurut proses Haber-Bosch
$$\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g) \quad \Delta H = -92,4 \text{ kJ}$$
  - Suhu rendah ( $500^\circ\text{C}$ )
  - Tekanan tinggi (150 – 350 atm hingga 700 atm)
  - Penambahan katalis (serbuk besi dicampur  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ )
2. Pembuatan asam sulfat menurut proses kontak  
Tahap penting:  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H = -188,2 \text{ kJ}$ 
  - Suhu rendah ( $500^\circ\text{C}$ )
  - Tekanan normal (1 atm)
  - Penambahan katalis ( $\text{V}_2\text{O}_5$ )

Berdasarkan kondisi pada proses pembuatan amonia dan asam sulfat, produk amonia dan asam sulfat dapat ditingkatkan dengan cara menurunkan suhu, menaikkan tekanan, menambah katalis, dan menambah konsentrasi reaktan.

## E. Model Pembelajaran

Ekspositori

## F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran, *power poin*, dan video.

### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

### 3. Sumber Belajar

- a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- b. Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

### G. Langkah-langkah Pembelajaran

| Kegiatan       | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Alokasi Waktu |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I. Pendahuluan | <ul style="list-style-type: none"><li>Menyampaikan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran kepada siswa.</li><li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa dengan mengaitkan materi yang telah dipelajari dan yang akan dipelajari melalui tanya jawab tentang keadaan setimbang dan kemungkinan terganggunya keadaan setimbang.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                  | 5 menit       |
| II. Inti       | <ul style="list-style-type: none"><li>Memperhatikan penjelasan Prinsip Le Chatelier melalui animasi benda-benda yang dijumpai dalam kehidupan.</li><li>Memperhatikan penjelasan dan melakukan tanya jawab tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan, meliputi pengaruh perubahan konsentrasi, tekanan-volume, suhu, dan katalis.</li><li>Mengamati video percobaan pengaruh konsentrasi, tekanan-volume, dan suhu pada kesetimbangan untuk membuktikan informasi yang telah diterima.</li><li>Mendiskusikan analisis hasil pengamatan dan mempresentasikan hasil diskusi.</li></ul> | 55 menit      |
|                | <ul style="list-style-type: none"><li>Mengamati penerapan kesetimbangan dalam industri kimia melalui gambar proses pembuatan bahan-bahan kimia, meliputi pembuatan amonia dan asam sulfat.</li><li>Menentukan faktor-faktor pergeseran reaksi kesetimbangan yang dapat mempengaruhi peningkatan produksi dalam industri kimia.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                          | 20 menit      |
| III. Penutup   | <ul style="list-style-type: none"><li>Membimbing siswa menarik kesimpulan terhadap materi pelajaran.</li><li>Memberikan instruksi kepada siswa untuk mempelajari materi pada pertemuan berikutnya, yaitu tetapan kesetimbangan.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10 menit      |

### H. Penilaian

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017

Peneliti

Ali Amirul Mu'minin

## RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN IV

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang |
| Program keahlian  | : Kimia Industri             |
| Mata pelajaran    | : Kimia                      |
| Kelas/semester    | : X/2                        |
| Materi pokok      | : Kestimbangan Kimia         |
| Materi subpokok   | : Tetapan Kestimbangan I     |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit               |
| Pertemuan         | : 1                          |

### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunyatenentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                          | Indikator                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan tetapan kesetimbangan dari reaksi kesetimbangan.<br>3.13.2 Menjelaskan hubungan tetapan kesetimbangan antara reaksi-reaksi kesetimbangan.                 |
| 4.13Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Menghitung tetapan kesetimbangan beberapa reaksi kesetimbangan.<br>4.13.2 Menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan-tetapan kesetimbangan. |

### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui penjelasan, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan dari reaksi kesetimbangan dengan tepat.
2. Melalui penjelasan, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan-tetapan kesetimbangan dengan tepat.

### D. Materi Pembelajaran

Tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

adalah:  $K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$

Tetapan kesetimbangan baru dari reaksi yang berkaitan dapat dihitung melalui:

- ✓ Reaksi kesetimbangan dibalik  $\Rightarrow K_c = \frac{1}{K_{c_1}}$
- ✓ Koefisien reaksi dikalikan  $n \Rightarrow K_c = (K_{c_1})^n$
- ✓ Reaksi dari penjumlahan reaksi kesetimbangan yang berkaitan  $\Rightarrow K_c = K_{c_1} + K_{c_2} + \dots$

## E. Model Pembelajaran

Ekspositori

## F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran dan *power poin*.

### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

### 3. Sumber Belajar

- a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- b. Modul Kimia Kelas X Semester 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

## G. Langkah-langkah Pembelajaran

| Kegiatan              | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Alokasi Waktu                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>I. Pendahuluan</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menyampaikan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran kepada siswa.</li> <li>Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa melalui tanya jawab tentang keadaan setimbang.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 5 menit                                 |
| <b>II. Inti</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Memperhatikan penjelasan persamaan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) melalui tanya jawab.</li> <li>Memperhatikan penjelasan hubungan tetapan reaksi kesetimbangan yang berkaitan melalui tanya jawab.</li> <li>Melakukan diskusi kelas tentang perhitungan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) untuk memantapkan pemahaman dan mengaplikasikannya pada proses industri kimia.</li> <li>Mempresentasikan hasil diskusi tentang perhitungan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>).</li> </ul> | <div>30 menit</div> <div>45 menit</div> |
| <b>III. Penutup</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Membimbing siswa menarik kesimpulan pembelajaran.</li> <li>Menginstruksi siswa mempelajari materi pertemuan berikutnya, yaitu tetapan kesetimbangan gas (<math>K_p</math>).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 10 menit                                |

## H. Penilaian

1. Penilaian proses berupa keterampilan proses sains siswa dari hasil kegiatan pembelajaran.
2. Penilaian hasil berupa hasil belajar kognitif siswa dari nilai tes kesetimbangan kimia.

Malang, Maret 2017  
Peneliti

## RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN V

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Satuan pendidikan | : SMK Putra Indonesia Malang |
| Program keahlian  | : Kimia Industri             |
| Mata pelajaran    | : Kimia                      |
| Kelas/semester    | : X/2                        |
| Materi pokok      | : Keseimbangan Kimia         |
| Materi subpokok   | : Tetapan Keseimbangan II    |
| Alokasi waktu     | : 2 x 45 menit               |
| Pertemuan         | : 1                          |

### A. Kompetensi Inti

- KI 3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunyatenentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

### B. Kompetensi Dasar dan Indikator

| Kompetensi Dasar                                                                                                                                                          | Indikator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.13Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi. | 3.13.1 Menjelaskan tetapan kesetimbangan reaksi kesetimbangan gas.<br>3.13.2 Menjelaskan hubungan antara tetapan kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan gas.<br>3.13.3 Menjelaskan hubungan tetapan kesetimbangan dengan arah reaksi kesetimbangan.<br>3.13.4 Menjelaskan hubungan antara perubahan suhu dengan tetapan kesetimbangan. |
| 4.13Menerapkan hasil pengaruh pergeseran arah kesetimbangan pada proses reaksi kimia di industri dan menghitung tetapan kesetimbangan ( $K_c$ dan $K_p$ ) suatu reaksi.   | 4.13.1 Menghitung tetapan kesetimbangan beberapa reaksi kesetimbangan gas.<br>4.13.2 Menghitung harga <i>quosien</i> reaksi untuk menentukan arah reaksi kesetimbangan.                                                                                                                                                                    |

### C. Tujuan Pembelajaran

Kompetensi pengetahuan:

1. Melalui penjelasan, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas dengan tepat.

2. Melalui penjelasan, siswa dapat menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan untuk reaksi gas dengan tepat.
3. Melalui penjelasan, siswa dapat menjelaskan hubungan tetapan kesetimbangan dengan arah reaksi kesetimbangan dengan benar.
4. Melalui penjelasan, siswa dapat menjelaskan hubungan antara perubahan suhu dengan tetapan kesetimbangan.

#### D. Materi Pembelajaran

Tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas:  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$

adalah:  $K_p = \frac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b}$

Hubungan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) adalah:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Arah reaksi *reversible* (ke kanan/ke kiri/setimbang) dapat ditentukan melalui perbandingan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan harga *quosien* reaksi ( $Q_c$ ).

Persamaan *quosien* reaksi ( $Q_c$ ) = Persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ).

Jika:  $Q_c = K_c \Rightarrow$  reaksi setimbang (membentuk kesetimbangan).

$Q_c < K_c \Rightarrow$  reaksi ke arah kanan hingga membentuk kesetimbangan.

$Q_c > K_c \Rightarrow$  reaksi ke arah kiri hingga membentuk kesetimbangan.

Perubahan suhu yang menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah produk, meningkatkan jumlah produk dan menyebabkan harga  $K_c$  dan  $K_p$  semakin besar, dan sebaliknya, karena nilai tetapan kesetimbangan sebanding dengan konsentrasi produk.

#### E. Model Pembelajaran

Ekspositori

#### F. Media, Alat, dan Sumber Pembelajaran

##### 1. Media

Lembar kegiatan pembelajaran dan *power poin*.

##### 2. Alat

Papan tulis, spidol, laptop, dan LCD.

##### 3. Sumber Belajar

- a. Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia.
- b. Modul Kimia Kelas X Semseter 2 SMK Putra Indonesia Malang Tahun Pelajaran 2016-2017.

#### G. Langkah-langkah Pembelajaran

| Kegiatan       | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Alokasi Waktu |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I. Pendahuluan | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyampaikan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran kepada siswa.</li> <li>• Memberikan motivasi dan apersepsi kepada siswa melalui tanya jawab tentang persamaan tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>), persamaan umum gas, dan faktor-</li> </ul> | 5 menit       |



## E. Lembar Kegiatan Pembelajaran Keseimbangan Kimia Model Ekspositori

### LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 1 MODEL EKSPOSITORI

#### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

#### Tujuan Pembelajaran

Menjelaskan perbedaan reaksi *irreversible* dan reaksi *reversible*.



## REAKSI IRREVERSIBLE & REVERSIBLE

Industri kimia tidak lepas dari adanya reaksi-reaksi kimia. Pada bab-bab sebelumnya, kalian telah mempelajari tentang reaksi kimia. Berikan 2 contoh reaksi kimia! Apa ciri dari terjadinya reaksi kimia? Dalam penulisan persamaan reaksi kimia, manakah yang disebut reaktan, produk, koefisien, dan fase zat? Selama ini yang kita ketahui, dalam reaksi kimia selalu berakhir dengan terbentuknya suatu produk. Apakah ada reaksi kimia yang setelah membentuk zat produk kemudian zat produk tersebut dapat membentuk zat reaktan kembali? Kita akan menemukan jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



Salah satu reaksi kimia yang sangat mudah kita amati adalah pada pembakaran kertas. Abu hasil pembakaran kertas tidak mungkin dapat berubah menjadi kertas kembali. Proses pembakaran kertas tersebut merupakan reaksi kimia yang berlangsung satu arah atau tidak dapat balik yang disebut **Reaksi Irreversible**.



Dalam reaksi *irreversible*, reaksi berlangsung secara tuntas, yaitu salah satu atau semua reaktan habis bereaksi membentuk produk dan jumlah produk yang terbentuk dapat ditentukan dari jumlah reaktan yang habis bereaksi.

Persamaan reaksi *irreversible* ditandai dengan **tanda panah satu arah** ( $\rightarrow$ ).

Perhatikan video yang menunjukkan terjadinya reaksi *irreversible* antara pita magnesium (Mg) dan larutan asam klorida (HCl)!



Persamaan reaksi antara pita magnesium (Mg) dengan larutan asam klorida (HCl) adalah:  $\text{Mg(s)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$

Reaksi kimia yang juga sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah reaksi antara cuka dengan air. Jika kita menguji daya hantar listrik pada larutan cuka, maka akan menunjukkan bahwa larutan cuka lemah dalam menghantarkan listrik yang biasanya ditandai dengan lampu menyala redup atau tidak menyala karena hanya sedikit molekul yang terionisasi dan lebih banyak membentuk molekul kembali.



Persamaan reaksi ionisasi larutan cuka ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) adalah:  
 $\text{CH}_3\text{COOH(l)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+\text{(aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-\text{(aq)}$

Reaksi ionisasi larutan cuka tersebut merupakan reaksi kimia yang berlangsung dua arah atau dapat balik yang disebut **Reaksi Reversible**.

Dalam reaksi *reversible*, reaksi berlangsung tidak tuntas, mula-mula reaksi berlangsung searah membentuk produk, segera setelah produk terbentuk reaksi balik mulai terjadi yang mana zat produk mengalami tumbukan membentuk zat reaktan kembali.

Persamaan reaksi *reversible* ditandai dengan **tanda panah dua arah bolak balik** ( $\rightleftharpoons$ ).

Perhatikan video yang menunjukkan terjadinya reaksi *reversible* glukosa dalam larutan basa!

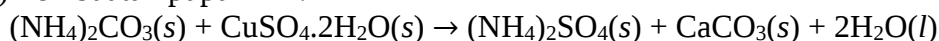


Dalam industri kimia, kalian akan lebih sering menjumpai reaksi *reversible* dibandingkan *irreversible*, karena sebagian besar reaksi kimia dalam kehidupan ini berlangsung secara *reversible*.

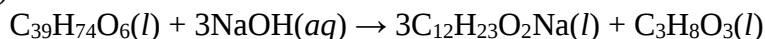
Contoh reaksi kimia di industri yang merupakan reaksi *irreversible* dan *reversible* adalah sebagai berikut.

#### **Reaksi Irreversible pada industri kimia:**

(1) Pembuatan pupuk ZA:



(2) Pembuatan sabun:



#### **Reaksi Reversible pada industri kimia:**

(1) Pembuatan asamsulfat:  $2\text{SO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_3\text{(g)}$

(2) Pembuatan amonia:  $\text{N}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3\text{(g)}$

Berdasarkan informasi tentang reaksi *irreversible* dan *reversible*,

1. Apakah perbedaan reaksi *irreversible* dan *reversible* menurut pemahaman kalian?



.....

.....

# Pengamatan

Untuk membuktikan kebenaran informasi tentang reaksi *irreversible* dan *reversible*, Perhatikan demonstrasi pengujian sederhana berikut!



## Demonstrasi Percobaan Reaksi *Irreversible* dan *Reversible*

**Tujuan:** Menganalisis perbedaan reaksi *irreversible* dan *reversible*

**Tabel Pengamatan:**

### Percobaan I

| Pengamatan                              | Hasil Pengamatan (Warna) |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| Larutan CuSO <sub>4</sub>               |                          |
| Larutan CuSO <sub>4</sub> + HCl         |                          |
| Campuran CuSO <sub>4</sub> & HCl + NaOH |                          |

### Percobaan II

| Pengamatan                                            | Hasil Pengamatan (Warna) |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|
| Larutan K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>               |                          |
| Larutan K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> + HCl         |                          |
| Campuran K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> & HCl + NaOH |                          |



# Pertanyaan....

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil pengamatan serta diskusi kalian!



- 1) Tuliskan perubahan yang terjadi ketika larutan HCl ditambahkan ke dalam larutan CuSO<sub>4</sub> berdasarkan hasil pengamatan kalian pada percobaan I tahap ke-1!

.....  
.....

- 2) Persamaan reaksi yang terjadi pada percobaan I tahap ke-1 adalah:  
$$\text{CuSO}_4(aq) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CuCl}_2(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq)$$
  
Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:

- a. Larutan CuSO<sub>4</sub> berwarna .....
- b. Larutan CuCl<sub>2</sub> berwarna .....

- 3) Tuliskan perubahan yang terjadi pada campuran larutan CuSO<sub>4</sub> dengan HCl ketika ditambah larutan NaOH berdasarkan hasil pengamatan kalian pada percobaan I tahap ke-2!

.....  
.....

- 4) Persamaan reaksi yang terjadi pada percobaan I tahap ke-2 adalah:  
 $\text{CuCl}_2(aq) + 2\text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(s) + 2\text{NaCl}(aq)$   
 Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:  
 a. Larutan  $\text{CuCl}_2$  berwarna .....  
 b. Endapan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  berwarna .....  
 5) Apakah produk dari reaksi pada tahap ke-2 sama dengan reaktan pada tahap ke-1?

.....  
 .....

- 6) Tuliskan perubahan yang terjadi ketika larutan HCl ditambahkan ke dalam larutan

.....  
 .....

- 7) Persamaan reaksi yang terjadi pada percobaan II tahap ke-1 adalah:  
 $2\text{K}_2\text{CrO}_4(aq) + 2\text{HCl}(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(aq) + 2\text{KCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
 Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:  
 a. Larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  berwarna .....  
 b. Larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  berwarna .....

- 8) Tuliskan perubahan yang terjadi pada campuran larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dengan HCl ketika ditambah larutan NaOH berdasarkan hasil pengamatan kalian pada

.....  
 .....

- 9) Persamaan reaksi yang terjadi pada percobaan II tahap ke-2 adalah:  
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(aq) + \text{NaOH}(aq) \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$   
 Perubahan yang terjadi dari hasil pengamatan kalian berdasarkan persamaan reaksi ini menunjukkan:  
 a. Larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  berwarna .....  
 b. Larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  berwarna .....

.....  
 .....

- 10) Berikan kesimpulan kalian pada percobaan I dan percobaan II!

|                                                      | Percobaan I | Percobaan II |
|------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Reaktan tahap ke-1                                   | .....       | .....        |
| Produk tahap ke-2                                    | .....       | .....        |
| Kesimpulan ( <b>Reaksi Irreversible/Reversible</b> ) | .....       | .....        |

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 2 MODEL EKSPOSITORI

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan keadaan setimbang dan kesetimbangan dinamis.
2. Menjelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan heterogen.



## KEADAAN KESETIMBANGAN

Pada pertemuan sebelumnya, kalian telah mempelajari reaksi *irreversible* dan *reversible*. Berikan contoh dari reaksi *irreversible* dan *reversible*!

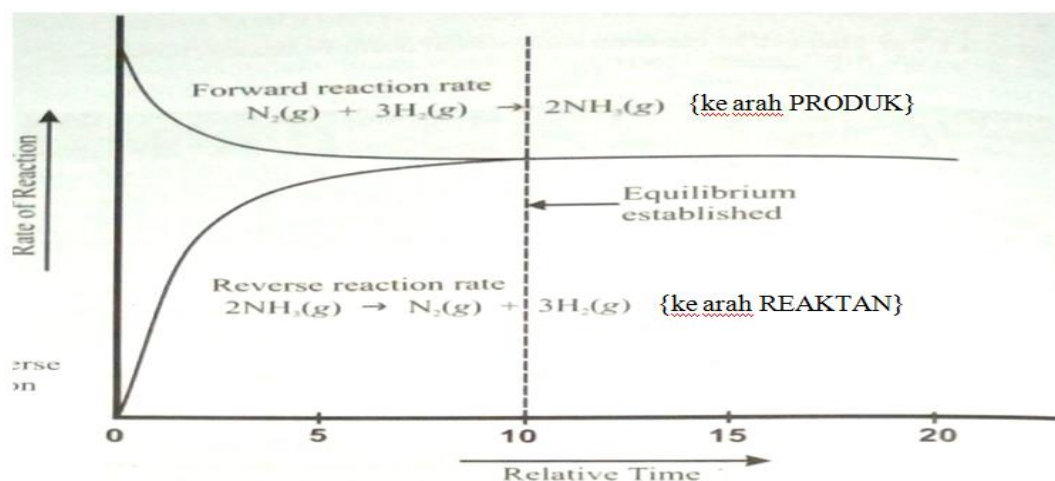
Apa perbedaan antara reaksi *irreversible* dan *reversible*? Bagaimana tanda panah reaksi pada reaksi *irreversible* dan *reversible*? Reaksi manakah yang dapat membentuk keadaan setimbang? Bagaimana kita dapat membedakan antara keadaan belum setimbang dan sudah setimbang?

