



Biosintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) untuk Analisis Kromium

Ria Kemala Dewi*, M. Lutfi Firdaus, Euis Nursa'adah

Prodi S2 Pendidikan IPA, JPMIPA, UNIB, Jl. WR. Supratman, Bengkulu, Indonesia

* Corresponding author email: riakemalade97@gmail.com

Sejarah Artikel

Diterima: 20-12-2023

Direvisi: 18-02-2024

Dipublikasi: 29-02-2024

Kata Kunci: Kromium, Nanopartikel Emas, Belimbing Wuluh, Kolorimetri

Abstrak

Salah satu logam berat yang dapat mencemari perairan adalah logam berat kromium (Cr). Kromium memiliki banyak peranan penting di dalam kehidupan. Kromium banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan terutama di dunia industri. Namun, banyaknya pemanfaatan kromium di industri dan limbah yang ditimbulkannya dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu cara penanganan pencemaran kromium ini yaitu dengan analisis keberadaan kromium di perairan. Tujuan penelitian ini ialah menganalisis keberadaan kromium menggunakan metode yang sederhana, efektif, ekonomis serta akurat yaitu biosintesis nanopartikel emas menggunakan sampel belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai bioreduktor dengan metode kolorimetri. Berdasarkan hasil analisis diperoleh data bahwa nanopartikel emas yang disintesis dari bioreduktor belimbing wuluh dapat mendeteksi kromium dengan konsentrasi 10 ppm dengan kondisi optimum pada pH 5, suhu 75°C, waktu inkubasi optimum 5 menit serta nanopartikel emas yang selektif dan sensitif untuk mendeteksi kromium.

Biosynthesis of Gold Nanoparticles Using Wuluh Star Fruit (*Averrhoa bilimbi*) for Chromium Analysis

Article History

Received: 20-12-2023

Revised: 18-02-2024

Published: 29-02-2024

Keywords: Chromium, Gold Nanoparticle, Kromium, Starfruit, Colorimetric.

Abstract

One of the heavy metals that can pollute waters is the heavy metal chromium (Cr). Chromium has many important roles in life. Chromium material is widely used by humans for various purposes, especially in the industrial world. However, the large number of uses of chromium in the industrial world and the waste it generates can have a negative impact on the environment and human health. One way to deal with chromium pollution is by analyzing the presence of chromium in waters. The aim of this research is to analyze the presence of chromium using a simple, effective, economical and accurate method, namely the biosynthesis of gold nanoparticles using samples of starfruit (*Averrhoa bilimbi*) as a bioreduktor rich in ascorbic acid, with a colorimetric method, namely a method based on the aggregation of gold nanoparticles with ascorbic acid from starfruit, which causes a shift in plasmons and causes color changes that can be seen by the eye. Based on the analysis results, data was obtained that gold nanoparticles synthesized from the starfruit bioreduktor can detect chromium with a concentration of 10 ppm with optimum conditions at pH 5, temperature 75°C, optimum incubation time of 5 minutes and gold nanoparticles are selective and sensitive for detecting chromium.

How to Cite: Dewi, R., Firdaus, M., & Nursa'adah, E. (2024). Biosynthesis of Gold Nanoparticles Using Wuluh Star Fruit (*Averrhoa bilimbi*) for Chromium Analysis. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 12(1), 44-55. doi:<https://doi.org/10.33394/hjkk.v12i1.10188>



<https://doi.org/10.33394/hjkk.v12i1.10188>

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](#).



PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup di bumi ini. Hampir semua aktivitas sehari-hari melibatkan air (Hitsmi et al., 2019). Berdasarkan Peraturan Menteri

Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 bahwa air bersih, sehat dan bermanfaat bagi tubuh merupakan air yang tidak mengandung logam berat dengan konsentrasi yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Secara fisika, logam berat ialah logam yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 dan bobot ini beratnya lima kali dari berat air (Agustina & Teknik, 2014). Beberapa jenis logam berat masih dibutuhkan oleh makhluk hidup, namun dalam jumlah yang sangat sedikit dan beberapa lainnya beracun (Palar, 2008).

Salah satu logam berat yang dapat mencemari perairan adalah logam berat kromium (Cr). Kromium memiliki banyak peranan penting didalam kehidupan. Bahan kromium banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan misalnya dalam bidang litografi, tekstil, fotografi, zat warna, dan lain sebagainya (Palar, 2008). Namun demikian, banyaknya pemanfaatan kromium di dunia industri dan limbah yang ditimbulkannya dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan juga kesehatan manusia. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa batas maksimum kromium di lingkungan perairan adalah sebesar 0,05 mg/L.

Terakumulasinya krom dalam jumlah besar di tubuh manusia jelas-jelas mengganggu kesehatan karena krom memiliki dampak negatif terhadap organ hati, ginjal serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup. Selain itu juga bersifat karsinogen (penyebab kanker), teratogen (menghambat pertumbuhan janin) dan mutagen (Schiavon et al., 2008). Dampak kromium yang ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis, kromium dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian organisme (Palar, 2008). Akumulasi logam berat kromium dapat menyebabkan kerusakan terhadap organ respirasi dan dapat juga menyebabkan timbulnya kanker pada manusia (Suprpti, 2012).

