**OPTIMASI TANAMAN PADI (*ORYZA SATIVA)* DI KABUPATEN SIMALUNGUN DENGAN PEMROGRAMAN KUADRATIK**

**MODEL *WOLFE* DAN METODE FUNGSI**

**PENALTI EKSTERIOR**

**TUGAS AKHIR JURNAL**

 *Untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar sarjana matematika*



**OLEH:**

**WULANDARI**

**NIM. 0703192028**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**

**SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2023**

**PERSETUJUAN ARTIKEL JURNAL TERAKREDITASI NASIONAL**

Hal : Persetujuan Artikel Jurnal

Lampiran : -

Kepada Yth,

Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

*Assalamu’alaikum Wr.Wb.*

Setelah membaca, meneliti dan memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa Artikel Jurnal saudara:

Nama : Wulandari

Nim : 0703192028

Program Studi : Matematika

Judul : Optimasi Tanaman Padi (*Oryza Sativa)* Di Kabupaten Simalungun

Dengan Pemrograman Kuadratik Model *wolfe* Dan Metode Fungsi Penalti Eksterior

Dapat disetujui untuk segera di kolokiumkan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Medan, Oktober 2023

Pembimbing

# Dr. Riri Syafitri Lubis, S.Pd.,M.Si

# NIP. 198407132009122002

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Matematika

Fakultas Sains Dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

**Dr. Ismail Husein, M.Si**

NIP. 199104222019031015

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN ARTIKEL JURNAL**

**TERAKREDITASI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wulandari

NIM : 0703192028

Judul : Optimasi Tanaman Padi (*Oryza Sativa*) Di Kabupaten Simalungun Dengan Pemrograman Kuadratik Model *Wolfe* Dan Metode Fungsi Penalti Eksterior

 Menyatakan benar bahwa artikel jurnal ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan dan masing-masing di sebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam artikel jurnal ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai peraturan yang berlaku.

Medan, Desember 2023

Wulandari

Nim. 0703192028

**ABSTRAK**

Optimasi merupakan suatu cara dalam mengoptimalkan fungsi tujuan dengan tetap memperhatikan batasan yang ada. Tujuan dari penelitian ini adalah membentuk model matematika guna mengoptimalkan rata-rata produksi tanaman padi sawah dan padi ladang di Kabupaten Simalungun serta menyelesaikan model dengan pemrograman kuadratik model *wolfe* dan metode fungsi penalti eksterior. Model matematika dalam penelitian ini merupakan model nonlinier yang dibuat melalui metode kuadrat terkecil. Pemrograman kuadratik menyelesaikan masalah nonlinear dengan cara mengubahnya menjadi permasalahan linear menggunakan kondisi *Kuhn Tucker* dan permasalahan linear diselesaikan menggunakan model *wolfe*. Sedangkan metode fungsi penalti eksterior menyelesaikan permasalahan nonlinear terbatas (berkendala), menjadi permasalahan nonlinear tidak terbatas (tidak berkendala).

 Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil optimal yang sama baik pemrograman kuadratik model *wolfe* maupun metode fungsi penalti eksterior dimana untuk rata-rata produksi tanaman padi sawah dan padi ladang di Kabupaten Simalungun yaitu 203,1925 ton dengan luas panen padi sawah 90,077 hektar dan luas panen padi ladang 13,092 hektar.

**Kata kunci** : Optimasi, Metode Kuadrat Terkecil, Pemrograman Kuadratik, Metode Fungsi Penalti Eksterior

# KATA PENGANTAR

Puji syukur *Alhamdulillah* peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi kesehatan, hidayah, dan kemudahan sehingga proposal jurnal peneliti yang berjudul **“Optimasi Tanaman Padi (*Oryza Sativa*) Di Kabupaten Simalungun Dengan Pemrograman Kuadratik Model *Wolfe* Dan Metode Fungsi Penalti Eksterior”** dapat selesai dengan baik. Laporan proposal jurnal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan tugas akhir pada program Strata-1 di Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Peneliti menyadari dalam penyusunan proposal jurnal ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. Nurhayati, M.Ag.**, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Bapak **Dr. Zulham, S.H.I, M.Hum** selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Bapak **Dr. Ismail Husein., M.Si.** selaku Kepala Program Studi Matematika di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan
4. Bapak **Dr. Hendra Cipta, M.Si.** selaku Sekretaris Program Studi Matematika di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan, sekaligus penasihat akademik yang memberikan motivasi dan dukungan dari awal hingga akhir perkuliahan.
5. Ibu **Dr. Riri Syafitri Lubis, S.Pd., M.Si.** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan berbagai kritik dan saran, motivasi, serta bimbingan kepada peneliti selama proses penyelesaian proposal jurnal ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Matematika Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah membagikan ilmunya kepada peneliti.
7. Orang tua peneliti, Ayah **Alm. Sumardi,** Ibu **Farida** serta abang **Tafdilah** yang telah mendidik, merawat serta doa dan kasih sayang yang tiada henti.
8. Sahabat peneliti **Putri Windi Utami, Eliza Khairunnisa, Nela Meilani,** serta seluruh teman-teman terbaik peneliti yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan semangatnya.
9. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Matematika terkhusus untuk kelas Matematika 3 Stambuk 2019, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan atas semua dukungan dan kerjasamanya.