Kita akan menemukan jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



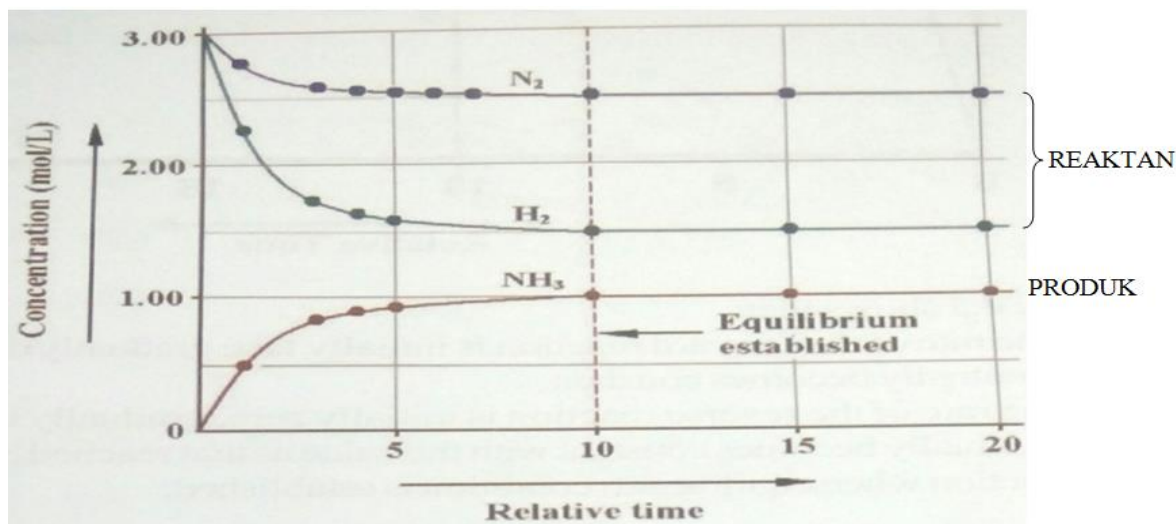
Perhatikan dan Amati Grafik yang menunjukkan **laju reaksi** dan **konsentrasi** pada reaksi *reversible* antara gas nitrogen ( $N_2$ ) dengan gas hidrogen ( $H_2$ ) pada industri pembuatan amonia ( $NH_3$ ) berikut!!

**Grafik 1: Laju Reaksi ke Arah Produk dan Reaktan pada Reaksi *Reversible***



(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 128)

**Grafik 2: Konsentrasi Reaktan dan Produk pada Reaksi *Reversible***



(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 127)

Kedua Grafik tersebut menjelaskan tentang berlangsungnya reaksi *reversible*.

Dalam reaksi *reversible*, pada saat reaksi mulai terjadi, laju reaksi ke arah produk mencapai nilai maksimum kemudian menurun sesuai penurunan konsentrasi reaktan, sedangkan laju reaksi ke arah reaktan bernilai nol kemudian meningkat sesuai peningkatan konsentrasi produk.

Ketika laju reaksi ke arah produk sama dengan laju reaksi ke arah reaktan, konsentrasi reaktan dan produk menjadi tetap atau tidak berubah terhadap waktu.

Kondisi dimana laju reaksi dan konsentrasi sama tersebut menunjukkan bahwa reaksi *reversible* telah mencapai **Keadaan Setimbang**.

Pada keadaan setimbang, reaksi *reversible* (lurus dan balik) tetap berlangsung dengan laju sama. Jadi, keadaan setimbang disebut dengan **Kesetimbangan Dinamis**.

Perhatikan video animasi yang menunjukkan reaksi *reversible* mencapai keadaan setimbang (kesetimbangan dinamis)! 

Berdasarkan informasi tentang keadaan setimbang dan kesetimbangan dinamis,

1. Bagaimana reaksi *reversible* dapat dikatakan membentuk keadaan setimbang menurut pemahaman kalian?



.....

.....

.....

2. Apabila keadaan setimbang tercapai, maka tidak ada perubahan konsentrasi reaktan dan produk, tetapi mengapa kesetimbangan kimia disebut kesetimbangan dinamis bukan statis?



.....

.....

.....

Dari video animasi keadaan setimbang yang telah kalian amati, reaksi kesetimbangan yang terjadi pada penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) menjadi gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), yaitu:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$  reaktan dan produk pada reaksi tersebut mempunyai **fase sama**, yaitu sama-sama berupa gas. Reaksi kesetimbangan tersebut disebut **Kesetimbangan Homogen**.

Sedangkan, jika terdapat reaksi kesetimbangan yang reaktan dan produknya mempunyai **fase berbeda** disebut **Kesetimbangan Heterogen**. Seperti reaksi antara ion  $\text{CrO}_4^{2-}$  dari larutan kalium kromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) dengan ion  $\text{H}^+$  dari larutan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) yang telah kalian amati pada kegiatan demonstrasi sebelumnya:  $2\text{CrO}_4^{2-}(aq) + 2\text{H}^+(aq) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$

3. Jadi, jelaskan perbedaan antara kesetimbangan homogen dan heterogen menurut pemahaman kalian!



.....

.....

.....

## Pertanyaan....

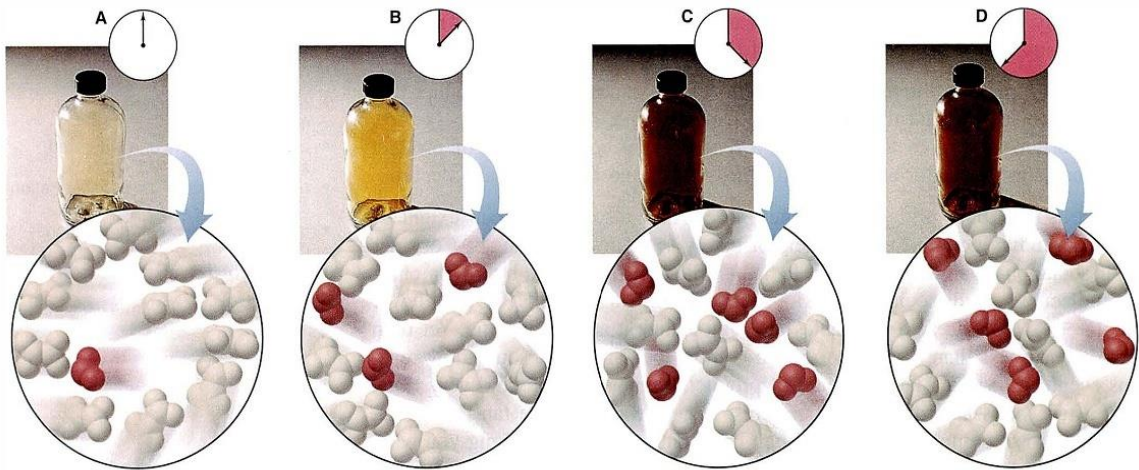
Untuk memantapkan pemahaman kesetimbangan, maka **diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil diskusi kalian!**



Perhatikan gambaran partikulat tahapan reaksi yang terjadi pada pembuatan gas ketawa, yaitu gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) melalui penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) berikut:

Diketahui:

- ☞ Gas **dinitrogen tetraoksida** ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) adalah gas **tidak berwarna** yang molekulnya di dalam gambar ditandai dengan warna **putih**.
- ☞ Gas **nitrogen dioksida** ( $\text{NO}_2$ ) adalah gas berwarna **coklat** yang molekulnya di dalam gambar ditandai dengan warna **merah**.



(Keterangan: dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) =  ; nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) = )

Pertanyaan:

1. Tuliskan persamaan reaksi disertai dengan fase zat dan koefisien penyetaraan reaksi pada proses penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) menjadi gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ )!

2. Tuliskan perubahan warna gas dalam botol dan jumlah molekul gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan gas  $\text{NO}_2$  di dalamnya pada proses penguraian gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  menjadi  $\text{NO}_2$  selama beberapa waktu dari Gambar A sampai D!

**A :** Pada detik ke-0 warna campuran gas relatif tidak berwarna (oranye samar-samar), jumlah molekul gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  (putih) masih banyak (dominan) dan jumlah molekul gas  $\text{NO}_2$  (merah) masih 1 molekul yang menandakan bahwa gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  mulai terurai menjadi gas  $\text{NO}_2$ .

**Lanjutkan penjelasan untuk Gambar B sampai D:**

**B :** .....

**C :** .....

**D :** .....

3. Berikan penjelasan, apakah pada proses penguraian tersebut terbentuk kesetimbangan (dilihat dari waktu, warna, dan jumlah masing-masing gas)?

.....

.....

.....

4. Gambar nomor berapa yang menunjukkan keadaan setimbang mulai tercapai? Jelaskan!

.....

.....

.....

5. Berdasarkan definisi kesetimbangan dinamis, Gambar nomor berapa yang menunjukkan bahwa kesetimbangan bersifat dinamis jika proses tersebut dapat membentuk kesetimbangan? Jelaskan!

.....

.....

.....

6. Berdasarkan persamaan reaksi kesetimbangan yang terbentuk, jika proses penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) menjadi gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) merupakan reaksi kesetimbangan, jenis kesetimbangan apa yang terbentuk (kesetimbangan homogen/heterogen)? Jelaskan!

.....

.....

.....

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 3 MODEL EKSPOSITORI

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan kimia.
2. Menjelaskan penerapan kesetimbangan kimia dalam industri.



## FAKTOR-FAKTOR KESETIMBANGAN KIMIA

Pada pertemuan sebelumnya, kita telah mempelajari tentang kesetimbangan. Bagaimana keadaan setimbang dapat tercapai? Bagaimana tanda dan reaksi yang terjadi ketika keadaan setimbang tercapai? Apakah ada kemungkinan bahwa keadaan setimbang yang telah tercapai dapat berubah menjadi tidak setimbang kembali? Apa saja faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut terjadi? Bagaimana cara mengendalikan faktor-faktor itu untuk proses industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan? Kita akan mencari jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



Kesetimbangan kimia dapat mengalami perubahan, yaitu membentuk sistem kesetimbangan yang baru. Perubahan yang terjadi pada sistem kesetimbangan mengikuti **Prinsip Le Chatelier**, yang berbunyi: “Jika pada suatu sistem kesetimbangan diberikan perlakuan yang dapat mengubah kondisi setimbang, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang cenderung dapat mengurangi perubahan yang terjadi untuk membentuk kesetimbangan baru”.



Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kesetimbangan kimia.

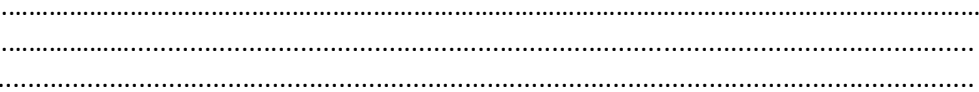
### 1. PENGARUH PERUBAHAN KONSENTRASI PADA KESETIMBANGAN

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, penambahan/pengurangan konsentrasi zat-zat dalam reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk pada produk yang dihasilkan.

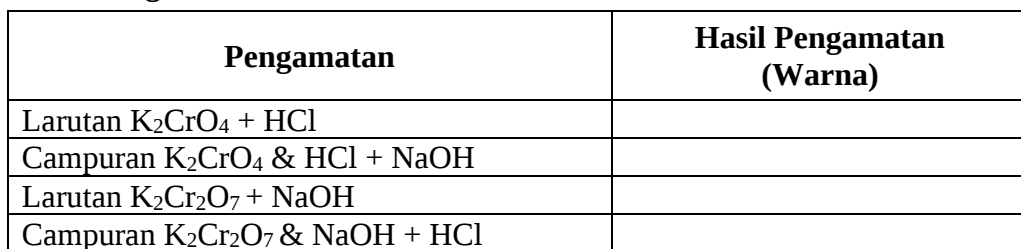
- ☞ Apabila konsentrasi zat **reaktan dinaikkan**, maka kesetimbangan **bergeser ke arah produk** untuk menurunkan konsentrasi zat reaktan agar sama kembali dengan konsentrasi zat produk. **Dan Sebaliknya** apabila konsentrasi zat produk dinaikkan.
- ☞ Apabila konsentrasi zat **reaktan diturunkan**, maka kesetimbangan **bergeser ke arah reaktan** untuk menaikkan konsentrasi zat reaktan agar sama kembali dengan konsentrasi zat produk. **Dan Sebaliknya** apabila konsentrasi zat produk diturunkan.



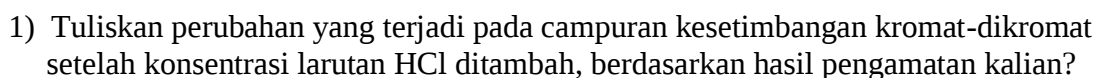
1. Pada reaksi kesetimbangan:  $\text{As}_4\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{As}_4(\text{g}) + 6\text{CO}(\text{g})$   
 Apa yang terjadi apabila: (a) gas  $\text{As}_4$  dikurangi, (b) gas  $\text{CO}$  ditambah, (c)  $\text{C}$  ditambah, dan (d)  $\text{As}_4\text{O}_6$  dikurangi.



Untuk membuktikan kebenaran informasi tentang pengaruh perubahan konsentrasi pada kesetimbangan reaksi, Perhatikan video percobaan pengaruh perubahan konsentrasi pada reaksi kesetimbangan  $\text{K}_2\text{CrO}_4\text{--K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang akan ditayangkan! 



**Berdasarkan hasil pengamatan kalian, diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil pengamatan serta diskusi kalian!**



.....

- 2) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan larutan apa yang terbentuk?

.....

.....

- 3) Berdasarkan reaksi kesetimbangan kromat-dikromat:  
 $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dari larutan HCl ke dalam campuran yang telah membentuk kesetimbangan dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada kesetimbangan reaksi tersebut?

.....

.....

.....

- 4) Tuliskan perubahan yang terjadi pada campuran kesetimbangan kromat-dikromat setelah ditambahkan larutan NaOH berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....

.....

- 5) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan larutan apa yang terbentuk?

.....

.....

- 6) Berdasarkan reaksi kesetimbangan kromat-dikromat:  
 $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 bagaimana pengaruh penambahan ion  $\text{OH}^-$  dari larutan NaOH yang ditambahkan ke dalam campuran yang telah membentuk kesetimbangan dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada kesetimbangan reaksi tersebut?

.....

.....

.....

- 7) Berikan kesimpulan terhadap hasil pengamatan kalian tentang pengaruh penambahan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  pada arah pergeseran reaksi ketimbangan:  $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  (Berikan tanda  $\checkmark$  pada tabel).

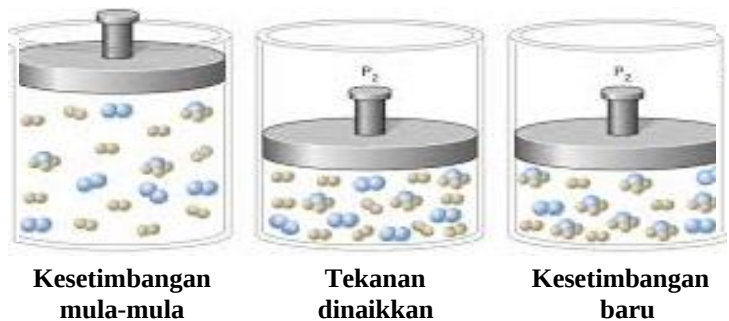
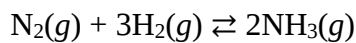
| Perlakuan                  | Warna Larutan |        | Arah Pergeseran Reaksi                       |                                                       |
|----------------------------|---------------|--------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                            | Kuning        | Oranye | Pembentukan Larutan $\text{K}_2\text{CrO}_4$ | Pembentukan Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ |
| Ditambah ion $\text{H}^+$  | .....         | .....  | .....                                        | .....                                                 |
| Ditambah ion $\text{OH}^-$ | .....         | .....  | .....                                        | .....                                                 |

## PENGARUH PERUBAHAN TEKANAN & VOLUME PADA KESETIMBANGAN

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, penambahan/pengurangan tekanan dan volume reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk pada produk yang dihasilkan.

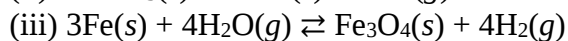
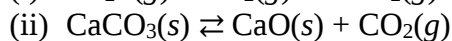
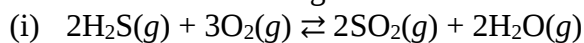
Pengaruh perubahan volume dan tekanan pada kesetimbangan hanya dapat terjadi pada sistem **kesetimbangan fase gas** dan **tidak mempengaruhi sistem kesetimbangan fase padat dan cair**. **Volume** campuran gas **menurun** sesuai **kenaikan tekanan** yang diberikan.

- ☞ Pada reaksi kesetimbangan dengan **jumlah mol (KOEFSIEN) BERBEDA** antara reaktan dan produk, apabila **tekanan dinaikkan** dan **volume berkurang**, maka kesetimbangan bergeser **ke arah jumlah mol (koefisien) yang lebih kecil**. Dan Sebaliknya.
- ☞ Pada reaksi kesetimbangan dengan **jumlah mol (KOEFSIEN) SAMA** antara reaktan dan produk, maka **kesetimbangan tidak bergeser** meskipun terjadi perubahan tekanan dan volume.



Berdasarkan informasi tentang pengaruh volume dan tekanan pada kesetimbangan kimia,

1. Pada reaksi kesetimbangan:



Apa yang terjadi pada masing-masing reaksi kesetimbangan tersebut, apabila: (a) volume ditingkatkan, dan (b) tekanan ditingkatkan.



## Kegiatan 2

Untuk membuktikan kebenaran informasi tentang pengaruh perubahan volume dan tekanan pada kesetimbangan kimia, perhatikan video percobaan pengaruh perubahan tekanan dan volume pada reaksi kesetimbangan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  yang akan ditayangkan!

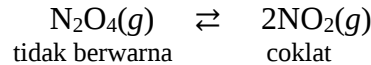


### Percobaan: Pengaruh Volume dan Tekanan pada Keseimbangan Kimia

**Tujuan:** Menentukan pengaruh perubahan volume dan tekanan terhadap reaksi kesetimbangan kimia.

**Keterangan Video:**

Percobaan dalam video ini menunjukkan pengaruh perubahan tekanan atau volume pada kesetimbangan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  yang mana  $\text{N}_2\text{O}_4$  adalah gas tidak berwarna (lebih terang) dan  $\text{NO}_2$  adalah gas berwarna coklat (lebih gelap).



**Tabel Pengamatan:**

| Pengamatan                                                  | Hasil Pengamatan (Warna) |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Campuran $\text{N}_2\text{O}_4$ dan $\text{NO}_2$ mula-mula |                          |
| Penambahan tekanan (pengurangan volume)                     |                          |
| Pengurangan tekanan (penambahan volume)                     |                          |

## Pertanyaan....

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil pengamatan serta diskusi kalian!



- 1) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  ketika tekanan ditambah dan volumenya berkurang berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
.....

- 2) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
.....

- 3) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  ketika tekanan dikurangi dan volumenya bertambah berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
.....

- 4) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
.....

- 5) Berikan kesimpulan terhadap hasil pengamatan kalian tentang perubahan tekanan dan volume pada arah pergeseran reaksi ketimbangan gas:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$ ! (Berikan tanda  $\checkmark$  pada tabel).

| Perlakuan         | Volume    |           | Warna Gas |       | Arah Pergeseran Reaksi                 |                               |                 |                 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|                   | Bertambah | Berkurang | Terang    | Gelap | Pembentukan Gas $\text{N}_2\text{O}_4$ | Pembentukan Gas $\text{NO}_2$ | Koefisien Besar | Koefisien Kecil |
| Tekanan ditambah  |           |           |           |       |                                        |                               |                 |                 |
| Tekanan dikurangi |           |           |           |       |                                        |                               |                 |                 |

## 2. PENGARUH PERUBAHAN SUHU PADA KESETIMBANGAN

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, peningkatan/penurunan suhu reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik maupun buruk pada produk yang dihasilkan.