Mengingat banyaknya bahaya yang ditimbulkan oleh kromium tersebut, maka perlu adanya solusi untuk mengatasi hal itu. Salah satunya dengan menganalisis kadar kromium pada suatu lingkungan perairan sebagai upaya untuk meminimalisir bahaya yang dapat ditimbulkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai metode analisis untuk mendeteksi keberadaan kromium menggunakan metode yang sederhana, efektif, ekonomis serta akurat perlu dilakukan salah satunya analisis menggunakan nanopartikel emas (NPE). Seperti Shellaiah, et al., (2016) yang telah berhasil melakukan penelitian tentang sintesis emas polos sederhana yang dimanfaatkan untuk deteksi kolorimetri cepat ion Cr^{3+} yang berada di dalam media berair dengan aplikasi sampel nyata.

Menurut (Kumar & Cumbal, 2016), nanopartikel emas memiliki karakteristik yang unik yaitu memiliki serapan pada panjang gelombang daerah visible yang dapat digunakan sebagai sensor kolorimetrik. Metode sensor kolorimetrik berdasarkan atas agregasi nanopartikel emas dengan target, yang mengakibatkan terjadinya pergeseran plasmon yang akan menyebabkan perubahan warna yang dapat dilihat dengan mata. Preparasi nanopartikel umumnya dilakukan dengan cara fotokimia, sonokimia, dan cara lainnya (Abdullah, et al., 2008). Namun terdapat cara yang cenderung lebih ramah lingkungan dan aman dibandingkan dengan penggunaan bahan-bahan kimia anorganik yaitu dengan cara reduksi kimia biosintesis. Hal ini sangat populer karena alasan faktor kemudahan, biaya yang relatif lebih murah serta kemungkinan untuk diproduksi dalam skala besar. Metode ini menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan karena mampu meminimalisir penggunaan bahan-bahan yang berbahaya.

Metode biosintesis merupakan metode sintesis NPE yang memanfaatkan berbagai jenis sumber alam seperti, ekstrak tanaman, alga, bakteri, jamur, ragi dan virus sebagai bioreduktor (Thakkar et al., 2010) Salah satu ekstrak tanaman yang memiliki kemampuan untuk dijadikan sebagai agen pereduksi yaitu buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*). Tanaman ini memiliki kandungan senyawa metabolik sekunder berupa asam askorbat

(vitamin C) yang cukup tinggi yang dapat berperan sebagai bioreduktor pada proses sintesis nanopartikel (Azhar, 2019). Oleh karena itu, buah belimbing wuluh berpotensi untuk digunakan sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel emas yang kemudian akan dikarakterisasi menggunakan metode kolorimetri dengan spektrofotometri UV-Vis.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis ingin mengetahui kemampuan biosintesis nanopartikel emas dalam menganalisis kromium menggunakan metode kolorimetri dengan spektrofotometri UV-Vis menggunakan bioreduktor buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) untuk menanggulangi pencemaran lingkungan perairan.

METODE

Pembuatan Larutan HAuCl₄ 0,25 mM

Larutan HAuCl₄ 0,25 mM dibuat dengan cara mengencerkan larutan stock HAuCl₄ 52,04 mM. Sebanyak 480 µL larutan HAuCl₄ 52,04 mM, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan air demineralisasi sampai tanda batas labu ukur.

Pembuatan Ekstrak Buah Belimbing Wuluh

Buah belimbing wuluh segar dipotong-potong dan ditimbang sebanyak 20 mg. Kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia. Setelah itu, dimasukkan ke dalam 100 ml air dan dipanaskan pada suhu 600C selama 15 menit. Selanjutnya, dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring Whatmann no.1 untuk menyaring ekstrak. Ekstrak buah belimbing wuluh siap digunakan untuk biosintesis NPE.

Biosintesis NPE Menggunakan Ekstrak Buah Belimbing Wuluh

Biosintesis NPE dilakukan dengan mencampurkan ekstrak buah jeruk nipis dan larutan HAuCl₄ dengan perbandingan tertentu. Sebanyak 10 mL larutan HAuCl₄ 0,25 mM dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian diaduk dan dipanaskan menggunakan *hot plate* hingga suhu mencapai 75°C. Setelah itu, ditambahkan ekstrak buah belimbing wuluh secara tetes demi tetes dengan perbandingan volume ekstrak dan HAuCl₄ yang digunakan yaitu 1:5, 1:15, 1:25, 1:50 dan 1:75. Setelah terjadi perubahan warna, suhu diturunkan hingga suhu ruangan dan *magnetic stirrer* dibiarkan tetap mengaduk hingga NPE terbentuk. Setelah NPE terbentuk, setiap perlakuan disimpan pada suhu ruang selama 1 hari, 2 hari dan 7 hari. NPE yang terbentuk diamati secara visual dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 300-700 nm. Hasil yang paling optimum dari proses biosintesis tersebut, selanjutnya kondisi optimum NPE ditentukan sebagai indikator kolorimetri kromium.

Penentuan pH Optimum

Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara diambil sebanyak 1 mL NPE, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet. Lalu, ditambahkan larutan asam dan basa masing-masing secara tetes demi tetes, bertujuan untuk menurunkan dan menaikkan pH dari NPE yang akan dianalisis kondisi pH optimumnya. Penambahan asam berfungsi untuk menurunkan pH NPE dari pH 5 menjadi pH 2 dan 3. Sedangkan penambahan basa berfungsi untuk menaikkan pH NPE menjadi pH 7 dan 9. Kemudian, ditambahkan logam kromium ke dalam masing-masing NPE dengan berbagai perlakuan pH tersebut. Kondisi pH optimum dari NPE ini dapat dilihat dari perubahan nilai absorbansi tertinggi pada spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan Suhu dan Waktu Inkubasi Optimum

Penentuan suhu optimum dilakukan dengan cara diambil sebanyak 1 mL NPE pada pH optimum, kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Setelah itu, diberi 3 perlakuan, pertama diletakkan labu erlenmeyer yang berisi NPE ke dalam gelas kimia berisi

air dingin (es batu) dan diukur perubahan suhu hingga 15°C. Perlakuan kedua, diletakkan labu erlenmeyer berisi NPE ke dalam gelas kimia yang berisi air panas dan diukur perubahan suhu hingga 45°C. Perlakuan ketiga, NPE diberi perlakuan pada suhu ruang (30°C). Setelah itu, ditambahkan kromium pada masing-masing perlakuan dan diukur perubahan absorbansinya pada panjang gelombang 300-700 nm.