 Akhir kata peneliti menyadari proposal jurnal ini tidak luput dari berbagai kekurangan pada teknik penelitian maupun materi. Peneliti mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya laporan proposal jurnal ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, menjadi sumbangsih pemikiran bagi pihak yang membutuhkan serta dapat dikembangkan lebih lanjut.

Medan, Maret 2023

**Wulandari**

Nim. 0703192028

**DAFTAR ISI**

**PERSETUJUAN ARTIKEL JURNAL**

**TERAKREDITASI NASIONAL i**

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN**

**ARTIKEL JURNAL TERAKREDITASI ii**

**ABSTRAK iii**

**KATA PENGANTAR iv**

**DAFTAR ISI vi**

**BAB 1 PENDAHULUAN 1**

**1.1. Latar Belakang Masalah 1**

**1.2 Rumusan Masalah 3**

**1.3. Batasan Masalah 3**

**1.4 Tujuan Penelitian 3**

**1.5 Manfaat Penelitian 3**

**BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5**

**2.1 Tanaman Padi (*Oryza Sativa*) 5**

**2.2 Optimisasi 5**

**2.3 Pemrograman Nonlinear 7**

**2.4 Syarat *Karush Kuhn Tucker* (KKT) 9**

**2.5 Pemrograman Linear 10**

**2.6 Metode Simpleks 12**

**2.7 Metode Simpleks Dua Fase 14**

**2.8 Pemrograman Kuadratik 15**

**2.9 Model *Wolfe* 16**

**2.10 Metode Fungsi Penalti Eksterior 17**

**2.11 Penelitian Terdahulu 18**

**BAB 3 METODE PENELITIAN 20**

**3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 20**

**3.2 Rancangan Penelitian 20**

**3.3 Metode Pengumpulan Data 20**

**3.4 Jenis dan Sumber Data 20**

**3.5 Variabel Penelitian 21**

**3.6 Prosedur Penelitian 21**

**3.7 Diagram Alir 23**

**BAB 4 PEMBAHASAN 24**

**4.1 Pembentukan Fungsi Tujuan**

**dengan Metode Kuadrat Terkecil 24**

**4.2 Penyelesaian Masalah Nonlinear 24**

**4.3 Penerapan Model pada Rata-Rata**

**Produksi Tanaman Padi di Kabupaten Simalungun 27**

**4.4 Penyelesaian Model dengan**

**Pemrograman Kuadratik Model *Wolfe* 32**

**4.5 Penyelesaian dengan Metode Penalti Eksterior 38**

**4.6 Analisa Hasil Penyelesaian dengan**

**Pemrograman Kuadratik dan Metode Penalti Eksterior 40**

**BAB 5 PENUTUP 42**

**5.1 Kesimpulan 42**

**5.2 Saran 42**

**DAFTAR PUSTAKA 44**

**BAB 1**

**PENDAHULUAN**

**1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara yang sebagian besar penduduknya bergantung pada beras sebagai makanan pokoknya. Dengan demikian, tidak dapat dipungkiri bahwa permintaan beras masyarakat akan sangat besar, namun nyatanya pusat-pusat yang ada di Indonesia masih belum mampu memenuhi permintaan beras masyarakat. Indonesia yang seharusnya menjadi negara agraris ternyata harus mengimpor beras dari berbagai negara, hal ini tentu merupakan keganjilan yang harus segera diatasi (Indainanto, Nasution, Fauzan, Ardian, & Dalimunthe, 2022)

Ketidakberdayaan Indonesia dalam memenuhi kebutuhan beras di Indonesia disebabkan oleh belum adanya pemahaman mengenai batasan produksi antar perkebunan pada tingkat petani. Pengembangan tanaman merupakan suatu gerakan yang diturunkan dari nenek moyang, namun seiring dengan peningkatan inovasi dan informasi, para petani harus dapat melatih sistem penanaman yang baik dan menarik untuk memperoleh hasil yang maksimal, sehingga kebutuhan pangan dalam negeri dapat terpenuhi dan terjaminnya keamanan. (Ruvananda & Taufik, 2022).