Pengaruh perubahan suhu pada sistem kesetimbangan ditentukan melalui jenis **entalpi reaksi ( $\Delta H$ )**.

- ☞ Untuk **Reaksi Endotermik ( $\Delta H = +$ )**, **reaksi ke arah produk** adalah **endotermik** dan **reaksi balik ke arah reaktan** adalah **eksotermik**.

Apabila **suhu dinaikkan**, maka kesetimbangan bergeser **ke arah produk**.

Dan Sebaliknya.



- ☞ Untuk **Reaksi Eksotermik ( $\Delta H = -$ )**, **reaksi ke arah produk** adalah **eksotermik** dan **reaksi balik ke arah reaktan** adalah **endotermik**.

Apabila **suhu dinaikkan**, maka kesetimbangan bergeser **ke arah reaktan**.

Dan Sebaliknya.



Berdasarkan informasi tentang pengaruh suhu pada kesetimbangan kimia,

- Pada reaksi kesetimbangan:  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H = -198 \text{ kJ}$ , apabila suhu diturunkan, maka apa yang terjadi pada reaksi kesetimbangan tersebut?
  - Pada reaksi kesetimbangan:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g) \quad \Delta H = 33,2 \text{ kJ}$ , apabila suhu dinaikkan, maka apa yang terjadi pada reaksi kesetimbangan tersebut?



.....

.....

.....

## Kegiatan 3

Untuk membuktikan kebenaran informasi tentang pengaruh perubahan suhu pada kesetimbangan kimia, perhatikan video percobaan pengaruh perubahan suhu pada reaksi kesetimbangan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  yang akan ditayangkan! 

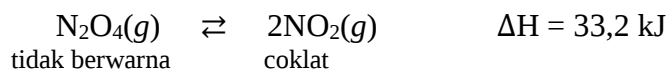


### Percobaan: Pengaruh Suhu pada Kesetimbangan Kimia

**Tujuan:** Menentukan pengaruh perubahan suhu terhadap reaksi kesetimbangan kimia.

#### Keterangan Video:

Percobaan dalam video ini menunjukkan pengaruh perubahan suhu pada kesetimbangan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  yang berlangsung secara endotermik yang mana  $\text{N}_2\text{O}_4$  adalah gas tidak berwarna (lebih terang) dan  $\text{NO}_2$  adalah gas berwarna coklat (lebih gelap).



#### Tabel Pengamatan:

| Pengamatan                                                  | Hasil Pengamatan (Warna) |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Campuran $\text{N}_2\text{O}_4$ dan $\text{NO}_2$ mula-mula |                          |
| Dimasukkan dalam air panas (suhu tinggi)                    |                          |
| Dimasukkan dalam air dingin (suhu rendah)                   |                          |
| Dimasukkan dalam air lebih dingin (suhu sangat rendah)      |                          |

## Pertanyaan....

Berdasarkan hasil pengamatan kalian, diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil pengamatan serta diskusi kalian! 

- 1) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  ketika dimasukkan ke dalam air panas berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....  
.....

- 2) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....  
.....

- 3) Tuliskan perubahan warna yang terjadi pada campuran kesetimbangan gas  $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$  ketika dimasukkan ke dalam air dingin berdasarkan hasil pengamatan kalian?

.....

.....

- 4) Berdasarkan perubahan warna yang terjadi menunjukkan gas apa yang lebih banyak terbentuk?

.....

.....

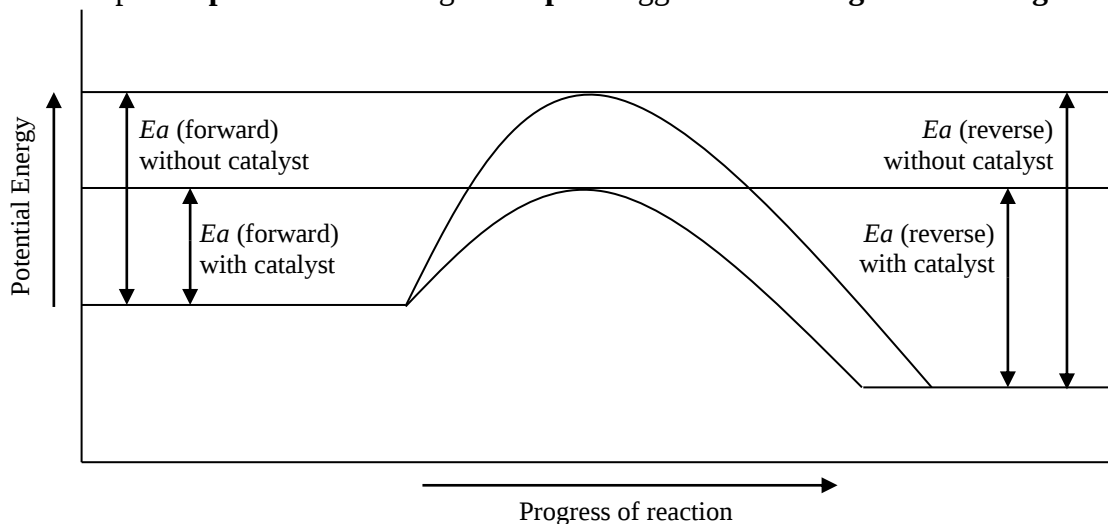
- 5) Berikan kesimpulan dengan tanda  $\checkmark$  pada tabel berikut berdasarkan hasil pengamatan kalian tentang perubahan suhu pada arah pergeseran reaksi ketimbangan gas:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$   $\Delta H = 33,2 \text{ kJ}$

| Perlakuan                                     | Warna Gas |       | Arah Pergeseran Reaksi                 |                               |
|-----------------------------------------------|-----------|-------|----------------------------------------|-------------------------------|
|                                               | Terang    | Gelap | Pembentukan Gas $\text{N}_2\text{O}_4$ | Pembentukan Gas $\text{NO}_2$ |
| Suhu dinaikkan (dimasukkan dalam air panas)   | .....     | ..... | .....                                  | .....                         |
| Suhu diturunkan (dimasukkan dalam air dingin) | .....     | ..... | .....                                  | .....                         |

### 3. PENGARUH KATALIS PADA KESETIMBANGAN

Dalam industri kimia yang melibatkan reaksi kesetimbangan, penambahan katalis dalam reaksi dapat memberikan pengaruh yang baik pada produk yang dihasilkan.

☞ **Penambahan katalis** dapat menurunkan energi aktivasi reaksi ke arah produk dan balik pada reaksi *reversible* sehingga laju reaksi ke arah produk dan balik menjadi sama-sama meningkat secara bersamaan dan **kedaaan setimbang cepat terbentuk**, tetapi **komposisi kesetimbangan tetap** sehingga **kesetimbangan tidak bergeser**.



(Sumber: Effendy. 2010. *A-Level Chemistry* (volume 2A). Malang: Bayumedia. Halaman 164)

Berdasarkan informasi tentang pengaruh katalis pada kesetimbangan kimia,

1. Pada reaksi kesetimbangan:  $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(s)$   $\Delta H = -566 \text{ kJ}$ , apabila ditambahkan katalis Pt, maka apa yang terjadi pada reaksi kesetimbangan tersebut? Bagaimana jumlah masing-masing zat dalam reaksi (meningkat/menurun/tetap), jelaskan!



Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi kesetimbangan kimia sangat penting dalam proses di industri kimia. Pengontrolan faktor-faktor tersebut dengan baik akan dapat memberikan keuntungan yang besar, yaitu dapat memaksimalkan jumlah produksi dengan biaya minimum serta meningkatkan keselamatan kerja dan lingkungan.



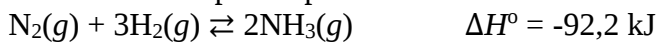
Penerapan faktor-faktor kesetimbangan kimia dalam industri:

### 1. Pembuatan Amonia menurut Proses Haber-Bosch

Istilah proses Haber-Bosch berasal dari nama penemu pembuatan amonia, yaitu Fritz Haber dan Karl Bosch

#### Fritz Haber

✓ Menemukan proses pembuatan amonia melalui reaksi:



(Effendy, :165)

#### Karl Bosch

✓ Mengembangkan pembuatan amonia skala industri

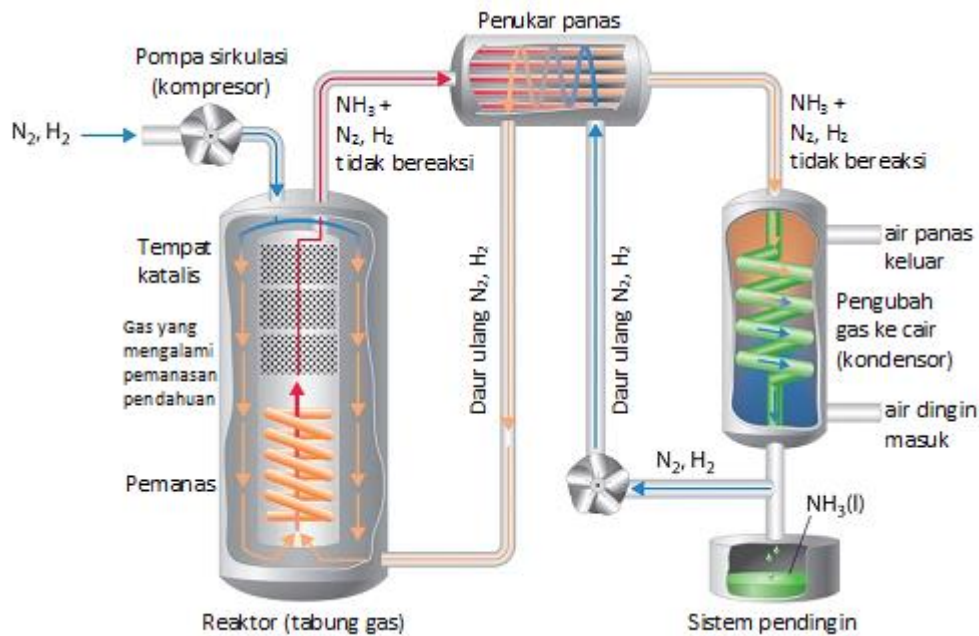
Kondisi optimum:

Tekanan = 200 atm } produk amonia = 5%  
Suhu = 600 °C }

Kondisi yang menguntungkan untuk memperoleh amonia ( $\text{NH}_3$ ) dalam jumlah besar berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan reaksi adalah:

Tekanan = 350 atm  
Suhu = 500 °C  
Katalis =  $\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$  } produk amonia = 30 - 40%

(Effendy, 2007: 165-166)



**Proses Haber-Bosch pada Pembuatan Amonia**

## 2. Pembuatan Asam Sulfat menurut Proses Kontak

Tahapan Reaksi pembuatan asam sulfat:

- (1)  $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$
- (2)  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) \quad \Delta H^\circ = -188,2 \text{ kJ}$
- (3)  $H_2SO_4(aq) + SO_3(g) \rightarrow H_2S_2O_7(l)$
- (4)  $H_2S_2O_7(l) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$

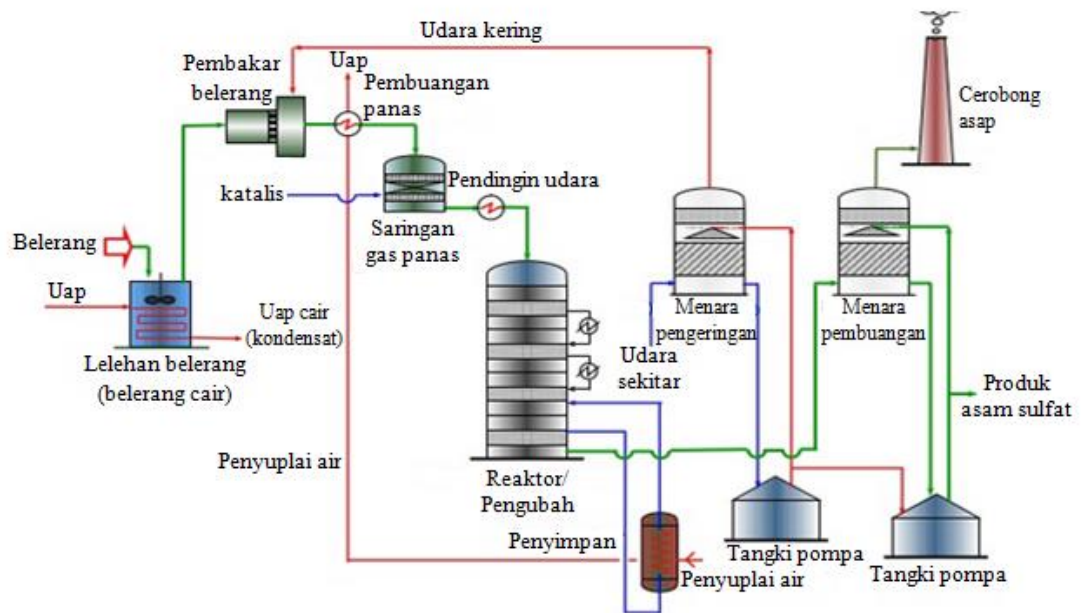
Kondisi yang menguntungkan untuk memperoleh asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dalam jumlah besar berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan reaksi adalah:

Katalis =  $V_2O_5$

Tekanan = 1 atm

Suhu = 420 °C

Pada reaksi tahap 2, ketika diberikan suhu 420 °C,  $SO_2$  mencapai katalis kemudian ketika reaksi dimulai kalor dilepas dan suhu meningkat hingga pada suhu 600 °C terbentuk 60 – 70%  $SO_2$ . Setelah gas didinginkan hingga kembali ke suhu awal (420 °C),  $SO_2$  bereaksi dan menghasilkan 97%  $SO_3$ . (Sudarmo, 2013: 94)



**Proses Kontak pada Pembuatan Asam Sulfat**

Berdasarkan informasi tentang penerapan kesetimbangan kimia dalam industri,

1. Mengapa pada proses pembuatan amonia dan asam sulfat dibutuhkan beberapa kondisi menguntungkan seperti suhu harus rendah, tekanan harus tinggi, dan ditambahkan katalis?



.....

.....

2. Adakah faktor lain yang juga dapat menguntungkan proses industri tersebut menurut pemahaman kalian?



.....

.....

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 4 MODEL EKSPOSITORI

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menghitung tetapan kesetimbangan dari reaksi kesetimbangan.
2. Menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan tetapan kesetimbangan antara reaksi-reaksi kesetimbangan.



# TETAPAN KESETIMBANGAN 1

Pada pertemuan sebelumnya, kalian telah memahami keadaan setimbang. Bagaimana hubungan antara konsentrasi zat reaktan dan produk dalam keadaan setimbang? Apakah hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan suatu persamaan atau tetapan? Kita akan menemukan jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



Seperti yang kita pahami, pada saat reaksi *reversible* telah mencapai keadaan setimbang, konsentrasi antara zat reaktan dan produk adalah tetap. Hubungan antara konsentrasi zat reaktan dan produk dinyatakan oleh hukum kesetimbangan: “**perbandingan hasil kali konsentrasi zat produk dengan zat preaksi dalam keadaan setimbang dengan masing-masing konsentrasi dipangkatkan dengan koefisiennya dalam reaksi kesetimbangan**”.



Nilai dari hukum kesetimbangan tersebut disebut **Tetapan Kesetimbangan ( $K_c$ )**.

Apabila terdapat reaksi kesetimbangan:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

Tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan tersebut adalah:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

dimana:  $[ ] = M$  (molar) = mol/L

Persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) **hanya berlaku** untuk zat reaktan dan produk yang fasenya **gas (g)** dan **larutan (aq)**, sedangkan zat dengan fase **padat (s)** dan **cair (l)** **tidak dimasukkan** dalam persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) karena konsentrasinya selalu tetap selama reaksi berlangsung.

Berdasarkan informasi tentang persamaan tetapan kesetimbangan,

1. Tuliskan persamaan tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan:

- $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$
- $2\text{FeCl}_3(s) + 3\text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3(s) + 6\text{HCl}(g)$
- $\text{As}_4\text{O}_6(s) + 6\text{C}(s) \rightleftharpoons \text{As}_4(g) + 6\text{CO}(g)$



2. Gas hidrogen fluorida (HF) dapat dibuat dari gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan gas fluorin ( $\text{F}_2$ ) dengan membentuk reaksi kesetimbangan:  $\text{H}_2(g) + \text{F}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HF}(g)$   
Pada suhu tertentu konsentrasi gas  $\text{H}_2$ ,  $\text{F}_2$ , dan HF pada keadaan setimbang berturut-turut adalah 0,5 M, 1 M, dan 2 M. Hitunglah nilai tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!



3. Pada sebuah labu tertutup dengan volume 10 liter terdapat gas  $\text{PCl}_5$  yang membentuk kesetimbangan dengan persamaan reaksi:  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$   
Jika pada saat setimbang terdapat 0,2 mol gas  $\text{PCl}_5$ ; 0,3 mol gas  $\text{PCl}_3$ ; dan 0,1 mol gas  $\text{Cl}_2$  hitunglah tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) pada reaksi tersebut!



Pada reaksi kesetimbangan, zat reaktan dan produk dapat dibalik, koefisien reaksinya dapat diubah, dan dihasilkan dari reaksi-reaksi kesetimbangan yang berkaitan. Tetapan kesetimbangan baru yang dihasilkan dapat dihitung melalui persamaan:



Reaksi kesetimbangan **dibalik**  $\Rightarrow K_c = \frac{1}{K_{c1}}$



Koefisien reaksi **dikalikan n**  $\Rightarrow K_c = (K_{c1})^n$



Reaksi berasal dari **penjumlahan reaksi-reaksi** kesetimbangan yang berkaitan  
 $\Rightarrow K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times \dots$

Berdasarkan informasi tentang hubungan tetapan kesetimbangan antar reaksi,

1. Diketahui reaksi: (1)  $2\text{X}_2(g) + \text{Y}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{X}_2\text{Y}(g)$   
(2)  $\text{X}_2\text{Y}(g) \rightleftharpoons \text{X}_2(g) + \frac{1}{2}\text{Y}_2(g)$

Jika nilai  $K_c$  reaksi (1) adalah 2, maka tentukan  $K_c$  reaksi (2)!



2. Diketahui: (1)  $\text{NO}(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{NO}_2(g)$   $K_c = 4$   
 (2)  $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$   $K_c = 8$

Tentukan nilai  $K_c$  reaksi:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g)$



.....

.....

.....

## Pertanyaan....

Untuk memantapkan pemahaman tentang penentuan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dari reaksi kesetimbangan dan agar dapat mengaplikasikan pada proses industri kimia, maka **diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil diskusi kalian!**



- 1) Dalam labu tertutup bervolume 20 liter pada suhu tertentu terdapat 10 mol gas A, 4 mol gas B, 4 mol gas C, dan 5 mol gas D dalam keadaan setimbang menurut persamaan reaksi:  $3\text{A}(s) + \text{B}(g) \rightleftharpoons \text{C}(g) + 2\text{D}(g)$   
 Tentukan tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 2) Sebanyak 0,1 mol HI dimasukkan ke dalam labu tertutup bervolume 1 liter dan dibiarkan terurai menurut reaksi:  $2\text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$   
 Setelah tercapai kesetimbangan,  $\text{I}_2$  yang terbentuk sebesar 0,02 mol.  
 Tentukan tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$  adalah 4.