Sedangkan untuk penentuan waktu inkubasi optimum dilakukan dengan cara diambil 1 mL NPE pada pH dan suhu optimum, kemudian ditambahkan kromium dan diinkubasi selama beberapa waktu berbeda yaitu 1 menit, 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Setelah itu, diukur perubahan absorbansi dari setiap perlakuan pada panjang gelombang 300-700 nm.

Pembuatan Larutan Logam Standar

Larutan stock Cr 1000 ppm dibuat dengan menimbang serbuk $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 100 mg, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Setelah itu, ditambahkan air demineralisasi sampai tanda batas labu ukur dan digoncangkan hingga homogen. Kemudian larutan stock Cr tersebut diencerkan menjadi 20 ppm, 16 ppm, 12 ppm, 10 ppm, 8 ppm dan 4 ppm.

Larutan stock logam standar dibuat dengan cara menimbang dan melarutkan logam tersebut didalam labu ukur 100 mL dengan air demineralisasi. Massa dari masing-masing logam untuk membuat larutan 1000 ppm dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Massa Logam untuk Membuat Larutan 1000 ppm

Logam	Massa
$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100 mg
HgSO_4	100 mg
$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	100 mg
ZnCl_2	100 mg
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	100 mg
CaCl_2	100 mg
$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	100 mg
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	100 mg
$\text{CO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	100 mg
NiSO_4	100 mg
NaCl	100 mg
KCl	100 mg
$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100 mg

Penentuan Selekitifitas NPE terhadap Logam Berat

Sebanyak 0,5 mL larutan koloid NPE yang telah dibuat pada kondisi optimum dimasukkan ke dalam kuvet, kemudian masing-masing sebanyak 0,5 mL larutan logam standar yang mengandung ion Ba^{2+} , Hg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} , K^+ , Na^+ , Mn^{2+} , dan Ni^{2+} , dengan konsentrasi 10 ppm ditambahkan ke dalam kuvet. Kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-700 nm. Keselektifan NPE terhadap logam ditentukan dengan melihat perubahan warna nanopartikel yang paling mencolok dan perubahan absorbansi yang paling besar setelah penambahan larutan standar logam.

Penentuan Sensitifitas NPE terhadap Cr(III)

Uji kesensitifan NPE dilakukan dengan memasukkan masing-masing NPE pada kondisi optimum sebanyak 0,5 mL ke dalam kuvet, kemudian ditambahkan dengan 0,5 mL larutan Cr(III) dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, 20 ppm. Kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sensitivitas NPE

ditentukan dengan melihat perubahan absorbansinya setelah penambahan larutan Cr(III) yang dibandingkan dengan absorbansi larutan blanko (tanpa penambahan Cr(III)).

Pembuatan Kurva Kalibrasi Metode Spektrofotometri UV-Vis

1. Larutan blanko berupa akuades dan campuran NPE dengan larutan standar kromium 0; 4; 8; 12; 16; 20 ppm disiapkan.
2. Selanjutnya larutan blanko dan campuran NPE dengan larutan standar kromium 0; 4; 8; 12; 16; 20 ppm yang telah disiapkan tersebut diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimumnya.
3. Kemudian dari hasil absorbansi yang diperoleh dibuat kurva standar (kalibrasi) absorbansi vs konsentrasi kromium.

Penentuan Persamaan Regresi Kurva Kalibrasi Spektrofotometri UV-Vis

Kurva Kalibrasi metode spektrofotometri Vis dibuat dengan cara memplotkan konsentrasi dengan nilai absorbansi yang didapat dari hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis sehingga diperoleh persamaan regresi $y = mx + C$ (Riyanto, 2014) menggunakan program microsoft excel 2010.

Penentuan *Limit of Detection* (LOD) Metode Spektrofotometri UV-Vis

Penentuan batas deteksi/ *Limit of Detection* (LOD) NPE cairan dengan penambahan larutan standar kromium konsentrasi μM menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, dilakukan dengan cara mengukur absorbansi dari NPE sebanyak 10 kali pengulangan.

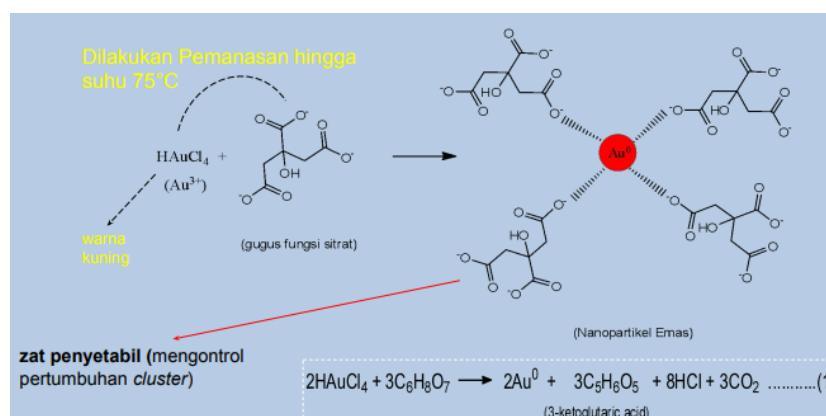
LOD dihitung dengan cara mencari nilai standar deviasi (SD) dari nilai intensitas serapan warna merah untuk setiap pengulangan dan nilai gradien dari kurva kalibrasi NPE. Setelah memperoleh nilai standar deviasi (SD) dan gradien, maka LOD dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$LOD = \frac{3 \times SD}{Slope}$$