Sebagai tanaman pangan, sekitar 90% dari total penduduk Indonesia mengonsumsi nasi sebagai makanan pokok sehari-hari. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Simalungun tahun 2016-2022, produksi bahan makanan beras bervariasi dari tahun ke tahun, meskipun permintaan bahan makanan setiap tahun semakin meningkat. Oleh karena itu, pemerintah harus mencari alternatif untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah memaksimumkan hasil pertanian. Maka dilakukan penelitian untuk mengoptimasi hasil pertanian tersebut.

Kabupaten Simalungun merupakan sebuah Kabupaten yang terletak di provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Potensi terbesar Kabupaten Simalungun sebagian besar terletak pada produksi pertaniannya. Selama tahun 2016-2019 Kabupaten Simalungun memproduksi padi dengan jumlah 634.828,3 Ton, 447.135 Ton, 472.440 Ton dan 336.322 Ton berurutan. Hal ini menyebabkan ketidakstabilan rata-rata produksi pada setiap tahun (BPS, 2021).

Namun, ternyata produktivitas padi mengalami fluktuasi setiap tahunnya. Bahaya ini disebabkan oleh beberapa aspek, termasuk: curah hujan secara umum, penanaman besar-besaran, produksi, panen besar, dan umumnya hari-hari berangin kencang. Hal ini dapat menimbulkan kekacauan jika terjadi sesuatu ketika daya produksi mengalami penyusutan yang signifikan. Oleh karena itu, produktivitas tersebut perlu ditingkatkan sehingga dapat dinilai dengan baik bagaimana idealnya produktivitas berikutnya.

Optimasi merupakan suatu permasalahan penting yang sering dialami dalam kehidupan sehari-hari, sehingga terdapat banyak permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang memerlukan pendekatan perbaikan dalam penyelesaiannya. Persoalan kemajuan dibedakan menjadi dua macam, yakni permasalahan optimasi tanpa kendala serta permasalahan optimasi dengan kendala. Apabila kemampuan atau syarat wajarnya adalah kemampuan nonlinier maka disebut dengan pemrograman nonlinier, sedangkan jika kemampuan lurus disebut dengan pemrograman langsung (Erlina, Syaripuddin, & Tisna Amijaya, 2022 ).

Ada dua jenis pendekatan optimasi untuk permasalahan nonlinier terbatas: pendekatan langsung dan tidak langsung. Salah satu teknik yang bersifat langsung adalah strategi *Quadratic Programming*, sedangkan yang bersifat tidak langsung adalah metode fungsi penalti eksterior.

Pilihan ini dibuat karena metode simpleks dapat digunakan untuk menyelesaikan pemrograman kuadratik setelah diubah ke dalam bentuk linier. Sedangkan, metode penalti dipilih mengingat fakta bahwa sistem ini dapat menentukan masalah kendala secara lebih luas. (Insani & Sari, 2017).

Dari beberapa kasus yang ada, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Optimasi Tanaman Padi (*Oryza Sativa*) Di Kabupaten Simalungun Dengan Pemrograman Kuadratik Model *Wolfe* Dan Metode Fungsi Penalti Eksterior”**

**1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, produktivitas tanaman padi di Kabupaten Simalungun masih sering mengalami fluktuasi setiap tahunnya, dikhawatirkan produktivitas padi akan mengalami penurunan secara terus-menerus, penelitian ini mengoptimasi produktivitas tanaman padi khususnya di Kabupaten Simalungun.

**1.3 Batasan Masalah**

1. Penelitian ini menyelesaikan model nonlinear dan penerapannya terhadap penentuan produksi optimal pada tanaman padi sawah dan tanaman padi ladang di Kabupaten Simalungun.
2. Penelitian ini hanya menggunakan algoritma pemrograman kuadratik metode *wolfe* dan metode fungsi penalti eksterior

**1.4 Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan batasan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Buatlah struktur numerik untuk memperluas penciptaan tanaman di antara persemaian dan persawahan di Kabupaten Simalungun
2. Mengatasi struktur yang melibatkan teknik Wolfe untuk perhitungan pemrograman kuadrat dan sistem denda luar.
	1. **Manfaat Penelitian**
3. Bagi peneliti

Ujian ini dapat digunakan sebagai keterlibatan yang berarti dalam suatu pekerjaan untuk memperluas pemahaman dan kemampuan dalam mengembangkan informasi lebih lanjut, dapat menjadi alat yang berharga dalam menerapkan informasi tentang perhitungan pemrograman kuadrat dan teknik denda di bidang luar.