[illegible]

- $$\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$$

(Catatan: **50%** =  $\alpha$ , Jadikan bentuk **desimal** dan **Ingat**:  $\alpha = \frac{\text{mol terurai}}{\text{mol mula-mula}} = \frac{R}{M}$ )

[illegible]

- Tentukan tetapan kesetimbangan dari reaksi:

- [illegible]

## LEMBAR KEGIATAN PEMBELAJARAN KESETIMBANGAN KIMIA 5 MODEL EKSPOSITORI

### Kompetensi Dasar

- 3.13 Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri dan tetapan kesetimbangan ( $K_c$  dan  $K_p$ ) suatu reaksi.
- 4.13 Membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan yang diterapkan dalam industri.

### Tujuan Pembelajaran

1. Menghitung tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas.
2. Menghitung tetapan kesetimbangan berdasarkan hubungan antara tetapan kesetimbangan dengan tetapan kesetimbangan untuk reaksi gas.
3. Menjelaskan hubungan tetapan kesetimbangan dengan arah reaksi kesetimbangan.
4. Menjelaskan hubungan antara perubahan suhu dengan tetapan kesetimbangan.



## TETAPAN KESETIMBANGAN 2

Pada pertemuan sebelumnya, kalian telah memahami persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ). Apakah jika fase zat dalam reaksi berupa gas, konsentrasi dalam persamaan tetapan kesetimbangan dapat diganti dengan besaran lain? Ingatkah kalian pada persamaan umum gas (gas ideal) yang dipelajari pada Bab Stoikiometri? Bagaimana hubungan antara konsentrasi dengan tekanan gas? Lalu, jika kita kembali pada dua pertemuan sebelumnya, kalian telah memahami pergeseran kesetimbangan karena pengaruh faktor-faktor kesetimbangan. Apakah pergeseran arah reaksi dapat mempengaruhi harga tetapan kesetimbangan? Bagaimana pengaruh perubahan harga tetapan kesetimbangan pada proses industri kimia? Kita akan menemukan jawabannya dalam pembelajaran pada pertemuan kali ini!



Reaksi kesetimbangan yang fase zat reaktan dan zat produk adalah gas, tetapan kesetimbangan reaksinya dapat menggunakan **Tekanan Parsial** gas ( $K_p$ ), karena konsentrasi molar gas sebanding dengan tekanan parsial gas.

Persamaan umum gas  $pV = nRT$

Jadi,

Apabila terdapat reaksi kesetimbangan:  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$

Tetapan kesetimbangan untuk reaksi kesetimbangan gas tersebut adalah:

$$K_p = \frac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b}$$

dimana:  $p$  = tekanan parsial (atm)

Tekanan parsial ( $p$ ) juga dapat diperoleh melalui persamaan.

Misalnya untuk tekanan parsial zat A:  $p_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$

dengan cara yang sama dapat diperoleh  $p_B$ ,  $p_C$ , dan  $p_D$  dengan mengganti mol A dengan mol B, mol C, dan mol D.

Tekanan total merupakan jumlah total tekanan parsial zat-zat pada kesetimbangan:

$$P_{\text{total}} = p_A + p_B + p_C + p_D$$

Berdasarkan informasi tentang tetapan kesetimbangan reaksi gas,

- 1) Tuliskan persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_p$ ) pada reaksi kesetimbangan tahapan proses industri pembuatan asam sulfat:  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$



- 2) Perhatikan reaksi kesetimbangan pada pembuatan gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) melalui penguraian gas dinitrogen tetraoksida ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) berikut:  $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$   
Pada saat kesetimbangan tercapai, tekanan parsial gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dan  $\text{NO}_2$  berturut-turut adalah 2 atm dan 0,5 atm. Tentukan  $K_p$  reaksi tersebut!



- 3) Pembuatan amonia ( $\text{NH}_3$ ) pada skala laboratorium dapat dilakukan dengan memasukkan 1 mol gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dan 1 mol gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) ke dalam labu tertutup bervolume 1 liter dengan tekanan total 1 atm yang bereaksi menurut persamaan:  $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ .  
Pada akhir reaksi ternyata terdapat 0,5 mol gas  $\text{NH}_3$  pada kesetimbangan. Tentukan  $K_p$  reaksi tersebut!



Tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) mempunyai hubungan dengan tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ) yang dinyatakan dengan:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

dimana:  $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ;  $T$  = suhu ( $K = ^\circ\text{C} + 273$ ), dan

$\Delta n = \text{koefisien produk} - \text{koefisien reaktan.}$

Berdasarkan informasi tentang hubungan  $K_c$  dan  $K_p$ ,

1) Diketahui reaksi kesetimbangan:  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$

Jika harga  $K_c$  pada suhu  $27^\circ\text{C}$  adalah  $1 \times 10^{-2}$ , tentukan harga  $K_p$ !



.....

.....

.....

.....

Suatu reaksi *reversible* yang belum setimbang, arah reaksinya (**ke kanan/ke kiri/setimbang**) dapat ditentukan melalui **perbandingan** harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan harga tetapan reaksi pada segala kondisi (*quosien* reaksi/ $Q_c$ ).

**Persamaan *quosien* reaksi ( $Q_c$ ) = Persamaan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ )**

Untuk reaksi kesetimbangan:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

$$Q_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Jika:

$Q_c = K_c \Rightarrow$  reaksi **setimbang** (membentuk kesetimbangan).

$Q_c < K_c \Rightarrow$  reaksi **ke arah kanan** hingga membentuk kesetimbangan.

$Q_c > K_c \Rightarrow$  reaksi **ke arah kiri** hingga membentuk kesetimbangan.

**CATATAN:**

**Jika diketahui tekanan parsial zat, maka hubungan kuantitatif zat-zat dalam reaksi pada segala kondisi dinyatakan dengan  $Q_p$  dan pada keadaan kesetimbangan dinyatakan dengan  $K_p$  serta definisi perbandingan antara  $Q_p$  dan  $K_p$  sama dengan  $Q_c$  dan  $K_c$ .**

Berdasarkan informasi tentang hubungan tetapan kesetimbangan dengan pergeseran arah reaksi kesetimbangan,

1) Harga  $K_c$  untuk reaksi:  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HI}(g)$  pada suhu  $458^\circ\text{C}$  adalah 49.

Jika dalam labu tertutup bervolume 1 liter terdapat 2 mol  $\text{H}_2$ , 2 mol  $\text{I}_2$ , dan 4 mol HI, tentukan apakah campuran membentuk kesetimbangan atau jika tidak membentuk kesetimbangan maka ke arah mana reaksi cenderung bergeser untuk membentuk kesetimbangan?



.....

.....

.....

.....

**Tetapan kesetimbangan** dari reaksi kesetimbangan dapat dipengaruhi oleh **suhu** yang merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penggeseran arah kesetimbangan.

Apabila **perubahan suhu** menyebabkan reaksi bergeser **ke arah produk**, maka jumlah produk akan meningkat dan menyebabkan **harga  $K_c$  dan  $K_p$  semakin besar**, dan sebaliknya. Kenapa demikian??

karena sesuai hukum kesetimbangan (persamaan tetapan kesetimbangan), nilai **tetapan kesetimbangan sebanding dengan konsentrasi dan tekanan parsial zat produk..**

Berdasarkan informasi tentang hubungan perubahan suhu dengan harga tetapan kesetimbangan,

- 1) Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut:  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HI}(g)$   $\Delta H = -273 \text{ kJ}$   
Pada suhu  $458^\circ\text{C}$  harga  $K_p$  reaksi tersebut adalah 49. Bagaimana harga  $K_p$  reaksi jika suhu dinaikkan menjadi  $700^\circ\text{C}$  ( $K_p = 49$ ;  $K_p > 49$ ; atau  $K_p < 49$ )? Jelaskan!



.....

.....

.....

## Pertanyaan....

Untuk memantapkan pemahaman tentang penentuan tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ), hubungan  $Q_c$  atau  $Q_p$  dengan  $K_c$  atau  $K_p$ , dan perubahan suhu dengan harga  $K_c$  atau  $K_p$ , serta agar dapat mengaplikasikan pada proses industri kimia, maka **diskusikan jawaban pertanyaan berikut dan presentasikan hasil diskusi kalian!**



- 1) Pada  $525^\circ\text{C}$  harga  $K_p$  reaksi kesetimbangan:  $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$  adalah 0,36. Jika gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2$  masing-masing sebanyak 1 mol ditempatkan dalam labu tertutup dengan tekanan 2 atm hingga mencapai kesetimbangan, berapa tekanan parsial masing-masing gas pada kesetimbangan?

.....

.....

.....

.....

- 2) Perhatikan reaksi kesetimbangan:  $2\text{S}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$ .  
Jika pada suhu  $227^\circ\text{C}$ , ke dalam labu tertutup bervolume 2 liter direaksikan 5 mol S dengan 4 mol  $\text{O}_2$  dan pada kesetimbangan terdapat 2 mol  $\text{SO}_3$ , maka tentukan harga  $K_c$  dan  $K_p$ ! (diketahui:  $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )

.....

.....

.....

.....

$$K_c = 57.$$

Pada percobaan dihasilkan data berikut:

| Percobaan | [H <sub>2</sub> ] (mol/L) | [I <sub>2</sub> ] (mol/L) | [HI] (mol/L) |
|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| 1         | 0,02                      | 0,02                      | 0,18         |
| 2         | 0,03                      | 0,015                     | 0,16         |
| 3         | 0,04                      | 0,035                     | 0,24         |

Tentukan nilai  $Q_c$  dari ketiga data percobaan tersebut dan arah reaksinya (ke kanan/ke kiri/setimbang)!

[illegible]

4) Diketahui reaksi kesetimbangan:  $2\text{S(s)} + 3\text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_3\text{(g)}$

Data harga  $K_p$  reaksi kesetimbangan tersebut pada berbagai suhu adalah:

| Suhu (K) | $K_p$              |
|----------|--------------------|
| 300      | $5 \times 10^8$    |
| 500      | $1 \times 10^{-5}$ |
| 700      | $8 \times 10^{-7}$ |

Berdasarkan data tersebut:

- Hitung harga  $K_c$  pada masing-masing suhu tersebut.  
(diketahui:  $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ).
- Jelaskan jenis reaksinya (eksotermik atau endotermik).
- Jelaskan kemana arah pergeseran reaksi akibat kenaikan suhu sehingga mempengaruhi perubahan harga  $K_p$ .

[illegible]



### Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains

| No. | Aspek Keterampilan Ilmiah | Indikator                                                                                        | Nomor Soal | SOAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kunci |
|-----|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.  | Mengidentifikasi variabel | Mengidentifikasi variabel terikat, bebas, dan kontrol dari deskripsi investigasi yang diberikan. |            | <p><b>Pertanyaan nomor 1, 2, dan 3 berhubungan dengan investigasi berikut.</b><br/> Pada suhu kamar, gas dinitrogen tetraoksida (<math>\text{N}_2\text{O}_4</math>) yang tidak berwarna, mudah mengurai menjadi gas nitrogen dioksida (<math>\text{NO}_2</math>) yang berwarna coklat dengan membentuk sistem kesetimbangan menurut persamaan reaksi: <math>\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)</math>.<br/> Sekelompok siswa ingin membuktikan dan menyelidiki pengaruh suhu pada penguraian gas tersebut, yaitu apakah benar gas dinitrogen tertaoksida mudah terurai pada suhu kamar dan apa yang terjadi jika gas dinitrogen tetraoksida diletakkan pada suhu di atas atau di bawah suhu kamar. Mereka menyiapkan empat tabung tertutup dengan ukuran sama, masing-masing berisi gas dinitrogen tetraoksida (<math>\text{N}_2\text{O}_4</math>) dengan volume sama. Tabung pertama dicelupkan ke dalam beaker glass berisi air dengan suhu <math>80^\circ\text{C}</math>, tabung kedua dicelupkan ke dalam es yang dicampur garam dengan suhu <math>-5^\circ\text{C}</math>, tabung ketiga dicelupkan pada es kering dengan suhu <math>-27^\circ\text{C}</math>, dan tabung keempat dibiarkan dalam suhu kamar dengan diletakkan pada rak tabung.</p> |       |
|     |                           |                                                                                                  | 1          | <p>Apa dampak yang diamati dari perubahan suhu yang akan diselidiki pada percobaan tersebut?</p> <p>A. Perubahan warna gas (jenis gas)<br/> B. Kecepatan perubahan warna gas<br/> C. Perubahan volume gas<br/> D. Perbedaan jenis gas awal yang digunakan<br/> E. Perubahan suhu awal dan suhu akhir gas</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | A     |
|     |                           |                                                                                                  | 2          | <p>Faktor-faktor yang diselidiki dalam percobaan tersebut adalah....</p> <p>A. Perubahan suhu dan jenis gas awal yang digunakan</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | E     |

|    |                      |                                                                                                        |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |
|----|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |                      |                                                                                                        | 3 | <p>B. Perubahan warna gas (jenis gas) dan volume gas yang digunakan</p> <p>C. Volume gas yang digunakan dan jenis gas yang digunakan</p> <p>D. Jenis gas yang digunakan dan warna gas yang digunakan</p> <p>E. Perubahan suhu dan perubahan warna gas (jenis gas)</p> <p>Faktor manakah yang dibuat tetap sama pada percobaan tersebut?</p> <p>A. Volume gas yang digunakan dan suhu gas</p> <p>B. Volume gas dan jenis gas yang digunakan</p> <p>C. Volume gas dan perubahan warna gas</p> <p>D. Suhu gas dan jenis gas yang digunakan</p> <p>E. Suhu gas dan kecepatan perubahan warna gas</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | B |
|    |                      | Mengidentifikasi variabel bebas yang sesuai dengan variabel terikat yang diberikan dari suatu masalah. | 4 | <p>Seorang peneliti ingin meningkatkan jumlah produk gas <math>\text{SO}_3</math> sebagai bahan baku pembuatan asam sulfat. Persamaan reaksi pembentukan gas <math>\text{SO}_3</math> sebagai berikut:</p> $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H = -188,2 \text{ kJ}$ <p>Peneliti tersebut melakukan tiga kali percobaan pada reaktor (tabung gas) yang sama. Suhu pada percobaan pertama 473K, suhu pada percobaan kedua 623K, dan suhu pada percobaan ketiga 800K. Banyaknya gas <math>\text{SO}_2</math> dan gas <math>\text{O}_2</math> yang dialirkan pada reaktor serta tekanan pada tiga kali percobaan tersebut dibuat sama. Peneliti mencatat konsentrasi gas <math>\text{SO}_3</math> yang dihasilkan setiap akhir percobaan.</p> <p>Manakah faktor berikut yang mempengaruhi peningkatan gas <math>\text{SO}_3</math> yang diproduksi pada percobaan tersebut?</p> <p>A. Volume reaktor (tabung gas reaksi)</p> <p>B. Suhu pada saat percobaan</p> <p>C. Tekanan pada saat percobaan</p> <p>D. Konsentrasi gas <math>\text{SO}_2</math> yang dialirkan</p> <p>E. Konsentrasi gas <math>\text{O}_2</math> yang dialirkan</p> | B |
| 2. | Menetapkan hipotesis | Mengidentifikasi hipotesis dari suatu                                                                  | 5 | <p>Sekelompok siswa mengamati video tentang reaksi kesetimbangan:</p> $\text{Fe}^{3+}(aq) + \text{SCN}^-(aq) \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}(aq)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | C |



|    |                                 |                                                                                                              |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |
|----|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |                                 | masalah berdasarkan variabel terikat spesifik yang diberikan.                                                | 8 | <p> <math>2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta\text{H} = -90 \text{ kJ}</math><br/>           Dia mempelajari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah produk (metanol) pada reaksi kesetimbangan tersebut.<br/>           Manakah pernyataan berikut yang dapat diuji oleh peneliti tersebut?<br/>           A. Penggunaan reaktor bervolume besar dapat menurunkan produksi metanol<br/>           B. Penggunaan suhu tinggi dapat meningkatkan jumlah gas <math>\text{H}_2</math> dan <math>\text{I}_2</math><br/>           C. Penggunaan suhu rendah dapat memperlambat pembentukan metanol<br/>           D. Penggunaan tekanan tinggi dapat meningkatkan jumlah produksi metanol<br/>           E. Penggunaan gas <math>\text{H}_2</math> berkonsentrasi kecil dapat menurunkan produksi metanol<br/>           Seorang guru ingin menunjukkan kepada siswanya faktor yang dapat mempengaruhi kenaikan harga tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) untuk reaksi:<br/> <math>\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta\text{H} = 33,2 \text{ kJ}</math><br/>           Harga <math>K_c</math> reaksi kesetimbangan tersebut pada suhu <math>25^\circ\text{C}</math> adalah <math>4,6 \times 10^{-3}</math>.<br/>           Berdasarkan persamaan tetapan kesetimbangannya, harga <math>K_c</math> berbanding lurus dengan konsentrasi gas <math>\text{NO}_2</math>.<br/>           Guru bermaksud mengajak siswanya melakukan percobaan untuk mencari faktor yang dapat mempengaruhi kenaikan <math>K_c</math>.<br/>           Manakah pernyataan berikut yang dapat diuji dalam percobaan tersebut?<br/>           A. Penambahan suhu dapat meningkatkan konsentrasi gas <math>\text{NO}_2</math><br/>           B. Penambahan tekanan dapat menurunkan konsentrasi gas <math>\text{NO}_2</math><br/>           C. Penurunan konsentrasi gas <math>\text{N}_2\text{O}_4</math> dapat menurunkan konsentrasi gas <math>\text{NO}_2</math><br/>           D. Penurunan volume total gas dapat meningkatkan jumlah gas <math>\text{N}_2\text{O}_4</math><br/>           E. Penambahan katalis dapat meningkatkan laju reaksi kesetimbangan         </p> | A |
| 3. | Menetapkan definisi operasional | Mengidentifikasi cara suatu variabel didefinisikan secara operasional berdasarkan deskripsi investigasi yang | 9 | <p>           Seorang guru mendemonstrasikan pengaruh volume terhadap pergeseran kesetimbangan dengan menggunakan campuran gas <math>\text{NO}_2</math>-<math>\text{N}_2\text{O}_4</math> pada <i>syringe</i> (alat suntik). Gas <math>\text{NO}_2</math> dengan warna coklat (gelap) dapat membentuk kesetimbangan dengan gas <math>\text{N}_2\text{O}_4</math> yang tidak berwarna (terang) dengan persamaan reaksi:<br/> <math>2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})</math><br/>           Guru memasukkan gas <math>\text{NO}_2</math> ke dalam <i>syringe</i> hingga volume 70 mL kemudian menutup ujung <i>syringe</i> agar gas tidak keluar. Guru mendemonstrasikan pada siswa         </p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | B |

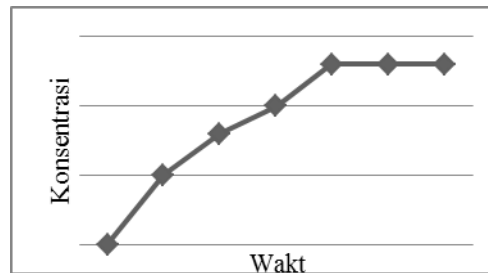
|    |                                          |                                                                |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |
|----|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |                                          | diberikan.                                                     |    | <p>dan meminta siswa untuk mengamati perubahan warna saat guru menekan syringe hingga volume <i>syringe</i> menjadi 20 mL.</p>  <p>Bagaimana cara untuk mengetahui terjadinya pergeseran kesetimbangan pada demonstrasi tersebut?</p> <p>A. dengan memberikan tekanan pada <i>syringe</i><br/> B. dengan mengidentifikasi perubahan warna gas pada <i>syringe</i><br/> C. dengan menambah volume gas NO<sub>2</sub> pada <i>syringe</i><br/> D. dengan menambah volume gas N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pada <i>syringe</i><br/> E. dengan menghitung volume awal dikurangi volume akhir</p> <p>Seorang siswa ingin mengetahui apakah reaksi antara kalium kromat (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) dengan HCl merupakan reaksi <i>reversible</i>. Siswa tersebut memasukkan 6 mL larutan K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> pada tabung reaksi dan mengamati warnanya. Kemudian menambahkan beberapa tetes larutan HCl dan mencatat perubahan warna yang terjadi. Setelah itu, dia menambahkan beberapa tetes larutan KOH ternyata warna larutan kembali seperti warna awal sebelum ditambahkan larutan HCl. Bagaimana cara siswa tersebut mengetahui bahwa reaksi antara K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> dengan HCl adalah reaksi <i>reversible</i>?</p> <p>A. Dengan membandingkan warna HCl dengan warna K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> + HCl dan KOH<br/> B. Dengan membandingkan warna KOH dengan warna K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> + KOH<br/> C. Dengan membandingkan warna awal K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> dengan warna K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> + HCl<br/> D. Dengan membandingkan warna awal K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> dengan warna K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> + HCl dan KOH<br/> E. Dengan membandingkan warna HCl dengan warna K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> + KOH</p> | D |
| 4. | Membuat grafik dan menginterpretasi data | Mengidentifikasi grafik yang menggambarkan data dari deskripsi | 11 | <p>Sekelompok siswa melakukan percobaan pada reaksi:</p> $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ <p>Mereka mencatat konsentrasi ion Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> pada saat reaksi belum berlangsung hingga diperoleh konsentrasi tetap dalam Tabel berikut:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | A |

investigasi yang diberikan.