Keterangan, LOD = Batas deteksi; SD = Standar deviasi; dan Slope= Gradien/kemiringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, proses terbentuknya NPE setelah pencampuran ekstrak belimbing wuluh dan larutan HAuCl_4 ditandai dengan terjadinya perubahan warna larutan HAuCl_4 dari bening menjadi merah anggur. Proses perubahan warna terjadi setelah dilakukan proses pemanasan menggunakan *hot plate* hingga suhu 75°C . Hal ini dikarenakan terjadinya peristiwa *Surface Plasmon Resonance* (SPR) yang mengakibatkan eksitasi elektron pada permukaan NPE.



Gambar 1. Mekanisme terbentuknya NPE

Tahapan pemanasan pada sintesis NPE berfungsi untuk mempercepat proses terbentuknya NPE. Energi kalor dengan tingkat energi yang sesuai memiliki peluang yang besar untuk membantu mempercepat proses biosintesis nanopartikel emas. Namun, apabila proses pemanasan tidak dihentikan maka akan terus terjadi pertumbuhan ukuran partikel (*cluster*), yang mengakibatkan koloid NPE berubah menjadi suspensi dengan menghasilkan endapan emas berwarna ungu kecoklatan yang menunjukkan ukuran partikel menjadi besar (*bulk*). Perubahan warna inilah yang menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan cluster (Amiruddin & Taufikurrohman, 2013).

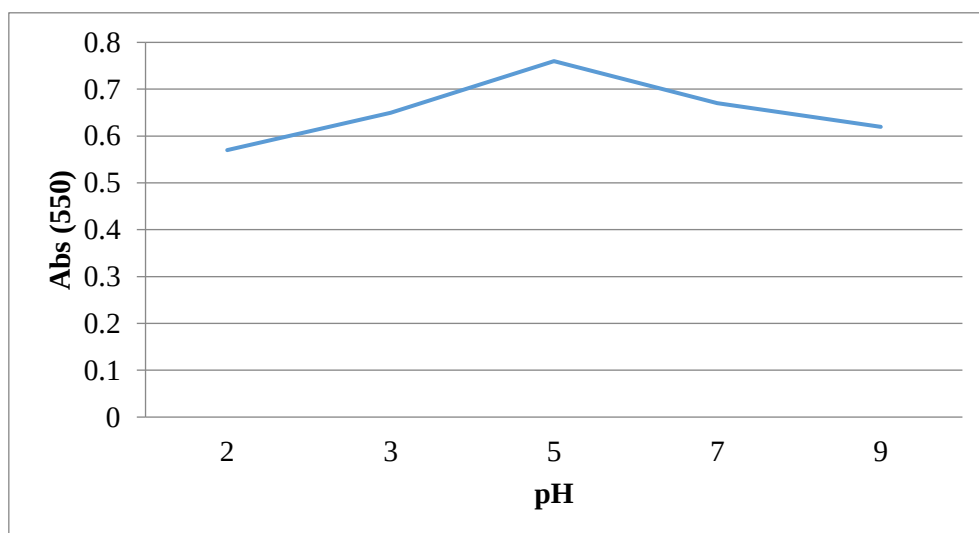
Perbandingan Ekstrak Belimbing Wuluh dengan HAuCl_4

Pada penelitian ini dilakukan variasi perbandingan antara volume ekstrak belimbing wuluh sebagai bioreduktor dengan HAuCl_4 untuk mendapatkan konsentrasi kondisi maksimum NPE, biosintesis NPE pada penelitian ini dilakukan variasi perbandingan antara volume ekstrak belimbing wuluh sebagai bioreduktor dengan HAuCl_4 . Variasi perbandingan yang dibentuk yaitu 1:05 ; 1:15 ; 1:25 ; 1:50 dan 1:75.

NPE pada kondisi optimum, diamati berdasarkan puncak absorbansi maksimum pada panjang gelombang antara 500-550 nm dan kestabilan NPE yang terbentuk diukur berdasarkan penurunan puncak absorbansi maksimum dan diperoleh panjang gelombang maksimum terdapat pada NPE belimbing wuluh dengan perbandingan 1:5 yaitu pada panjang gelombang 550 nm.

Penentuan pH Optimum

Setelah dilakukan biosintesis NPE, diperoleh NPE (perbandingan volume optimum) dengan kondisi pH 5. Selanjutnya dilakukan penentuan pH optimum dengan beberapa perlakuan pH pada NPE. Perlakuan pertama dikondisikan NPE pada pH 5. Perlakuan kedua, dikondisikan NPE pada pH 2 dan 3 yang bertujuan untuk menguji kemampuan NPE pada kondisi yang terlalu asam, sedangkan perlakuan ketiga dikondisikan NPE pada pH 7 dan 9 yang bertujuan untuk melihat kemampuan NPE pada kondisi yang lebih basa dibandingkan pH awal (pH 5). Semua perlakuan tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi pH NPE yang dapat bekerja optimum dalam mendeteksi kromium. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kondisi optimum NPE yaitu pada pH 5 (pH awal).



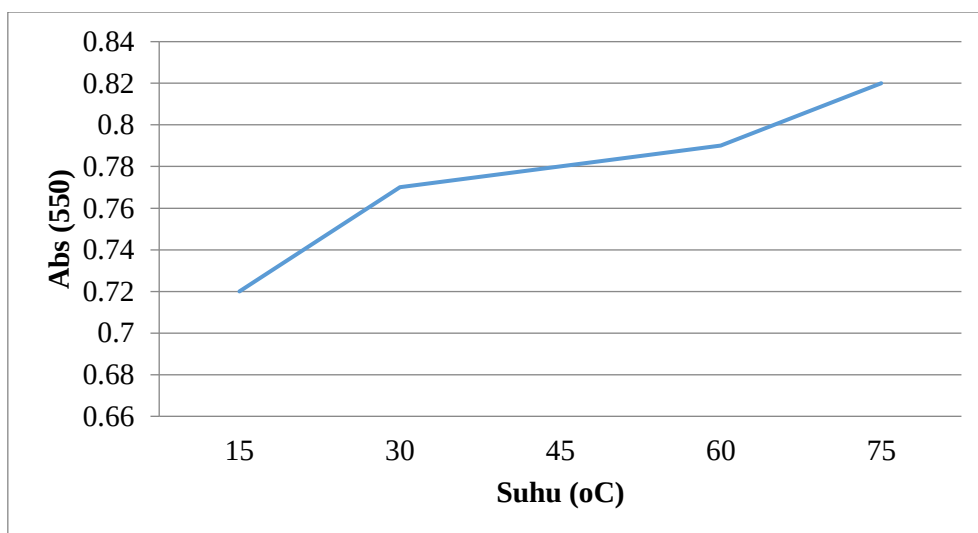
Gambar 2. kondisi pH optimum NPE untuk mendeteksi kromium

Berdasarkan gambar 2. diketahui bahwa kondisi pH optimum NPE dalam mendeteksi Kromium yaitu pH 5. Hal ini dikarenakan pada kondisi yang terlalu asam (pH 2 dan 3) menyebabkan protonasi pada gugus fungsi sitrat/*capping agent* yang mengakibatkan

terjadinya agregasi pada nanopartikel emas. Sehingga, dalam kondisi sebelum ditambahkan target (kromium), NPE langsung berubah warna dari merah menjadi abu-abu biru. Namun, pada kondisi pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan pH awal, kondisi NPE relatif stabil dan memiliki rasio absorbansi (640/530) yang hampir sama dengan NPE pada pH 5. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH 7 dan 9 tetap bisa mendeteksi Kromium, namun tidak semaksimal (belum optimum) seperti pada pH 5. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Hua Lo, *et al* (2015), yang melakukan penelitian tentang pendeteksian Kromium menggunakan HAuCl_4 dengan berbagai kondisi pH, dimulai dari pH 1 hingga 12. Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa pada pH dibawah 5 memiliki rasio absorbansi (651/525) yang meningkat. Hua Lo menjelaskan bahwa, pada kondisi yang terlalu asam ini juga, *capping agent* mengalami protonasi yang menyebabkan terjadinya agregasi pada NPE. Sedangkan pada pH (5-9) kondisi NPE cenderung stabil, namun pada pH diatas 9 terjadi penurunan rasio absorbansi (651/525) akibat terbentuknya koloid $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Penentuan Suhu Optimum

Pada penentuan suhu optimum NPE, dilakukan berbagai variasi kondisi suhu yaitu 15°C hingga 75°C dengan perbedaan suhu sebesar 15°C untuk tiap perlakuan. Hal ini bertujuan untuk menentukan suhu yang paling optimum NPE sebagai indikator kolorimetri.

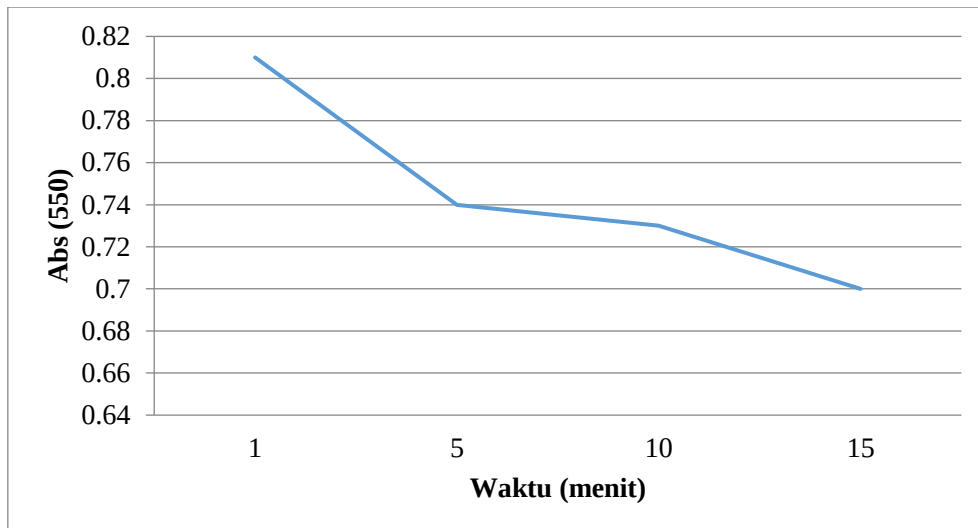


Gambar 3. Kondisi suhu optimum NPE untuk mendeteksi kromium

Pada gambar 3. menunjukkan bahwa kondisi optimum NPE dalam mendeteksi kromium yaitu pada suhu 75°C . Dari hasil yang diperoleh rasio absorbansi (640/550) maksimum terjadi pada 75°C . Hal ini menandakan bahwa pada kondisi tersebut laju reaksi antara gugus *capping agent* dengan kromium semakin cepat, sehingga agregasi yang terjadi lebih maksimum dengan ditandai perubahan warna menjadi abu-abu biru.