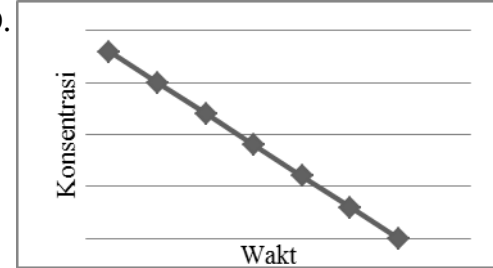
|                                                         |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Waktu (menit)                                           | 0    | 1    | 3    | 6    | 12   | 15   | 20   |
| [Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> ] (mol/L) | 0,00 | 0,50 | 0,80 | 1,00 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |

Manakah grafik yang menggambarkan data hasil percobaan tersebut?

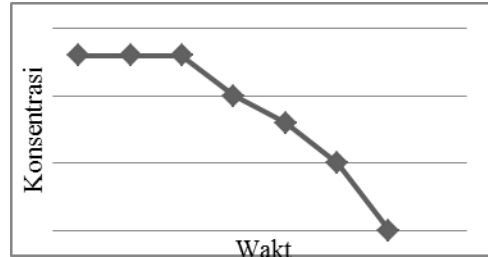
A.



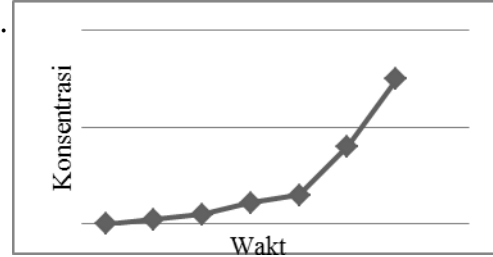
D.



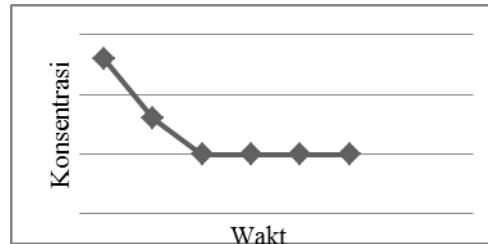
B.



E.



C.

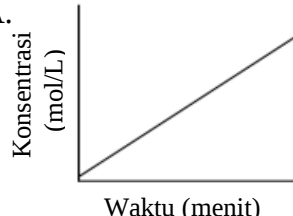
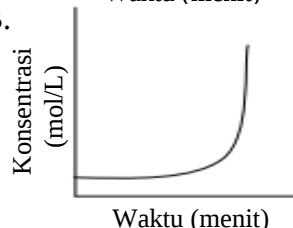
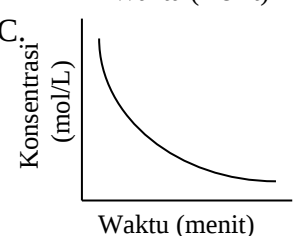
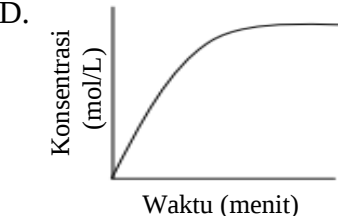
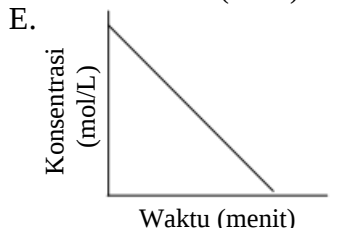


12

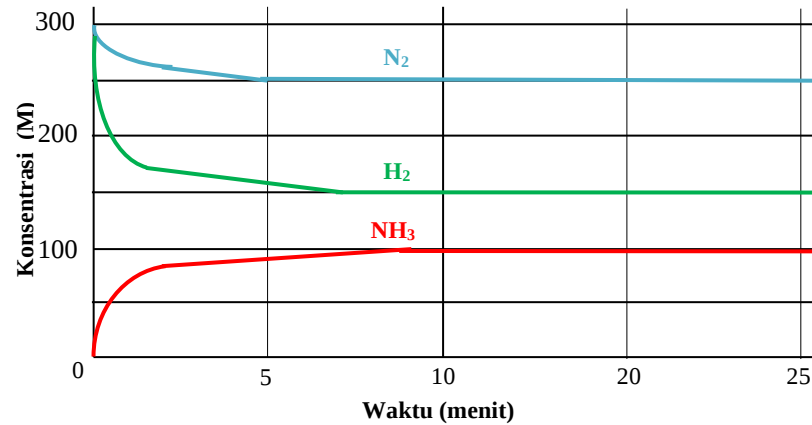
Seorang siswa melakukan percobaan tentang reaksi pembentukan gas amonia dari gas nitrogen dan gas hidrogen. Dia mencatat konsentrasi gas amonia yang terbentuk dalam Tabel berikut:

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Waktu (menit) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

D

|                            |   |                                                                     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |    |    |    |    |    |    |  |
|----------------------------|---|---------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|--|
|                            |   |                                                                     |    | <table><tr><td>Konsentrasi amonia (mol/L)</td><td>0</td><td>14</td><td>23</td><td>31</td><td>38</td><td>38</td></tr></table> <p>Manakah grafik yang menggambarkan data hasil percobaan tersebut?</p> <p>A. </p> <p>B. </p> <p>C. </p> <p>D. </p> <p>E. </p> | Konsentrasi amonia (mol/L) | 0  | 14 | 23 | 31 | 38 | 38 |  |
| Konsentrasi amonia (mol/L) | 0 | 14                                                                  | 23 | 31                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 38                         | 38 |    |    |    |    |    |  |
|                            |   | Mengidentifikasi hubungan antara variabel-variabel pada grafik atau | 13 | <p>Seorang guru menunjukkan kepada siswanya hasil percobaan reaksi antara gas nitrogen dan hidrogen membentuk gas amonia dengan persamaan reaksi:</p> $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ <p>Data hasil percobaan tersebut disajikan dalam grafik berikut:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | C                          |    |    |    |    |    |    |  |

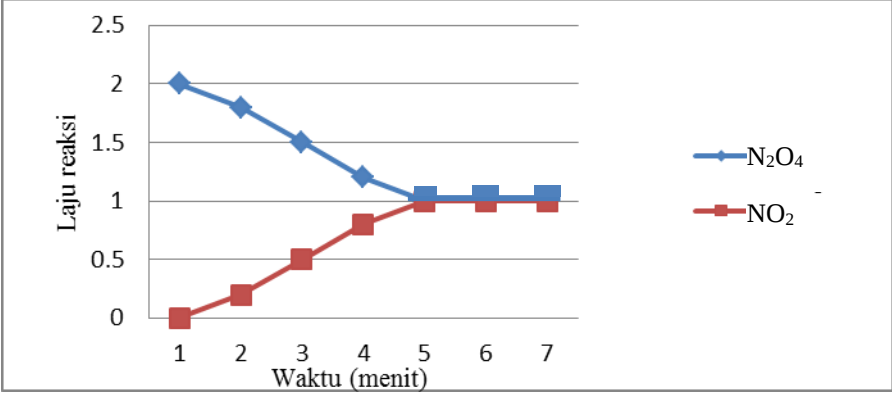
tabel data percobaan yang diberikan.



Apabila ditinjau dari konsentrasi masing-masing gas, reaksi telah mencapai keadaan setimbang jika konsentrasi semua gas nilainya tetap sama.

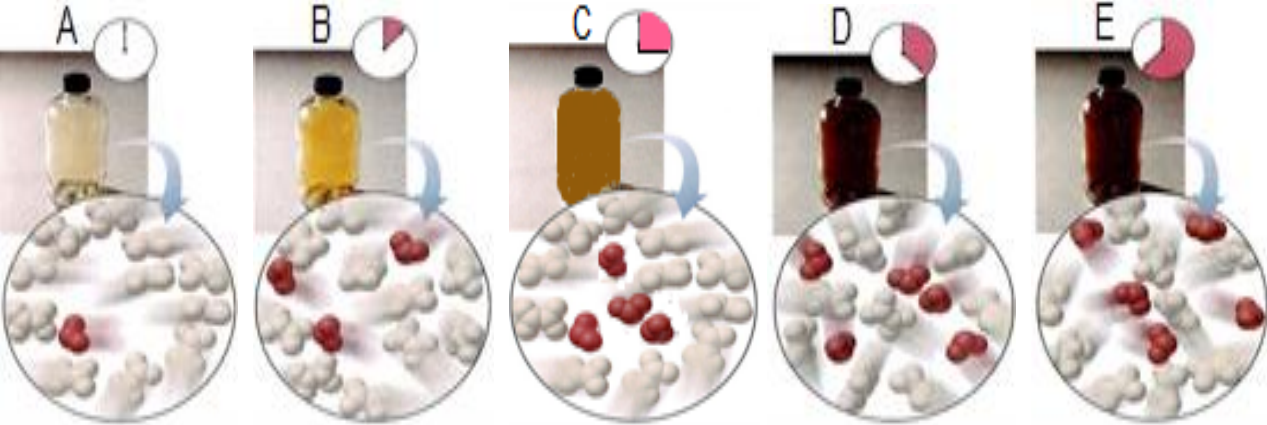
Manakah pernyataan berikut yang mendeskripsikan bahwa reaksi telah mencapai kesetimbangan?

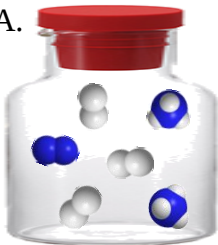
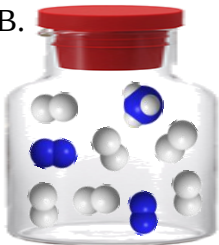
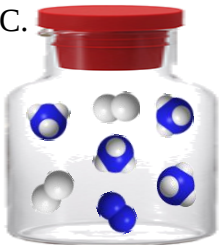
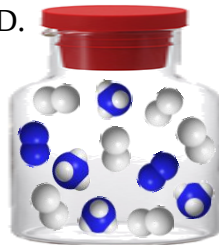
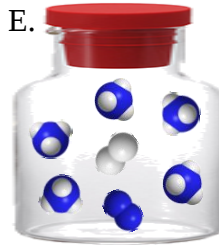
- A. Reaksi mulai mencapai kesetimbangan pada menit ke-0
- B. Reaksi mulai mencapai kesetimbangan pada menit ke-5
- C. Reaksi mulai mencapai kesetimbangan pada menit ke-10
- D. Reaksi mulai mencapai kesetimbangan pada menit ke-20
- E. Reaksi mulai mencapai kesetimbangan pada menit ke-25

|    |                     |                                                                          |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |
|----|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |                     |                                                                          | 14 | <p>Perhatikan grafik hasil pengamatan terhadap laju reaksi: <math>\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)</math></p>  <p>Apabila ditinjau dari laju reaksinya, reaksi telah mencapai keadaan setimbang jika laju reaksi ke arah produk dan ke arah reaktan nilainya sama besar. Jadi, berdasarkan grafik hasil pengamatan tersebut, pada menit ke berapa reaksi penguraian <math>\text{N}_2\text{O}_4</math> menjadi <math>\text{NO}_2</math> mulai mencapai keadaan setimbang?</p> <p>A. Menit ke-1<br/>B. Menit ke-3<br/>C. Menit ke-5<br/>D. Menit ke-6<br/>E. Menit ke-7</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | C |
| 5. | Merancang percobaan | Memilih rancangan percobaan yang sesuai dengan hipotesis yang diberikan. | 15 | <p>Sekelompok siswa ingin membuktikan reaksi kesetimbangan dapat bergeser ke sisi yang konsentrasinya lebih kecil. Dia menggunakan kesetimbangan kromat-dikromat menurut persamaan reaksi: <math>2\text{CrO}_4^{2-}(aq) + 2\text{H}^+(aq) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)</math></p> <p>Larutan kromat (<math>\text{CrO}_4^{2-}</math>) berwarna kuning dan larutan dikromat (<math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}</math>) berwarna oranye. Bagaimana rancangan percobaan yang dapat diuji oleh siswa tersebut?</p> <p>A. Menambahkan ion <math>\text{CrO}_4^{2-}</math> ke dalam campuran kesetimbangan kromat-dikromat untuk membuktikan adanya perubahan warna menjadi kuning<br/>B. Menambahkan ion <math>\text{H}^+</math> ke dalam campuran kesetimbangan kromat-dikromat untuk membuktikan adanya perubahan warna menjadi semakin oranye<br/>C. Menambahkan ion <math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}</math> ke dalam campuran kesetimbangan kromat-dikromat untuk membuktikan adanya perubahan warna menjadi oranye</p> | B |

|  |  |  |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |
|--|--|--|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|  |  |  | 16 | <p>D. Menambahkan ion <math>H^+</math> ke dalam campuran kesetimbangan kromat-dikromat untuk membuktikan adanya perubahan warna menjadi kuning</p> <p>E. Menambahkan air (<math>H_2O</math>) ke dalam campuran kesetimbangan kromat-dikromat untuk membuktikan adanya perubahan warna menjadi semakin oranye</p> <p>Sekelompok siswa akan melakukan percobaan tentang reaksi antara gas <math>N_2</math> dan gas <math>H_2</math> yang berlangsung secara eksotermik menurut persamaan reaksi:</p> $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H = -92,4 \text{ kJ}$ <p>Guru mengatakan bahwa peningkatan jumlah produk pada reaksi kesetimbangan yang berlangsung secara eksotermik berbanding terbalik dengan kenaikan suhu.</p> <p>Bagaimana rancangan percobaan yang dapat diuji oleh siswa untuk membuktikan informasi dari guru mereka agar dapat dihasilkan produk reaksi dalam jumlah besar?</p> <p>A. Mereaksikan zat dalam beberapa tabung reaksi tertutup dengan konsentrasi dan volume sama, kemudian meletakkan masing-masing tabung dalam penangas es yang suhunya diatur semakin rendah untuk membandingkan jumlah produk</p> <p>B. Mereaksikan zat dalam beberapa tabung reaksi tertutup dengan konsentrasi dan volume sama, kemudian meletakkan masing-masing tabung dalam penangas air yang suhunya diatur semakin naik untuk membandingkan jumlah produk</p> <p>C. Mereaksikan zat dalam beberapa tabung reaksi terbuka dengan konsentrasi dan volume sama, kemudian meletakkan masing-masing tabung dalam penangas air pada suhu kamar untuk membandingkan jumlah produk</p> <p>D. Mereaksikan zat dalam beberapa tabung reaksi terbuka dengan konsentrasi dan volume sama, kemudian meletakkan masing-masing tabung dalam penangas air pada suhu kamar dan air panas untuk membandingkan jumlah produk</p> <p>E. Mereaksikan zat dalam beberapa tabung reaksi tertutup dengan konsentrasi dan volume sama, kemudian meletakkan masing-masing tabung di atas api secara langsung pada berbagai suhu untuk membandingkan jumlah produk</p> | A |
|--|--|--|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

## INSTRUMEN TES KESETIMBANGAN KIMIA

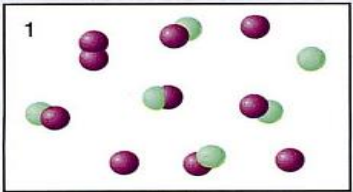
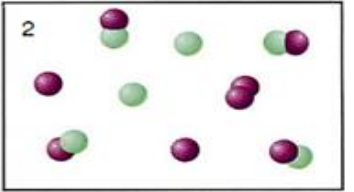
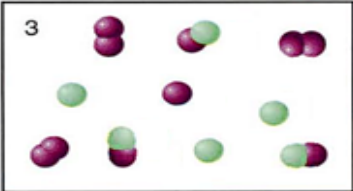
| NO. | INDIKATOR SOAL                                                                      | SOAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | TINGKAT KOGNITIF | KUNCI |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|
| 1.  | Menjelaskan tercapainya keadaan setimbang pada reaksi reversible.                   | Pembentukan gas NO merupakan reaksi <i>reversible</i> dengan persamaan reaksi: $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$<br>Apabila reaksi <i>reversible</i> tersebut telah mencapai keadaan setimbang, maka pernyataan yang tepat adalah....<br>A. Laju reaksi ke arah pembentukan gas NO sama dengan tetapan kesetimbangan<br>B. Laju reaksi ke arah pembentukan gas NO dan ke arah pembentukan gas N <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> sama dengan nol<br>C. Laju reaksi ke arah pembentukan gas NO sama dengan ke arah pembentukan gas N <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub><br>D. Konsentrasi gas N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , dan NO sama dengan tetapan kesetimbangan<br>E. Konsentrasi gas N <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> sama dengan konsentrasi gas NO | C2               | C     |
| 2.  | Mengidentifikasi terbentuknya kesetimbangan pada ilustrasi partikulat campuran gas. | Perhatikan gambaran partikulat tahapan reaksi yang terjadi pada penguraian gas dinitrogen tetraoksida menjadi gas nitrogen dioksida berikut:<br><br>(Keterangan:  = dinitrogen tetraoksida;  = nitrogen dioksida)<br>Gambar yang menunjukkan kesetimbangan mulai terbentuk adalah....<br>A. Gambar A                                                  D. Gambar D                                                                                                                                         | C2               | D     |