Penentuan Waktu Inkubasi Optimum

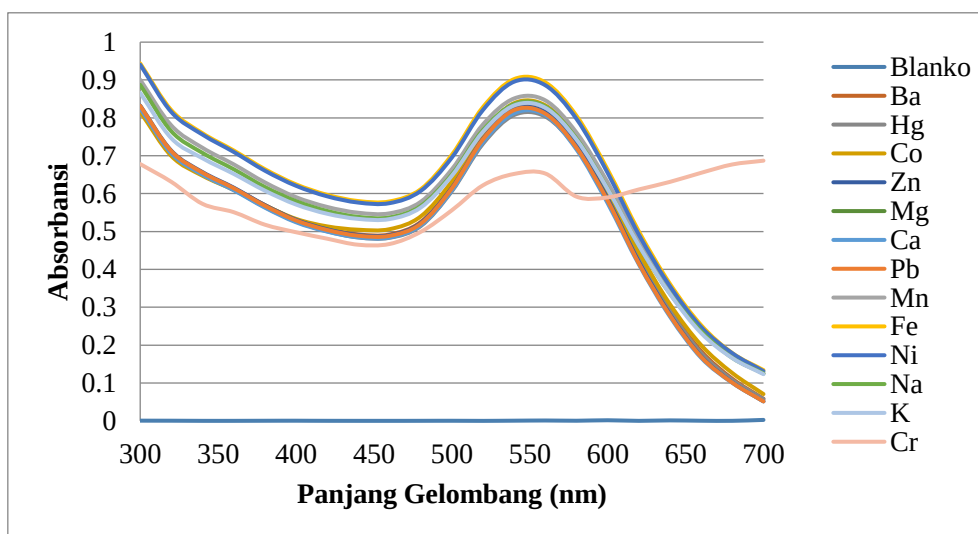
Penentuan waktu inkubasi optimum NPE dalam mendeteksi kromium dilakukan dengan berbagai perlakuan yaitu diinkubasi selama 1 menit, 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa waktu inkubasi optimum dalam mendeteksi kromium yaitu selama 5 menit. Hal ini dikarenakan pada waktu inkubasi 5 menit telah diperoleh rasio absorbansi (640/550) maksimum, yang menandakan bahwa agregasi telah terjadi dengan adanya perubahan warna NPE menjadi abu-abu biru. Pada waktu diatas 5 menit (10-15 menit) rasio absorbansi (640/550) relatif sama dan tidak terjadi perubahan yang besar, sehingga guna mengefektifkan penelitian yang dilakukan maka waktu inkubasi optimum yaitu selama 5 menit.



Gambar 4. Kondisi waktu inkubasi optimum NPE untuk mendeteksi kromium

Pengujian Keselektifan NPE terhadap Kromium

Pengujian keselektifan ini bertujuan untuk mengetahui apakah logam-logam selain kromium dapat memberikan pengaruh yang cukup besar, terhadap absorbansi NPE yang akan digunakan sebagai indikator kolorimetri pendeteksian kromium pada sampel air lingkungan. Hal ini dikarenakan pada sampel air lingkungan nantinya tidak hanya mengandung kromium saja, melainkan terdapat kemungkinan adanya logam-logam lain selain kromium.

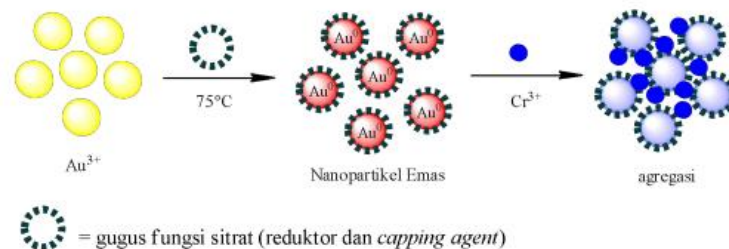


Gambar 5. Spektrum UV-Vis Pengujian Keselektifan NPE Penambahan 0,5 ml Larutan Logam 10 ppm

Berdasarkan gambar 5. dapat diketahui bahwa NPE hasil biosintesis selektif terhadap kromium. Hal ini diketahui dari warna yang dihasilkan setelah penambahan analit kromium yaitu abu-abu biru (sebagai warna komplementer), sehingga warna yang terukur di spektrofotometer UV-Vis yaitu warna merah pada kisaran panjang gelombang (610-750 nm).