|    |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
|    |                                                                                                                 | B. Gambar B<br>C. Gambar C<br>E. Gambar E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |   |
| 3. | Menjelaskan pengaruh perubahan volume pada pergeseran reaksi kesetimbangan.                                     | Perhatikan persamaan reaksi kesetimbangan: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$<br>Apabila volume diperkecil pada suhu tetap, maka yang akan terjadi adalah....<br>A. Tetapan kesetimbangan bertambah<br>B. Tekanan parsial $\text{H}_2$ dan $\text{I}_2$ berkurang<br>C. Jumlah mol $\text{H}_2$ dan $\text{I}_2$ berkurang<br>D. Jumlah mol HI bertambah<br>E. Jumlah mol $\text{H}_2$ , $\text{I}_2$ , dan HI tetap                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | C2 | E |
| 4. | Mendeskripsikan pengaruh perubahan suhu pada reaksi kesetimbangan menggunakan gambaran partikulat campuran gas. | Diketahui reaksi kesetimbangan: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta\text{H} = -92,4 \text{ kJ}$<br>Gambaran partikulat campuran gas yang menunjukkan pengaruh kenaikan suhu pada reaksi kesetimbangan tersebut adalah.... (diketahui: $\text{N}_2 = \text{blue-blue}$ ; $\text{H}_2 = \text{white-white}$ ; $\text{NH}_3 = \text{blue-white}$ )<br>A.  B.  C.  D.  E.  | C2 | B |
| 5. | Menjelaskan pengaruh penambahan konsentrasi salah satu zat pada reaksi kesetimbangan.                           | Dalam labu tertutup pada suhu $750^\circ\text{C}$ terdapat reaksi kesetimbangan:<br>$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$<br>Apabila ke dalam labu ditambahkan gas $\text{CO}_2$ , maka....<br>A. Konsentrasi CO menjadi berkurang<br>B. Konsentrasi $\text{H}_2$ menjadi bertambah<br>C. Konsentrasi $\text{H}_2\text{O}$ menjadi bertambah<br>D. Konsentrasi CO dan $\text{H}_2\text{O}$ menjadi berkurang<br>E. Konsentrasi CO, $\text{H}_2\text{O}$ , dan $\text{H}_2$ tetap                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | C2 | C |

|    |                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
| 6. | Menjelaskan pengaruh katalis pada reaksi kesetimbangan.                                             | <p>Industri perakitan kendaraan bermotor menggunakan katalis platina (Pt) pada mesin pengubah katalitik untuk mempercepat reaksi oksidasi karbon monoksida (CO) hasil pembakaran dan menstabilkan jumlah gas-gas dalam reaksi agar tetap setimbang menurut persamaan reaksi:</p> $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \xrightleftharpoons{\text{Pt}} 2\text{CO}_2(g)$ <p>Apabila campuran gas CO, O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> yang membentuk kesetimbangan tersebut ditempatkan dalam labu tertutup pada volume dan tekanan tetap, maka bagaimana pengaruh katalis Pt pada jumlah masing-masing gas?</p> <p>A. Jumlah CO<sub>2</sub> semakin meningkat<br/> B. Jumlah CO semakin menurun<br/> C. Jumlah O<sub>2</sub> semakin meningkat<br/> D. Jumlah CO, O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> meningkat<br/> E. Jumlah CO, O<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> tetap</p> | C2 | E |
| 7. | Menganalisis faktor-faktor yang dapat mempengaruhi reaksi kesetimbangan pada proses industri kimia. | <p>Reaksi kimia yang terjadi pada industri pembuatan amonia dengan proses Haber-Bosch adalah:</p> $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g) \quad \Delta H = -92,4 \text{ kJ.}$ <p>Manakah pernyataan yang tepat mengenai proses tersebut?</p> <p>A. Pada suhu tinggi, produk sedikit tetapi laju reaksi pembentukan amonia meningkat<br/> B. Pada tekanan tinggi, produk sedikit tetapi laju reaksi pembentukan amonia meningkat<br/> C. Pada pengurangan volume, produk sedikit tetapi laju reaksi pembentukan amonia meningkat<br/> D. Pada penambahan katalis, produk sedikit dan laju reaksi pembentukan amonia menurun<br/> E. Pada penambahan gas N<sub>2</sub>, produk banyak tetapi laju reaksi pembentukan amonia menurun</p>                                                                                                      | C4 | A |
| 8. | Menerapkan faktor-faktor pergeseran kesetimbangan dalam dunia industri.                             | <p>Perhatikan reaksi kesetimbangan pada tahapan proses pembuatan asam sulfat berikut:</p> $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H = -188,2 \text{ kJ}$ <p>Gas SO<sub>3</sub> yang terbentuk pada reaksi tersebut selanjutnya diproses untuk menghasilkan asam sulfat. Apabila suatu industri ingin meningkatkan produksi asam sulfat, maka cara yang dilakukan adalah....</p> <p>A. Meningkatkan suhu dalam reaksi pembentukan gas SO<sub>3</sub><br/> B. Meningkatkan volume dalam reaksi pembentukan gas SO<sub>3</sub><br/> C. Meningkatkan tekanan dalam reaksi pembentukan gas SO<sub>3</sub><br/> D. Menurunkan konsentrasi gas SO<sub>2</sub> dalam reaksi pembentukan gas SO<sub>3</sub><br/> E. Menurunkan konsentrasi gas O<sub>2</sub> dalam reaksi pembentukan gas SO<sub>3</sub></p>                          | C3 | C |

|     |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|---------|---------------------|---|---------|---------|------------------|---|---------|-------|-------|-------|---|---|----|---|
| 9.  | Menghitung jumlah mol zat pada kesetimbangan berdasarkan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dan jumlah mol zat mula-mula. | <p>Diketahui reaksi: <math>\text{SO}_2(g) + \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_3(g) + \text{NO}(g)</math></p> <p>Pada suhu <math>400\text{ }^\circ\text{C}</math>, tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) adalah 36. Jika di dalam labu tertutup bervolume 100 mL mula-mula terdapat gas <math>\text{SO}_2</math> dan <math>\text{NO}_2</math> masing-masing 0,7 mol, maka berapa mol <math>\text{SO}_3</math> pada kesetimbangan?</p> <p>A. 0,6<br/>B. 0,7<br/>C. 6<br/>D. 60<br/>E. 70</p> | <p><b>Cara/Langkah Perhitungan:</b></p> <p><math>\text{SO}_2(g) + \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_3(g) + \text{NO}(g)</math></p> <table><tr><td>M</td><td>0,7 mol</td><td>0,7 mol</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>R</td><td>x mol</td><td>x mol</td><td>-</td><td>x mol</td></tr><tr><td>S</td><td>0,7-x</td><td>0,7-x</td><td>x</td><td>x</td></tr></table> <p><math>V = 100\text{ mL} = 0,1\text{ L}</math></p> <p><math>K_c = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]}</math></p> <p><math>36 = \frac{\left(\frac{x}{0,1}\right)\left(\frac{x}{0,1}\right)}{\left(\frac{0,7-x}{0,1}\right)\left(\frac{0,7-x}{0,1}\right)}</math></p> <p><math>6^2 = \frac{x^2}{(0,7-x)^2}</math></p> <p><math>6 = \frac{x}{(0,7-x)}</math></p> <p><math>6(0,7-x) = x</math></p> <p><math>4,2 - 6x = x</math></p> <p><math>4,2 = 7x</math></p> <p><math>0,6 = x</math></p> <p>Jadi, <math>\text{SO}_3</math> pada kesetimbangan adalah 0,6 mol.</p> | M     | 0,7 mol | 0,7 mol | -                   | - | R       | x mol   | x mol            | - | x mol   | S     | 0,7-x | 0,7-x | x | x | C3 | A |
| M   | 0,7 mol                                                                                                                      | 0,7 mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -     |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |
| R   | x mol                                                                                                                        | x mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | x mol |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |
| S   | 0,7-x                                                                                                                        | 0,7-x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | x                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | x     |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |
| 10. | Menghitung harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) berdasarkan jumlah mol zat mula-mula dan derajat disosiasi.                 | <p>Pada suhu <math>60\text{ }^\circ\text{C}</math>, 1 mol gas dinitrogen tetraoksida terurai sebesar 50% membentuk gas nitrogen dioksida dalam labu tertutup bervolume 500 mL menurut persamaan reaksi kesetimbangan:</p> <p><math>\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)</math></p> <p>Berapa harga <math>K_c</math> pada suhu tersebut?</p> <p>A. 0,2<br/>B. 0,5<br/>C. 2<br/>D. 4<br/>E. 8</p>                                                                                   | <p><b>Cara/Langkah Perhitungan:</b></p> <p><math>\alpha = 50\% = \frac{50}{100} = 0,5</math></p> <p><math>\alpha = \frac{R}{M} \Rightarrow 0,5 = \frac{R}{1\text{ mol}} \Rightarrow R = 0,5\text{ mol}</math></p> <p><math>\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)</math></p> <table><tr><td>M</td><td>1 mol</td><td>-</td><td><math>V = 500\text{ mL}</math></td></tr><tr><td>R</td><td>0,5 mol</td><td>- 1 mol</td><td><math>= 0,5\text{ L}</math></td></tr><tr><td>S</td><td>0,5 mol</td><td>1 mol</td><td></td></tr></table> <p><math>K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{\left(\frac{1}{0,5}\right)^2}{\left(\frac{0,5}{0,5}\right)} = \frac{1}{0,25} = 4</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                     | M     | 1 mol   | -       | $V = 500\text{ mL}$ | R | 0,5 mol | - 1 mol | $= 0,5\text{ L}$ | S | 0,5 mol | 1 mol |       | C3    | D |   |    |   |
| M   | 1 mol                                                                                                                        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $V = 500\text{ mL}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |
| R   | 0,5 mol                                                                                                                      | - 1 mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $= 0,5\text{ L}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |
| S   | 0,5 mol                                                                                                                      | 1 mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |         |         |                     |   |         |         |                  |   |         |       |       |       |   |   |    |   |

|     |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |   |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
| 11. | Menghitung harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) melalui tahapan reaksi-reaksi kesetimbangan yang berkaitan. | Diketahui reaksi kesetimbangan:<br>(1) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ $K_c = 4 \times 10^{-3}$<br>(2) $N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons N_2O(g)$ $K_c = 2,5 \times 10^{-2}$<br>Berdasarkan reaksi tersebut, tetapan kesetimbangan untuk reaksi: $N_2O(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ adalah....<br>A. $1 \times 10^{-4}$ D. $1,6 \times 10^{-1}$<br>B. $2,1 \times 10^{-2}$ E. $4 \times 10^{-1}$<br>C. $2,9 \times 10^{-2}$                                                                                                         | <b>Cara/Langkah Perhitungan:</b><br>$N_2O(g) \rightleftharpoons N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \quad K_c = \frac{1}{2,5 \times 10^{-2}}$ $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) \quad K_c = 4 \times 10^{-3}$ $N_2O(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ $K_c = \frac{1}{2,5 \times 10^{-2}} \times 4 \times 10^{-3} = 1,6 \times 10^{-1}$ | C3 | D |
| 12. | Menilai hubungan antara harga $K_c$ reaksi dengan jumlah mol dan tekanan parsial zat pada kesetimbangan.     | Perhatikan reaksi kesetimbangan: $C(s) + O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g)$ $K_c = 0,5$<br>Apabila pada kesetimbangan terdapat 1 mol gas $CO_2$ dalam labu tertutup bervolume 500 mL, maka kesimpulan yang tepat adalah pada saat kesetimbangan....<br>A. jumlah mol C, gas $O_2$ , dan gas $CO_2$ sama<br>B. jumlah mol gas $O_2$ setengah jumlah mol gas $CO_2$<br>C. jumlah mol gas $O_2$ sama dengan jumlah mol gas $CO_2$<br>D. tekanan parsial gas $CO_2$ setengah tekanan parsial gas $O_2$<br>E. tekanan parsial gas $CO_2$ sama dengan tekanan parsial gas $O_2$         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | C5 | D |
| 13. | Menilai hubungan antara harga $K_p$ dengan kenaikan suhu terhadap arah pergeseran reaksi kesetimbangan.      | Pada reaksi kesetimbangan: $Ag_2CO_3(s) \rightleftharpoons Ag_2O(s) + CO_2(g)$<br>harga $K_p$ pada suhu 298 K adalah $3,16 \times 10^{-3}$ dan pada suhu 5000 K adalah 1,48.<br>Manakah kesimpulan yang tepat berdasarkan informasi tersebut?<br>A. Kenaikan suhu menyebabkan peningkatan tekanan parsial $Ag_2CO_3$<br>B. Kenaikan suhu menyebabkan penurunan tekanan parsial gas $CO_2$<br>C. Kenaikan suhu menyebabkan peningkatan jumlah $Ag_2CO_3$<br>D. Kenaikan suhu menyebabkan penurunan jumlah gas $CO_2$<br>E. Kenaikan suhu menyebabkan peningkatan jumlah gas $CO_2$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | C5 | E |

|                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |       |       |       |   |  |   |       |         |       |  |   |       |         |       |    |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|---|--|---|-------|---------|-------|--|---|-------|---------|-------|----|---|
| <p>14. Menganalisis hubungan antara perbandingan harga tetapan kesetimbangan (<math>K_c</math>) dengan <i>quosien</i> reaksi (<math>Q_c</math>) untuk menentukan reaksi setimbang atau tidak.</p> | <p>Perhatikan gambaran partikulat campuran gas untuk reaksi:<br/> <math>X(g) + Y_2(g) \rightleftharpoons XY(g) + Y(g)</math>      <math>\Delta H &gt; 0</math></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>(diketahui:<br/> X = hijau; Y = ungu; dan satuan molekul = satuan konsentrasi)</p> <p>Jika harga <math>K_c</math> adalah 4, maka gambaran partikulat yang menunjukkan reaksi tidak setimbang adalah....</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <p>A. 1 dan 2</p> <p>D. 2 dan 4</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <p>B. 1 dan 3</p> <p>E. 3 dan 4</p> </div> <p>C. 2 dan 3</p> | <p><b>Cara/Langkah Perhitungan:</b></p> <p>(1) <math>Q_c = \frac{[XY][Y]}{[X][Y_2]} = \frac{5 \cdot 3}{1 \cdot 1} = 15</math><br/> <math>Q_c &gt; K_c \Rightarrow</math> tidak setimbang</p> <p>(2) <math>Q_c = \frac{[XY][Y]}{[X][Y_2]} = \frac{4 \cdot 2}{2 \cdot 1} = 4</math><br/> <math>Q_c = K_c \Rightarrow</math> setimbang</p> <p>(3) <math>Q_c = \frac{[XY][Y]}{[X][Y_2]} = \frac{3 \cdot 1}{3 \cdot 3} = \frac{1}{3}</math><br/> <math>Q_c &lt; K_c \Rightarrow</math> tidak setimbang</p> <p>(4) <math>Q_c = \frac{[XY][Y]}{[X][Y_2]} = \frac{4 \cdot 4}{2 \cdot 2} = 4</math><br/> <math>Q_c = K_c \Rightarrow</math> setimbang</p> <p>Jadi, gambaran partikulat yang menunjukkan reaksi tidak setimbang adalah 1 dan 3.</p>                                                                                                                                                                                                                                                    | C4      | B     |       |       |   |  |   |       |         |       |  |   |       |         |       |    |   |
| <p>15. Menghitung tekanan parsial gas berdasarkan harga tetapan kesetimbangan (<math>K_p</math>), tekanan total, dan jumlah mol gas pada reaksi kesetimbangan gas.</p>                            | <p>Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut:<br/> <math>2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)</math>      <math>K_p = 5,6 \times 10^2</math></p> <p>Pada suhu 427 °C dan tekanan total sebesar 5 atm, mula-mula terdapat 2 mol gas <math>SO_2</math> dan 1 mol gas <math>O_2</math>. Jika pada kesetimbangan terdapat 1 mol gas <math>SO_2</math>, maka berapa tekanan parsial gas <math>SO_3</math>?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <p>A. 0,2</p> <p>D. 3</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <p>B. 1</p> <p>E. 5</p> </div> <p>C. 2</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p><b>Cara/Langkah Perhitungan:</b></p> $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;">M</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">2 mol</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">1 mol</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">R</td> <td style="text-align: center;">1 mol</td> <td style="text-align: center;">0,5 mol</td> <td style="text-align: center;">1 mol</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center;">1 mol</td> <td style="text-align: center;">0,5 mol</td> <td style="text-align: center;">1 mol</td> </tr> </table> <p><math>mol_{Total} = 1 + 0,5 + 1 = 2,5 \text{ mol}</math></p> <p><math>P_{SO_3} = \frac{1 \text{ mol}}{2,5 \text{ mol}} \times 5 \text{ atm} = 2 \text{ atm}</math></p> |         | M     | 2 mol | 1 mol | - |  | R | 1 mol | 0,5 mol | 1 mol |  | S | 1 mol | 0,5 mol | 1 mol | C3 | C |
|                                                                                                                                                                                                   | M                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 mol   | -     |       |       |   |  |   |       |         |       |  |   |       |         |       |    |   |
|                                                                                                                                                                                                   | R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,5 mol | 1 mol |       |       |   |  |   |       |         |       |  |   |       |         |       |    |   |
|                                                                                                                                                                                                   | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,5 mol | 1 mol |       |       |   |  |   |       |         |       |  |   |       |         |       |    |   |

|     |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
| 16. | Menghitung harga tetapan kesetimbangan ( $K_p$ ) reaksi kesetimbangan gas berdasarkan jumlah mol dan tekanan total gas.               | <p>Sebanyak 5 mol gas <math>\text{PCl}_5</math> terurai dalam labu tertutup hingga terbentuk reaksi kesetimbangan: <math>\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)</math></p> <p>Jika pada keadaan setimbang terdapat 2 mol gas <math>\text{Cl}_2</math> dan tekanan total 2 atm, maka harga <math>K_p</math> adalah....</p> <p>A. <math>\frac{2}{7}</math> D. <math>\frac{16}{21}</math><br/> B. <math>\frac{8}{21}</math> E. <math>\frac{6}{7}</math><br/> C. <math>\frac{4}{7}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p><b>Cara/Langkah Perhitungan:</b></p> $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ <p>M 5 mol                      -                      -</p> <p>R <math>\frac{2 \text{ mol}}{3 \text{ mol}}</math>                      - <math>\frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}</math>                      <math>\frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}</math> +</p> <p>S                      <math>\frac{3 \text{ mol}}{7 \text{ mol}}</math>                      <math>\frac{2 \text{ mol}}{7 \text{ mol}}</math>                      <math>\frac{2 \text{ mol}}{7 \text{ mol}}</math> = 7 mol</p> $P_{\text{PCl}_5} = \frac{3 \text{ mol}}{7 \text{ mol}} \times 2 \text{ atm} = \frac{6}{7} \text{ atm}$ $P_{\text{PCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} = \frac{2 \text{ mol}}{7 \text{ mol}} \times 2 \text{ atm} = \frac{4}{7} \text{ atm}$ $K_p = \frac{(\text{PCl}_3)(\text{Cl}_2)}{(\text{PCl}_5)} = \frac{\left(\frac{4}{7}\right)\left(\frac{4}{7}\right)}{\left(\frac{6}{7}\right)} = \frac{16}{42} = \frac{8}{21}$ | C3 | B |
| 17. | Menilai hubungan antara jumlah mol, tekanan total, dan tekanan parsial zat pada keadaan kesetimbangan reaksi kesetimbangan heterogen. | <p>Padatan <math>\text{PH}_3\text{BCl}_3</math> sebanyak 0,5 mol terurai menurut reaksi: <math>\text{PH}_3\text{BCl}_3(s) \rightleftharpoons \text{PH}_3(g) + \text{BCl}_3(g)</math></p> <p>Reaksi berlangsung dalam tabung tertutup bervolume 5 liter pada suhu 333 K. Pada saat kesetimbangan tercapai, tekanan total dalam tabung adalah 0,4 atm.</p> <p>Kesimpulan yang tepat berdasarkan informasi tersebut adalah pada saat kesetimbangan....</p> <p>A. Tekanan parsial <math>\text{PH}_3</math> setengah tekanan total<br/> B. Tekanan parsial <math>\text{BCl}_3</math> sepertiga tekanan total<br/> C. Tekanan parsial <math>\text{PH}_3\text{BCl}_3</math> sama dengan tekanan total<br/> D. Tekanan parsial <math>\text{PH}_3\text{BCl}_3</math> dua kali tekanan parsial <math>\text{PH}_3</math><br/> E. Tekanan parsial <math>\text{PH}_3\text{BCl}_3</math>, <math>\text{PH}_3</math>, dan <math>\text{BCl}_3</math> sama</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | C5 | A |
| 18. | Menganalisis perbandingan harga $K_p$ dan $K_c$ reaksi kesetimbangan berdasarkan jumlah mol zat (koefisien) dan harga $K_p$ reaksi.   | <p>Reaksi kesetimbangan: <math>2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)</math></p> <p>mempunyai harga <math>K_p = 1 \times 10^{-9}</math> pada suhu 727 °C. Jika mula-mula mol gas <math>\text{O}_2</math> sama dengan mol gas <math>\text{SO}_2</math>, maka pernyataan yang benar ketika tercapai kesetimbangan pada volume tetap adalah.... (diketahui: <math>R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}</math>)</p> <p>A. Harga <math>K_p &lt; K_c</math><br/> B. Harga <math>K_p = 1/K_c</math><br/> C. Harga <math>K_p = -K_c</math><br/> D. Harga <math>K_p = K_c</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p><b>Cara/Langkah Perhitungan:</b></p> $K_p = K_c \cdot (R.T)^{\Delta n} \Rightarrow T = 727 + 273 = 1000 \text{ K}$ $K_c = \frac{10^{-9}}{(0,082 \cdot 1000)^{2-3}} = \frac{10^{-9}}{82^{-1}} = 82 \times 10^{-9} = 8,2 \times 10^{-8}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C4 | A |