NPE selektif terhadap Cr^{3+} yang ditandai dengan perubahan warna menjadi abu-abu biru. Hal ini dapat terjadi dikarenakan ion logam trivalen akan mudah mengintervensi ion logam seperti Cr(III) , sehingga NPE selektif terhadap Cr(III) . Selain itu juga hal ini dapat terjadi

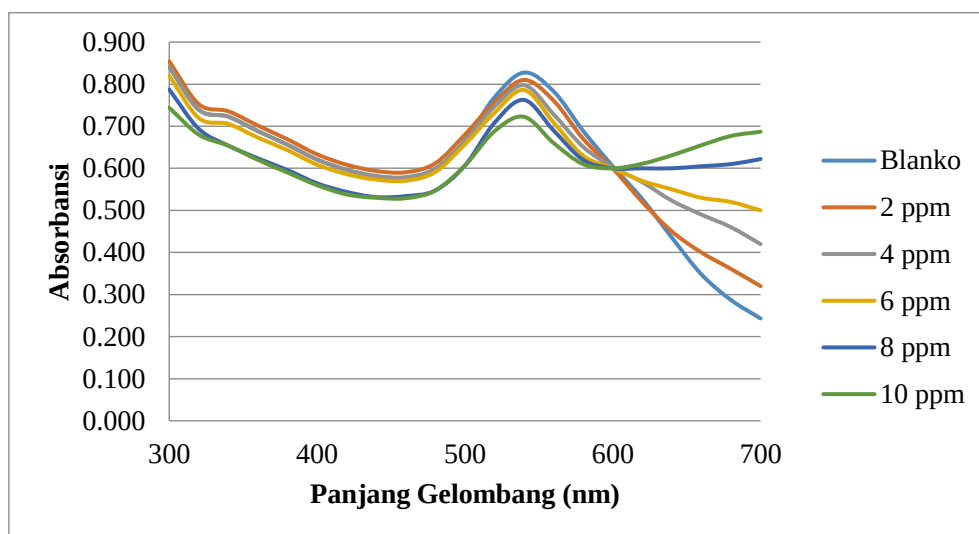
akibat adanya interaksi gugus *capping agent* yang selektif ion (ionofor) dengan ion Cr(III) (Amourizi et al., 2020). Ion kromium dapat menyebabkan agregasi NPE akibat interaksi ion sitrat pada NPE yang disertai transfer muatan intramolekul. Hal ini dikarenakan konfigurasi elektron terluar Cr^{3+} merupakan reseptor elektron yang kuat untuk mengisi setengah orbital d yang kosong. Selain itu juga, ion Cr juga memiliki muatan efektif yang lebih tinggi, radius yang lebih kecil dan kemampuan koordinasi yang lebih kuat dibandingkan ion logam transisi lainnya, sehingga membuat metode ini selektif terhadap kromium (Li et al., 2017). Berikut merupakan ilustrasi mekanisme yang terjadi antara NPE dengan Cr(III).



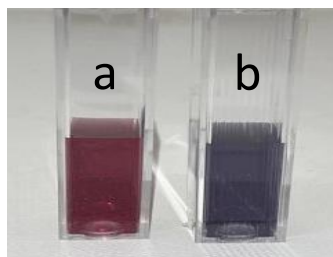
Gambar 6. Ilustrasi Mekanisme Pendeteksian Kromium dengan NPE

Uji Sensitifitas NPE terhadap Kromium

Setelah dilakukan pengujian keselektifan NPE terhadap kromium, selanjutnya dilakukan penentuan sensitifitas NPE yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan NPE dalam mendeteksi kromium. Data hasil uji sensitifitas NPE pada kromium dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 7. Spektrum UV-Vis Pengujian Sensitifitas NPE terhadap Kromium



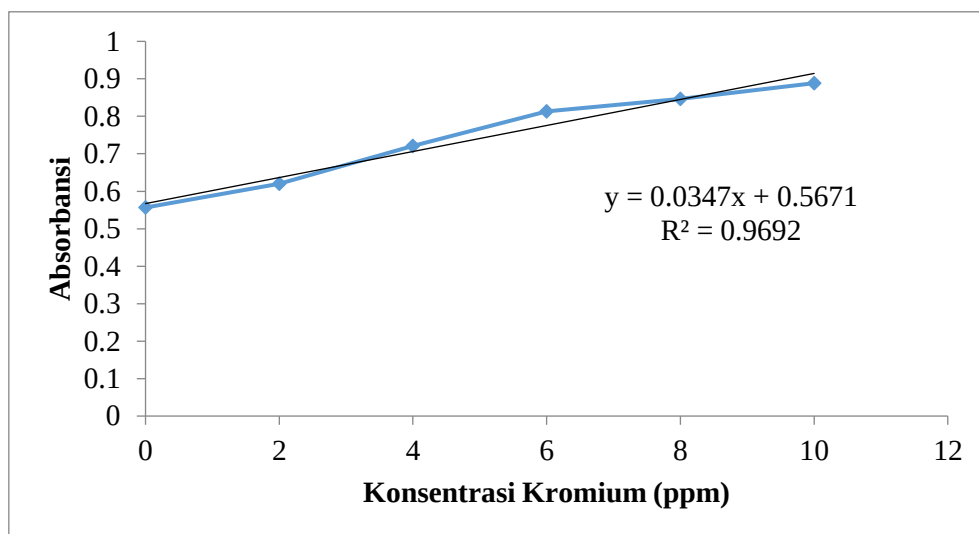
Gambar 8. (a) NPE, (b) NPE + Kromium

Berdasarkan gambar 7. terlihat bahwa seiring bertambahnya konsentrasi Cr(III) yang ditambahkan pada NPE terjadi penurunan puncak absorbansi pada 550 nm dan muncul

puncak baru pada 640 nm dengan terjadi kenaikan absorbansi seiring bertambahnya konsentrasi Cr(III). Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya konsentrasi analit, semakin banyak pula partikel didalamnya sehingga agregasi yang terjadi juga semakin cepat. Oleh karena itu, perubahan warna NPE yang semakin pekat dan terus menerus berubah menjadi abu-abu biru berbanding lurus dengan bertambahnya konsentrasi Cr(III). Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 8.

Analisis Melamin Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-VIS

Setelah dilakukan pengujian keselektifan dan kesensitifan NPE terhadap kromium, selanjutnya dilakukan analisa terhadap kromium secara spektrofotometri UV-Vis. Pada penambahan kromium dilakukan analisis dengan membuat kurva kalibrasi dari rasio absorbansi (640/550) yang merupakan puncak absorbansi yang mengalami penurunan dan kenaikan absorbansi terhadap tiap konsentrasi yang ditambahkan. Berikut kurva kalibrasi Spektrofotometri UV-Vis untuk analisis kromium.



Gambar 9. Kurva Kalibrasi NPE + Kromium

Tabel 2. Penentuan LOD dan LOQ

Pengulangan (Blanko)	Konsentrasi (nM)
0,55659	0,920279
0,50876	0,835937
0,52793	0,869741
0,60032	0,997390
0,53268	0,878117
0,58791	0,975507
0,51076	0,839464
0,56803	0,940451
0,56889	0,941968
0,58904	0,977500
Rerata	0,917635
SD	0,058741
RSD	6,401318
LOD	0,176222
LOQ	0,587408

Berdasarkan kurva kalibrasi dapat diketahui bahwa regresi yang diperoleh yaitu sebesar 0,9692. Hal ini menunjukkan bahwa metode deteksi kromium dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS memiliki akurasi yang akurat. Berdasarkan hasil analisis secara

spektrofotometri UV-Vis, diperoleh batas deteksi/LOD (*limit of detection*) dan LOQ (*limit of quantification*) pada kromium. Nilai LOD dan LOQ yang diperoleh dapat dilihat pada gambar tabel 2.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa NPE hasil dari biosintesis dengan reduktor ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terbukti mampu mendeteksi kromium yang dapat digunakan dalam analisis kromium di dalam perairan. Kondisi optimum NPE tersebut disintesis dengan perbandingan volume ekstrak dan HAuCl₄ adalah 1:50 dan kondisi pendeteksian pada pH 5, suhu 75°C serta waktu inkubasi selama 5 menit. Kesensitifan biosintesis NPE terhadap kromium mencapai 10 ppm. Hasil penelitian ini juga dikembangkan menjadi e-modul NPE yang akan bermanfaat bagi peserta didik dalam meningkatkan literasi kimia.

SARAN

Pada proses biosintesis NPE sebaiknya ditambahkan agen penyetabil (*stabilizing agent*) seperti, trisodium sitrat dihidrat, ligan sulfur (seperti tiolat), ligan fosfor, polimer atau surfaktan agar NPE yang dihasilkan memiliki kestabilan yang lebih lama. Selain ditambahkan agen penyetabil, sebaiknya NPE dibuat dalam bentuk PAD (*Paper Analytical Device*) agar dapat bertahan lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DRTPM Kemendikbudristek yang telah mendanai penelitian tesis magister (PTM) ini melalui grant nomor: 105/E5/PG.02.00.PT/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Yudistira, V., Nirmin., dan Khairurrijal. (2008). Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2(1): 33-57.
- Agustina, T., & Teknik, F. (2014). Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknoba*, 1(1), 53–65.
- Amiruddin, M. A., & Taufikurrohman, T. (2013). Material Peredam Radikal Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticle Using a Matrix of Bentonite in Scavenging Free Radicals in Cosmetics. *UNESA Journal of Chemistry Vol. 2, No. 1, January 2013*, 2(1), 68–75.
- Amourizi, F., Dashtian, K., & Ghaedi, M. (2020). Polyvinylalcohol-citrate-stabilized gold nanoparticles supported congo red indicator as an optical sensor for selective colorimetric determination of Cr(III) ion. *Polyhedron*, 176(February 2022), 114278. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2019.114278>
- Azhar, F. F. (2019). Pemanfaatan Nanopartikel Perak Ekstrak Belimbing Wuluh Sebagai Indikator Kolorimetri Logam Merkuri. *Jurnal Ipteks Terapan*, 13(1), 34. <https://doi.org/10.22216/jit.2019.v13i1.3614>
- Hitsmi, M., Firdaus, M. L., & Nurhamidah, N. (2019). Pengembangan Metode Citra Digital Berbasis Aplikasi Android Untuk Analisis Ion Logam Cr(VI). *Alotrop*, 2(2), 117–124. <https://doi.org/10.33369/atp.v4i2.13835>

- Hua Lo, S., Chun Wu Ming, Venkatesan Parthiban dan Pao Wu Shu, (2015). Colorimetric Detection of Chromium(III) using O-phospho- L-serine dithiocarbamic acid Functionalized Gold Nanoparticles. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 220 : 772-778
- Kumar, B., & Cumbal, L. (2016). UV-Vis , FTIR and antioxidant study of *Persea Americana* (*Avocado*) leaf and fruit : A comparison UV-Vis , FTIR y estudio antioxidante de *Persea Americana* hoja y fruto (*Avocado*): Una comparaci ´on. 13–20.
- Li, S., Wei, T., Ren, G., Chai, F., Wu, H., & Qu, F. (2017). Gold nanoparticles based colorimetric probe for Cr(III) and Cr(VI) detection. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 535(Iii), 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.09.028>
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Riyanto. 2014. *Verifikasi dan Validasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Schiavon, M., Pilon-Smits, E. A. H., Wirtz, M., Hell, R., & Malagoli, M. (2008). Interactions between Chromium and Sulfur Metabolism in *Brassica juncea* . *Journal of Environmental Quality*, 37(4), 1536–1545. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0032>
- Suprpti, N. H. (2012). Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), 36. <https://doi.org/10.14710/bioma.10.2.36-40>
- Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., & Parikh, R. Y. (2010). Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 6(2), 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2009.07.002>