|     |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
|     |                                                                                                                   | E. Harga $K_p > K_c$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Jadi, $K_p < K_c$                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |   |
| 19. | Menghitung harga $K_p$ reaksi kesetimbangan gas berdasarkan volume dan jumlah mol gas pada keadaan kesetimbangan. | <p>Gas <math>H_2</math> dan gas <math>I_2</math> bereaksi membentuk gas HI pada suhu <math>300^\circ C</math> menurut persamaan reaksi: <math>H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)</math></p> <p>Jika reaksi dilakukan dalam labu tertutup bervolume 2 liter dan pada kesetimbangan terdapat 0,1 mol <math>H_2</math>; 0,1 mol <math>I_2</math>; dan 0,5 mol HI, maka harga <math>K_p</math> reaksi tersebut adalah....<br/>(diketahui: <math>R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.K^{-1}</math>)</p> <p>A. 18<br/>B. 24<br/>C. 25</p> <p>D. 50<br/>E. 100</p>             | <p><b><u>Cara/Langkah Perhitungan:</u></b></p> $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{\left(\frac{0,5}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,1}{2}\right)\left(\frac{0,1}{2}\right)}$ $= \frac{0,25}{0,01} = 25$ $T = 300 + 273 = 573 \text{ K}$ $K_p = K_c \cdot (R.T)^{\Delta n}$ $= 25 \cdot (0,082 \cdot 573)^{2-2}$ $= 25$ | C3 | C |
| 20. | Menghitung harga $K_c$ reaksi kesetimbangan berdasarkan harga $K_p$ reaksi.                                       | <p>Diketahui persamaan reaksi penguraian padatan <math>CaCO_3</math> menjadi CaO dan gas <math>CO_2</math> yang membentuk kesetimbangan berikut: <math>CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)</math></p> <p>Pada suhu 1000 K harga <math>K_p</math> reaksi adalah 8,2. Jika pada kesetimbangan terdapat <math>CaCO_3</math>, CaO, dan <math>CO_2</math> masing-masing 0,5 mol, maka harga <math>K_c</math> reaksi adalah....<br/>(diketahui: <math>R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.K^{-1}</math>)</p> <p>A. 0,1<br/>B. 0,5<br/>C. 8,2</p> <p>D. 10<br/>E. 672,4</p> | <p><b><u>Cara/Langkah Perhitungan:</u></b></p> $K_p = K_c \cdot (R.T)^{\Delta n}$ $K_c = \frac{8,2}{(0,082 \cdot 1000)^1} = \frac{8,2}{82} = 0,1$                                                                                                                                                                      | C3 | A |

## Hasil Uji Validitas Instrumen

**Validator ahli:**

Validator 1 = Dr. Yahmin, S.Pd., M.Si.

Validator 2 = Herunata, S.Pd., M.Pd.

### A. Hasil Uji Validitas Instrumen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

[illegible]

### B. Hasil Uji Validitas Instrumen Lembar Kegiatan Pembelajaran (LKP)

[illegible]

### C. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains

| Aspek Penilaian                                                 | Skor        |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |             |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
|                                                                 | Validator 1 |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    | Validator 2 |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|                                                                 | Nomor Soal  |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    | Nomor Soal  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|                                                                 | 1           | 2  | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  | 15 | 16 | 1           | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15 | 16 |
| <b>Teori</b>                                                    |             |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |             |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
| 1. Kesesuaian dengan indikator soal                             | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 2  | 2  | 2           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 2. Kesesuaian dengan soal yang diadopsi                         | 2           | 2  | 3   | 3   | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 2  | 2  | 2           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 3. Kebenaran konsep                                             | 3           | 3  | 3   | 3   | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3   | 3   | 3   | 3   | 2  | 2  | 2           | 2  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| <b>Konstruksi</b>                                               |             |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |             |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
| 1. Soal singkat dan jelas                                       | 2           | 2  | 3   | 3   | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 2  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 2. Soal bukan pernyataan “bukan, kecuali, dan sejenisnya”       | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 3. Gambar/grafik/tabel jelas dan berfungsi                      | -           | -  | -   | -   | -  | -  | -  | -  | 2  | -  | 3   | 3   | 3   | 3   | -  | -  | -           | -  | -   | -   | -   | -   | 3   | -   | 3   | 3   | 3   | 3   | -   | -   |    |    |
| 4. Pilihan jawaban bukan pernyataan “semua jawaban salah/benar” | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 5. Panjang pilihan jawaban relatif sama                         | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 6. Pilihan jawaban homogen                                      | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 7. Pilihan jawaban berupa angka disusun secara urut             | -           | -  | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -   | 3   | 3   | -  | -  | -           | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 3   | 3   | -   | -   | -   |    |    |
| 8. Hanya ada satu jawaban                                       | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| <b>Penggunaan Bahasa</b>                                        |             |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |             |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
| 1. Sesuai EYD                                                   | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 2. Komunikatif dan mudah dipahami                               | 2           | 2  | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| 3. Konsisten                                                    | 3           | 3  | 3   | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  | 3           | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  |    |
| <b>Total Skor</b>                                               | 33          | 33 | 36  | 36  | 33 | 33 | 30 | 32 | 35 | 35 | 39  | 39  | 42  | 42  | 35 | 32 | 33          | 33 | 36  | 36  | 36  | 36  | 36  | 36  | 39  | 36  | 39  | 42  | 42  | 39  | 36 |    |
| <b>Persentase Skor (%)</b>                                      | 92          | 92 | 100 | 100 | 92 | 92 | 83 | 89 | 90 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 89 | 92          | 92 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |    |    |
| <b>Rata-rata Persentase Skor</b>                                | 94,50%      |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    | 98,96%      |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
| <b>Rata-rata Persentase Skor Validator 1 dan 2</b>              | 96,73%      |    |     |     |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |             |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |

#### D. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes Keseimbangan Kimia

[illegible]

## Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

### A. Uji Reliabilitas Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains

#### Skor Hasil Uji Coba Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains

| No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1.             | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 2.             | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 3.             | 0    | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 4.             | 0    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 5.             | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 6.             | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 7.             | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 8.             | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 9.             | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 10.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 11.            | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 12.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 13.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 14.            | 0    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 15.            | 0    | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 16.            | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 17.            | 0    | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 18.            | 0    | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |

**Lanjutan Skor Hasil Uji Coba Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains:**

| No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 19.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 20.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 21.            | 0    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 22.            | 0    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 23.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 24.            | 0    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 25.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 26.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 27.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 28.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 29.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 30.            | 0    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 31.            | 0    | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 32.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 33.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 34.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  |
| 35.            | 1    | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 36.            | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  |

## Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains

### Reliability

#### Case Processing Summary

|       |                       | N  | %     |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Cases | Valid                 | 36 | 100,0 |
|       | Excluded <sup>a</sup> | 0  | ,0    |
|       | Total                 | 36 | 100,0 |

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

#### Reliability Statistics

| Cronbach's Alpha | N of Items |
|------------------|------------|
| ,607             | 16         |

Level of significance 0,05 and 2 tailed

N = 36

**r<sub>table</sub> = 0,329**

#### Item-Total Statistics

|         | Scale Mean if Item Deleted | Scale Variance if Item Deleted | Corrected Item-Total Correlation | Cronbach's Alpha if Item Deleted |
|---------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Soal_1  | 10,83                      | 6,600                          | -,342                            | ,681                             |
| Soal_2  | 10,19                      | 4,904                          | ,720                             | ,526                             |
| Soal_3  | 10,28                      | 4,778                          | ,617                             | ,525                             |
| Soal_4  | 10,75                      | 6,250                          | -,191                            | ,666                             |
| Soal_5  | 10,42                      | 5,279                          | ,234                             | ,591                             |
| Soal_6  | 10,31                      | 5,361                          | ,247                             | ,588                             |
| Soal_7  | 10,22                      | 5,492                          | ,247                             | ,589                             |
| Soal_8  | 10,22                      | 5,206                          | ,432                             | ,562                             |
| Soal_9  | 10,28                      | 4,949                          | ,510                             | ,544                             |
| Soal_10 | 10,28                      | 4,949                          | ,510                             | ,544                             |
| Soal_11 | 10,42                      | 5,221                          | ,262                             | ,586                             |
| Soal_12 | 10,44                      | 5,283                          | ,224                             | ,593                             |
| Soal_13 | 10,19                      | 5,075                          | ,588                             | ,545                             |
| Soal_14 | 10,14                      | 5,609                          | ,326                             | ,586                             |
| Soal_15 | 10,33                      | 4,971                          | ,438                             | ,554                             |
| Soal_16 | 10,94                      | 6,968                          | -,578                            | ,691                             |

### B. Uji Reliabilitas Instrumen Tes Keseimbangan Kimia

### Skor Hasil Uji Coba Instrumen Tes Kesenimbangan Kimia

| No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1.             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 2.             | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 3.             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4.             | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 5.             | 0    | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 6.             | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 7.             | 0    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 8.             | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 9.             | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 10.            | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 11.            | 0    | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 12.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 13.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 14.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 15.            | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 16.            | 1    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 17.            | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 18.            | 0    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

**Lanjutan Skor Hasil Uji Coba Instrumen Tes Kesenimbangan Kimia:**

| No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 19.            | 0    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 20.            | 0    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 21.            | 1    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 22.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 23.            | 1    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  |
| 24.            | 1    | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 25.            | 1    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 26.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 27.            | 1    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| 28.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 29.            | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 30.            | 0    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 31.            | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 32.            | 0    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 33.            | 1    | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  |
| 34.            | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| 35.            | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 36.            | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  |

**Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes Keseimbangan Kimia**

## Reliability

### Case Processing Summary

|       |                       | N  | %     |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Cases | Valid                 | 36 | 100,0 |
|       | Excluded <sup>a</sup> | 0  | ,0    |
|       | Total                 | 36 | 100,0 |

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

### Reliability Statistics

| Cronbach's Alpha | N of Items |
|------------------|------------|
| ,677             | 20         |

Level of significance 0,05 and 2 tailed

N = 36

**r<sub>table</sub> = 0,329**

### Item-Total Statistics

|         | Scale Mean if Item Deleted | Scale Variance if Item Deleted | Corrected Item-Total Correlation | Cronbach's Alpha if Item Deleted |
|---------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Soal_1  | 7,67                       | 11,314                         | ,269                             | ,664                             |
| Soal_2  | 7,67                       | 10,971                         | ,396                             | ,652                             |
| Soal_3  | 7,97                       | 10,313                         | ,518                             | ,634                             |
| Soal_4  | 8,03                       | 10,828                         | ,357                             | ,654                             |
| Soal_5  | 8,03                       | 11,456                         | ,162                             | ,676                             |
| Soal_6  | 8,11                       | 10,559                         | ,472                             | ,641                             |
| Soal_7  | 8,22                       | 12,063                         | ,004                             | ,689                             |
| Soal_8  | 7,89                       | 10,730                         | ,385                             | ,651                             |
| Soal_9  | 7,92                       | 10,421                         | ,482                             | ,639                             |
| Soal_10 | 7,86                       | 12,294                         | -,083                            | ,702                             |
| Soal_11 | 7,83                       | 11,000                         | ,308                             | ,660                             |
| Soal_12 | 7,86                       | 11,666                         | ,099                             | ,683                             |
| Soal_13 | 8,19                       | 12,275                         | -,070                            | ,696                             |
| Soal_14 | 8,14                       | 11,209                         | ,264                             | ,664                             |
| Soal_15 | 8,14                       | 10,980                         | ,341                             | ,656                             |
| Soal_16 | 8,19                       | 11,190                         | ,297                             | ,661                             |
| Soal_17 | 8,25                       | 12,593                         | -,176                            | ,703                             |
| Soal_18 | 8,06                       | 10,968                         | ,318                             | ,658                             |
| Soal_19 | 8,22                       | 11,149                         | ,329                             | ,659                             |
| Soal_20 | 8,19                       | 10,961                         | ,378                             | ,653                             |



### Skor Tes Keterampilan Proses Sains

#### A. Skor Tes Keterampilan Proses Sains Kelas Eksperimen (Model POGIL)

| No.            | No. Urut Siswa | Skor Pretest |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |            | Skor Posttest  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |            | Gain Scores                     |      |      |
|----------------|----------------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|------------|---------------------------------|------|------|
|                |                | 1            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Skor Total | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Skor Total |                                 |      |      |
| 1.             | 22             | 1            | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 7          | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 14 | 7          | Rata-rata Normalized Gain Score |      |      |
| 2.             | 19             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 9          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 13 | 4          |                                 |      |      |
| 3.             | 23             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 8          | 1              | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 10 | 2  |            |                                 |      |      |
| 4.             | 4              | 1            | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 9          | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 13 | 4          |                                 |      |      |
| 5.             | 6              | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 7          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 13 | 6          |                                 |      |      |
| 6.             | 7              | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 7          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 13 | 6          |                                 |      |      |
| 7.             | 10             | 1            | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 9          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 13         |                                 | 4    |      |
| 8.             | 12             | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 7          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 13         |                                 | 6    |      |
| 9.             | 25             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 13 | 7          |                                 |      |      |
| 10.            | 28             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 9          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 13         |                                 | 4    |      |
| 11.            | 33             | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 13         |                                 | 7    |      |
| 12.            | 2              | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 9          | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 12         |                                 | 3    |      |
| 13.            | 1              | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 8          | 1              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 12         |                                 | 4    |      |
| 14.            | 5              | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 8          | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 13         |                                 | 5    |      |
| 15.            | 26             | 1            | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 10         | 0              | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 11         |                                 | 1    |      |
| 16.            | 32             | 1            | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 8          | 1              | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 13         |                                 | 5    |      |
| 17.            | 34             | 0            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6          | 0              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 13         |                                 | 7    |      |
| 18.            | 16             | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 11         | 1              | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 10         |                                 | -1   |      |
| Rata-rata Skor |                |              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 8,00       | Rata-rata Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |            | 12,50                           | 4,50 | 0,56 |

**Lanjutan Skor Tes Keterampilan Proses Sains Kelas Eksperimen (Model POGIL):**

| No.                  | No. Urut Siswa | Skor Pretest |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | Skor Posttest |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | Gain Scores |       |                                 |            |
|----------------------|----------------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-------------|-------|---------------------------------|------------|
|                      |                | 1            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Skor Total    | 1                    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |             |       | 16                              | Skor Total |
| 19.                  | 9              | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 6  | 1             | 1                    | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 9           | 3     | Rata-rata Normalized Gain Score |            |
| 20.                  | 13             | 1            | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 7  | 0             | 1                    | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 11          | 4     |                                 |            |
| 21.                  | 14             | 1            | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 6  | 0             | 1                    | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 12 | 6           |       |                                 |            |
| 22.                  | 3              | 0            | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 3  | 1             | 1                    | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 11          | 8     |                                 |            |
| 23.                  | 15             | 1            | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 6  | 1             | 0                    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4           | -2    |                                 |            |
| 24.                  | 17             | 0            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 6  | 0             | 0                    | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 9           | 3     |                                 |            |
| 25.                  | 24             | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 6             | 0                    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 12          | 6     |                                 |            |
| 26.                  | 30             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 10            | 0                    | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0           | 9     |                                 | -1         |
| 27.                  | 31             | 0            | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 6             | 0                    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0           | 5     |                                 | -1         |
| 28.                  | 11             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7  | 1             | 1                    | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 9           | 2     |                                 |            |
| 29.                  | 21             | 0            | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 7  | 1             | 1                    | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 11          | 4     |                                 |            |
| 30.                  | 18             | 1            | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 6             | 1                    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 5  | -1          |       |                                 |            |
| Rata-rata Skor       |                |              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 6,33          | Rata-rata Skor       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |             | 8,92  | 2,58                            | 0,27       |
| Total Rata-rata Skor |                |              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 7,33          | Total Rata-rata Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |             | 11,07 | 3,73                            | 0,43       |

**Keterangan:**

= kemampuan awal tinggi

= kemampuan awal rendah

## B. Skor Tes Keterampilan Proses Sains Kelas Kontrol (Model Ekspositori)

| No.            | No. Urut Siswa | Skor Pretest |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |            | Skor Posttest  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |            | Gain Scores |                                 |      |
|----------------|----------------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|------------|-------------|---------------------------------|------|
|                |                | 1            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Skor Total | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Skor Total |             |                                 |      |
| 1.             | 22             | 0            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 8          | 0              | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 13         | 5           | Rata-rata Normalized Gain Score |      |
| 2.             | 13             | 1            | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 13         | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 12 | -1         |             |                                 |      |
| 3.             | 21             | 1            | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 12         | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 13 | 1          |             |                                 |      |
| 4.             | 6              | 1            | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 6          | 1              | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 11 | 5          |             |                                 |      |
| 5.             | 10             | 1            | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 11         | 1              | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 8          | -3          |                                 |      |
| 6.             | 11             | 1            | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 10         | 1              | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 12         | 2           |                                 |      |
| 7.             | 17             | 0            | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 4          | 1              | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 8          | 4           |                                 |      |
| 8.             | 20             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 8          | 1              | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 10         | 2           |                                 |      |
| 9.             | 25             | 0            | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2          | 0              | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0          |             |                                 |      |
| 10.            | 27             | 0            | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 4          | 0              | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 0          |             |                                 |      |
| 11.            | 34             | 1            | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 10         | 0              | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 10         | 0           |                                 |      |
| 12.            | 12             | 1            | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 8          | 0              | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 11         | 3           |                                 |      |
| 13.            | 19             | 0            | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 6          | 1              | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 14         | 8           |                                 |      |
| 14.            | 24             | 1            | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 9          | 0              | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 8          | -1          |                                 |      |
| 15.            | 28             | 1            | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7          | 1              | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 11         | 4           |                                 |      |
| 16.            | 31             | 1            | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 5          | 0              | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 6  | 1          |             |                                 |      |
| 17.            | 32             | 0            | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 2          | 1              | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 6  | 4          |             |                                 |      |
| 18.            | 1              | 0            | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3          | 0              | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 10         | 7           |                                 |      |
| Rata-rata Skor |                |              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 7,11       | Rata-rata Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |            | 9,39        | 2,28                            | 0,26 |

**Lanjutan Skor Tes Keterampilan Proses Sains Kelas Kontrol (Model Ekspositori):**

| No.                  | No. Urut Siswa | Skor Pretest |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | Skor Posttest |   |                      |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | Gain Scores |    |      |                                 |      |  |      |  |
|----------------------|----------------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---------------|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-------------|----|------|---------------------------------|------|--|------|--|
|                      |                | 1            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Skor Total    | 1 | 2                    | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |             |    | 16   | Skor Total                      |      |  |      |  |
| 19.                  | 14             | 0            | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 5             | 0 | 1                    | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1           | 11 | 6    | Rata-rata Normalized Gain Score |      |  |      |  |
| 20.                  | 23             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 9             | 0 | 1                    | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0           | 7  | -2   |                                 |      |  |      |  |
| 21.                  | 33             | 1            | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 11            | 0 | 1                    | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0           | 8  | -3   |                                 |      |  |      |  |
| 22.                  | 3              | 0            | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 6             | 0 | 1                    | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1           | 10 | 4    |                                 |      |  |      |  |
| 23.                  | 4              | 0            | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 3             | 0 | 1                    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1           | 10 | 7    |                                 |      |  |      |  |
| 24.                  | 8              | 0            | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 5             | 1 | 0                    | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0           | 8  | 3    |                                 |      |  |      |  |
| 25.                  | 26             | 1            | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 4             | 1 | 1                    | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0           | 7  | 3    |                                 |      |  |      |  |
| 26.                  | 9              | 0            | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 6             | 1 | 0                    | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0           | 9  | 3    |                                 |      |  |      |  |
| 27.                  | 16             | 1            | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7             | 0 | 1                    | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1           | 9  | 2    |                                 |      |  |      |  |
| 28.                  | 5              | 1            | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 8             | 0 | 0                    | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1           | 9  | 1    |                                 |      |  |      |  |
| 29.                  | 29             | 1            | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 5             | 0 | 1                    | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0           | 7  | 2    |                                 |      |  |      |  |
| 30.                  | 30             | 0            | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 6             | 0 | 0                    | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0           | 7  | 1    |                                 |      |  |      |  |
| Rata-rata Skor       |                |              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 6,25          |   | Rata-rata Skor       |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |             |    | 8,50 |                                 | 2,25 |  | 0,23 |  |
| Total Rata-rata Skor |                |              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    | 6,77          |   | Total Rata-rata Skor |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |             |    | 9,03 |                                 | 2,27 |  | 0,25 |  |

**Keterangan:**

|  |                         |
|--|-------------------------|
|  | = kemampuan awal tinggi |
|  | = kemampuan awal rendah |

### Lampiran 10: Skor Tes Kestimbangan Kimia

#### A. Skor Tes Keseimbangan Kimia Kelas Eksperimen (Model POGIL)

| No.            | No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Skor Total |
|----------------|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
|                |                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |            |
| 1.             | 22             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 18         |
| 2.             | 19             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 17         |
| 3.             | 23             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 17         |
| 4.             | 4              | 1    | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 13         |
| 5.             | 6              | 0    | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 14         |
| 6.             | 7              | 1    | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 16         |
| 7.             | 10             | 0    | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 9          |
| 8.             | 12             | 1    | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 10         |
| 9.             | 25             | 1    | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 7          |
| 10.            | 28             | 1    | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 8          |
| 11.            | 33             | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 14         |
| 12.            | 2              | 1    | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 16         |
| 13.            | 1              | 1    | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 15         |
| 14.            | 5              | 1    | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 14         |
| 15.            | 26             | 0    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 16         |
| 16.            | 32             | 1    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 12         |
| 17.            | 34             | 1    | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 10         |
| 18.            | 16             | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 16         |
| Rata-rata Skor |                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 13,44      |

**Lanjutan Skor Tes Kesenimbangan Kimia Kelas Eksperimen (Model POGIL):**

| No.                  | No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |
|----------------------|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
|                      |                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Skor Total |
| 19.                  | 9              | 1    | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 11         |
| 20.                  | 13             | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 16         |
| 21.                  | 14             | 0    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 16         |
| 22.                  | 3              | 1    | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 13         |
| 23.                  | 15             | 1    | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 13         |
| 24.                  | 17             | 1    | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 15         |
| 25.                  | 24             | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 16         |
| 26.                  | 30             | 1    | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 12         |
| 27.                  | 31             | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 12         |
| 28.                  | 11             | 0    | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 11         |
| 29.                  | 21             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 12         |
| 30.                  | 18             | 0    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 8          |
| Rata-rata Skor       |                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 12,92      |
| Total Rata-rata Skor |                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 13,23      |

**Keterangan:**

|  |                         |
|--|-------------------------|
|  | = kemampuan awal tinggi |
|  | = kemampuan awal rendah |

### B. Skor Tes Keseimbangan Kimia Kelas Kontrol (Model Ekspositori)

| No.            | No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |
|----------------|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
|                |                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Skor Total |
| 1.             | 22             | 1    | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 14         |
| 2.             | 13             | 1    | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 12         |
| 3.             | 21             | 1    | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 9          |
| 4.             | 6              | 1    | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 12         |
| 5.             | 10             | 0    | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 12         |
| 6.             | 11             | 1    | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 12         |
| 7.             | 17             | 0    | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 12         |
| 8.             | 20             | 1    | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 12         |
| 9.             | 25             | 1    | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 12         |
| 10.            | 27             | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 12         |
| 11.            | 34             | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 12         |
| 12.            | 12             | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 12         |
| 13.            | 19             | 1    | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 11         |
| 14.            | 24             | 1    | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 10         |
| 15.            | 28             | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 12         |
| 16.            | 31             | 0    | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 9          |
| 17.            | 32             | 1    | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10         |
| 18.            | 1              | 1    | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 12         |
| Rata-rata Skor |                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 11,50      |

**Lanjutan Skor Tes Keseimbangan Kimia Kelas Kontrol (Model Ekspositori):**

| No.                  | No. Urut Siswa | Skor |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |
|----------------------|----------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
|                      |                | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Skor Total |
| 19.                  | 14             | 1    | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 11         |
| 20.                  | 23             | 1    | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 10         |
| 21.                  | 33             | 0    | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 9          |
| 22.                  | 3              | 1    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 12         |
| 23.                  | 4              | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 12         |
| 24.                  | 8              | 0    | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 10         |
| 25.                  | 26             | 1    | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 8          |
| 26.                  | 9              | 1    | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 8          |
| 27.                  | 16             | 1    | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 11         |
| 28.                  | 5              | 0    | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10         |
| 29.                  | 29             | 1    | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 10         |
| 30.                  | 30             | 1    | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7          |
| Rata-rata Skor       |                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 9,83       |
| Total Rata-rata Skor |                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 10,83      |

**Keterangan:**

|  |                         |
|--|-------------------------|
|  | = kemampuan awal tinggi |
|  | = kemampuan awal rendah |

**Lampiran 11: Hasil Uji Normalitas Skor *Pretest* Keterampilan Proses Sains, *Posttest* Keterampilan Proses Sains, dan *Posttest* Keseimbangan Kimia**

**A. Hasil Uji Normalitas Kelas Eksperimen (Model POGIL)**

**Descriptive Statistics**

|                                    | N  | Mean  | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
|------------------------------------|----|-------|----------------|---------|---------|
| <i>Pretest</i> KPS                 | 30 | 7,33  | 1,668          | 3       | 11      |
| <i>Posttest</i> KPS                | 30 | 11,07 | 2,625          | 4       | 14      |
| <i>Posttest</i> Keseimbangan Kimia | 30 | 13,23 | 3,002          | 7       | 18      |

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

|                                  |                | <i>Pretest</i><br>KPS | <i>Posttest</i><br>KPS | <i>Posttest</i><br>Keseimbangan Kimia |
|----------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------|
| N                                |                | 30                    | 30                     | 30                                    |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | 7,33                  | 11,07                  | 13,23                                 |
|                                  | Std. Deviation | 1,668                 | 2,625                  | 3,002                                 |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | ,179                  | ,206                   | ,155                                  |
|                                  | Positive       | ,179                  | ,197                   | ,078                                  |
|                                  | Negative       | -,179                 | -,206                  | -,155                                 |
| Test Statistic                   |                | ,179                  | ,206                   | ,155                                  |
| <b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>    |                | <b>,122</b>           | <b>,177</b>            | <b>,168</b>                           |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**B. Hasil Uji Normalitas Kelas Kontrol (Model Ekspositori)**

**Descriptive Statistics**

|                                    | N  | Mean  | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
|------------------------------------|----|-------|----------------|---------|---------|
| <i>Pretest</i> KPS                 | 30 | 6,77  | 2,944          | 2       | 13      |
| <i>Posttest</i> KPS                | 30 | 9,03  | 2,684          | 2       | 14      |
| <i>Posttest</i> Keseimbangan Kimia | 30 | 10,83 | 1,599          | 7       | 14      |

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

|                                  |                | <i>Pretest</i><br>KPS | <i>Posttest</i><br>KPS | <i>Posttest</i><br>Keseimbangan Kimia |
|----------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------|
| N                                |                | 30                    | 30                     | 30                                    |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | 6,77                  | 9,03                   | 10,83                                 |
|                                  | Std. Deviation | 2,944                 | 2,684                  | 1,599                                 |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | ,136                  | ,107                   | ,267                                  |
|                                  | Positive       | ,136                  | ,083                   | ,200                                  |
|                                  | Negative       | -,064                 | -,107                  | -,267                                 |
| Test Statistic                   |                | ,136                  | ,107                   | ,267                                  |
| <b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>    |                | <b>,164</b>           | <b>,200</b>            | <b>,183</b>                           |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**Lampiran 12: Hasil Uji Homogenitas Skor *Pretest* Keterampilan Proses Sains, *Posttest* Keterampilan Proses Sains, dan *Posttest* Keseimbangan Kimia**

**Hasil Uji Homogenitas Skor *Pretest* Keterampilan Proses Sains, *Posttest* Keterampilan Proses Sains, dan *Posttest* Keseimbangan Kimia**

**Descriptives**

|                                |            | N  | Mean  | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean |             | Minimum | Maximum |
|--------------------------------|------------|----|-------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
|                                |            |    |       |                |            | Lower Bound                      | Upper Bound |         |         |
| <i>Pretest</i><br>KPS          | Eksperimen | 30 | 7,33  | 1,668          | ,305       | 6,71                             | 7,96        | 3       | 11      |
|                                | Kontrol    | 30 | 6,77  | 2,944          | ,538       | 5,67                             | 7,87        | 2       | 13      |
|                                | Total      | 60 | 7,05  | 2,389          | ,308       | 6,43                             | 7,67        | 2       | 13      |
| <i>Posttest</i><br>KPS         | Eksperimen | 30 | 11,07 | 2,625          | ,479       | 10,09                            | 12,05       | 4       | 14      |
|                                | Kontrol    | 30 | 9,03  | 2,684          | ,490       | 8,03                             | 10,04       | 2       | 14      |
|                                | Total      | 60 | 10,05 | 2,825          | ,365       | 9,32                             | 10,78       | 2       | 14      |
| <i>Posttest</i><br>Kest. Kimia | Eksperimen | 30 | 13,23 | 3,002          | ,548       | 12,11                            | 14,35       | 7       | 18      |
|                                | Kontrol    | 30 | 10,83 | 1,599          | ,292       | 10,24                            | 11,43       | 7       | 14      |
|                                | Total      | 60 | 12,03 | 2,674          | ,345       | 11,34                            | 12,72       | 7       | 18      |

**Test of Homogeneity of Variances**

|                                    | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig.        |
|------------------------------------|------------------|-----|-----|-------------|
| <i>Pretest</i> KPS                 | ,589             | 1   | 58  | <b>,446</b> |
| <i>Posttest</i> KPS                | ,068             | 1   | 58  | <b>,795</b> |
| <i>Posttest</i> Keseimbangan Kimia | ,071             | 1   | 58  | <b>,791</b> |

### Lampiran 13: Hasil Uji T Skor *Pretest* Keterampilan Proses Sains

#### Hasil Uji T Skor *Pretest* Keterampilan Proses Sains

##### T-Test

##### Group Statistics

|         | Kelas      | N  | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---------|------------|----|------|----------------|-----------------|
| Pretest | Eksperimen | 30 | 7,33 | 1,668          | ,305            |
|         | Kontrol    | 30 | 6,77 | 2,944          | ,538            |

##### Independent Samples Test

|         |                             | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                 |                 |                       |                                           |       |
|---------|-----------------------------|-----------------------------------------|------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------------------|-------|
|         |                             | F                                       | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |       |
|         |                             |                                         |      |                              |        |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper |
| Pretest | Equal variances assumed     | 9,902                                   | ,003 | ,917                         | 58     | ,363            | ,567            | ,618                  | -,670                                     | 1,803 |
|         | Equal variances not assumed |                                         |      | ,917                         | 45,875 | ,364            | ,567            | ,618                  | -,677                                     | 1,810 |

$t_{table} = 2,000$

## Lampiran 14: Hasil Uji Hipotesis Penelitian

### A. Hasil Uji Hipotesis Keterampilan Proses Sains

#### Univariate Analysis of Variance

##### Between-Subjects Factors

|           |   | Value Label | N  |
|-----------|---|-------------|----|
| Model     | 1 | POGIL       | 30 |
|           | 2 | Ekspositori | 30 |
| Kemampuan | 1 | Tinggi      | 36 |
| Awal      | 2 | Rendah      | 24 |

##### Descriptive Statistics

Dependent Variable: Keterampilan Proses Sains

| Model       | Kemampuan Awal | Mean | Std. Deviation | N  |
|-------------|----------------|------|----------------|----|
| POGIL       | Tinggi         | 4,50 | 2,229          | 18 |
|             | Rendah         | 2,58 | 3,260          | 12 |
|             | Total          | 3,73 | 2,803          | 30 |
| Ekspositori | Tinggi         | 2,28 | 2,947          | 18 |
|             | Rendah         | 2,25 | 2,864          | 12 |
|             | Total          | 2,27 | 2,864          | 30 |
| Total       | Tinggi         | 3,39 | 2,811          | 36 |
|             | Rendah         | 2,42 | 3,006          | 24 |
|             | Total          | 3,00 | 2,905          | 60 |

##### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Keterampilan Proses Sains

| Source                        | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F            | Sig.        |
|-------------------------------|-------------------------|----|-------------|--------------|-------------|
| Corrected Model               | 58,722 <sup>a</sup>     | 3  | 19,574      | 2,495        | ,000        |
| Intercept                     | 485,344                 | 1  | 485,344     | 61,873       | ,000        |
| <b>Model</b>                  | 23,511                  | 1  | 23,511      | <b>9,297</b> | <b>,000</b> |
| <b>Kemampuan Awal</b>         | 13,611                  | 1  | 13,611      | <b>7,135</b> | <b>,000</b> |
| <b>Model * Kemampuan Awal</b> | 12,844                  | 1  | 12,844      | <b>6,137</b> | <b>,002</b> |
| Error                         | 439,278                 | 56 | 7,844       |              |             |
| Total                         | 1038,000                | 60 |             |              |             |
| Corrected Total               | 498,000                 | 59 |             |              |             |

a. **R Squared = ,711** (Adjusted R Squared = ,695)

Level of significance 0,05

dfn = 1 ; dfd = 56; **F<sub>table</sub> = 4,02**

#### Estimated Marginal Means

##### 1. Model

| Model       | Mean  | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|-------------|-------|------------|-------------------------|-------------|
|             |       |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| POGIL       | 3,542 | ,522       | 2,496                   | 4,587       |
| Ekspositori | 2,264 | ,522       | 1,218                   | 3,309       |

##### 2. Kemampuan Awal

| Kemampuan Awal | Mean  | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|----------------|-------|------------|-------------------------|-------------|
|                |       |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| Tinggi         | 3,389 | ,467       | 2,454                   | 4,324       |
| Rendah         | 2,417 | ,572       | 1,271                   | 3,562       |

##### 3. Model \* Kemampuan Awal

| Model       | Kemampuan Awal | Mean  | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|-------------|----------------|-------|------------|-------------------------|-------------|
|             |                |       |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| POGIL       | Tinggi         | 4,500 | ,660       | 3,178                   | 5,822       |
|             | Rendah         | 2,583 | ,809       | ,964                    | 4,203       |
| Ekspositori | Tinggi         | 2,278 | ,660       | ,955                    | 3,600       |
|             | Rendah         | 2,250 | ,809       | ,630                    | 3,870       |

## B. Hasil Uji Hipotesis Hasil Belajar Kognitif Keseimbangan Kimia

### Univariate Analysis of Variance

#### Between-Subjects Factors

|           |   | Value Label | N  |
|-----------|---|-------------|----|
| Model     | 1 | POGIL       | 30 |
|           | 2 | Ekspositori | 30 |
| Kemampuan | 1 | Tinggi      | 36 |
| Awal      | 2 | Rendah      | 24 |

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable: Hasil Belajar Kognitif

| Model       | Kemampuan Awal | Mean  | Std. Deviation | N  |
|-------------|----------------|-------|----------------|----|
| POGIL       | Tinggi         | 13,44 | 3,365          | 18 |
|             | Rendah         | 12,92 | 2,466          | 12 |
|             | Total          | 13,23 | 3,002          | 30 |
| Ekspositori | Tinggi         | 11,50 | 1,249          | 18 |
|             | Rendah         | 9,83  | 1,586          | 12 |
|             | Total          | 10,83 | 1,599          | 30 |
| Total       | Tinggi         | 12,47 | 2,688          | 36 |
|             | Rendah         | 11,37 | 2,568          | 24 |
|             | Total          | 12,03 | 2,674          | 60 |

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hasil Belajar Kognitif

| Source                        | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F             | Sig.        |
|-------------------------------|-------------------------|----|-------------|---------------|-------------|
| Corrected Model               | 108,406 <sup>a</sup>    | 3  | 36,135      | 6,454         | ,001        |
| Intercept                     | 8189,136                | 1  | 8189,136    | 1462,683      | ,000        |
| <b>Model</b>                  | 91,003                  | 1  | 91,003      | <b>16,254</b> | <b>,000</b> |
| <b>Kemampuan Awal</b>         | 17,336                  | 1  | 17,336      | <b>9,306</b>  | <b>,000</b> |
| <b>Model * Kemampuan Awal</b> | 4,669                   | 1  | 4,669       | <b>8,340</b>  | <b>,000</b> |
| Error                         | 313,528                 | 56 | 5,599       |               |             |
| Total                         | 9110,000                | 60 |             |               |             |
| Corrected Total               | 421,933                 | 59 |             |               |             |

a. **R Squared = ,741** (Adjusted R Squared = ,727)

Level of significance 0,05

dfn = 1 ; ddf = 56; **F<sub>table</sub> = 4,02**

### Estimated Marginal Means

#### 1. Model

| Model       | Mean   | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|-------------|--------|------------|-------------------------|-------------|
|             |        |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| POGIL       | 13,181 | ,441       | 12,297                  | 14,064      |
| Ekspositori | 10,667 | ,441       | 9,783                   | 11,550      |

#### 2. Kemampuan Awal

| Kemampuan Awal | Mean   | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|----------------|--------|------------|-------------------------|-------------|
|                |        |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| Tinggi         | 12,472 | ,394       | 11,682                  | 13,262      |
| Rendah         | 11,375 | ,483       | 10,407                  | 12,343      |

#### 3. Model \* Kemampuan Awal

| Model       | Kemampuan Awal | Mean   | Std. Error | 95% Confidence Interval |             |
|-------------|----------------|--------|------------|-------------------------|-------------|
|             |                |        |            | Lower Bound             | Upper Bound |
| POGIL       | Tinggi         | 13,444 | ,558       | 12,327                  | 14,562      |
|             | Rendah         | 12,917 | ,683       | 11,548                  | 14,285      |
| Ekspositori | Tinggi         | 11,500 | ,558       | 10,383                  | 12,617      |
|             | Rendah         | 9,833  | ,683       | 8,465                   | 11,202      |