1. Bagi Institusi

Eksplorasi ini dapat dijadikan sebagai salah satu cara pandang dalam membuat proyek atau informasi unik untuk memperluas batas produksi tanaman padi di Kabupaten Simalungun.

1. Bagi Pembaca

Penelitian ini dapat menjadi informasi yang sangat berguna untuk sumber pembelajaran mengenai produktivitas tanaman padi agar nantinya tidak mengalami fluktuasi secara signifikan.

**BAB 2**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Tanaman Padi (*Oryza Sativa*)**

Tanaman padi (*Oryza sativa*) Merupakan tanaman pangan penting karena menghasilkan padi yang merupakan sumber pangan utama, seperti di Indonesia merupakan faktor penting dalam menyediakan pangan bagi masyarakat. Nasi merupakan makanan utama yang dimakan hampir seluruh masyarakat Indonesia setiap harinya. Konsumsi beras di Indonesia pada tahun 2022 akan mencapai 139 kilogram atau per tahun dengan jumlah penduduk 237 juta jiwa, sehingga pemanfaatan beras masyarakat pada tahun 2011 akan mencapai 34 juta ton (BPS, 2022).

Padi (Oryza sativa) merupakan tanaman tahunan yang termasuk dalam famili Poaceae. Indonesia merupakan negara yang mempunyai iklim yang liar dengan berbagai macam keharmonisan. Variasi Tipe ini merupakan sumber energi turun-temurun dan modal penting yang sangat penting untuk berkumpul dan menggarap tipe-tipe moderat (Budiwati, Kriswiyanti, & Astarini, 2019).

Berdasarkan tempat tumbuhnya, tanaman semut dapat dikumpulkan menjadi taman semut, taman semut (gogo), dan rawa antah (dapat mengisi air dalam). Kerangka pengembangan pembibitan diketahui lebih awal dibandingkan dengan pengembangan pusat. Kerangka pengembangan pembibitan pertama kali dikembangkan di Tiongkok, sedangkan kerangka pengembangan brilian pertama kali dikenal di Tanjung Korea. Di Indonesia, sistem pengembangan antah cerang sudah dikembangkan terlebih dahulu dibandingkan dengan sistem pengembangan taman antah. Hal ini terkait dengan contoh konvensional nenek moyang kita yang hidup berpindah-pindah sehingga ketika lahan pedesaan sudah berkurang kekayaannya, mereka akan membuka lahan baru untuk menanam berbagai jenis tanaman. (Utama , 2015).

**2.2 Optimisasi**

Optimisasi adalah metode standar untuk menentukan pengobatan yang paling efektif ketika menarik kesimpulan dari suatu kasus. Menangani kasus-kasus dalam perampingan ditujukan untuk mendapatkan manfaat yang paling besar atau paling kecil (Haida, 2021).

Ada beberapa metode optimisasi yaitu:

1. Optimisasi Secara Pemrograman Linier

Pemrograman lurus atau disebut perampingan langsung adalah teknik untuk mencapai hasil terbaik (seperti keuntungan terbesar atau pembayaran paling minimal) dalam struktur numerik di mana semua kebutuhan mendasar diperkenalkan dalam hubungan lurus. Program komputer penulisan langsung merupakan persoalan luar biasa (ilmu pemrograman) dan (pengefisienan matematika). Dalam istilah awam, pemrograman linier adalah teknik untuk mengoptimalkan persamaan linier, titik potong, dan pertidaksamaan.

1. Metode optimisasi stokastik

Metode optimisasi stokastikadalah sistem perampingan yang membuat dan menggunakan faktor-faktor tidak beraturan. Untuk masalah stokastik, faktor tidak teratur muncul dalam rincian masalah kemajuan itu sendiri, yang mencakup kualitas wajar yang sewenang-wenang atau persyaratan yang sewenang-wenang, misalnya. Beberapa strategi kemajuan stokastik menggunakan penekanan sewenang-wenang untuk mengatasi masalah stokastik, menggabungkan keduanya disebut perbaikan stokastik. Teknik perbaikan stokastik merangkum strategi deterministik terhadap isu-isu yang bersifat deterministik.

1. Optimisasi Secara Kalkulus Variasi

Kalkulus variasi adalah subbidang analisis matematika yang berhubungan dengan masalah maksimalisasi dan minimalisasi fungsi. Yang menggambarkan perpaduan kemampuan pada bilangan asli. Utilitarian sering kali dinyatakan sebagai hal yang sangat diperlukan yang menghubungkan kemampuan dan anak perusahaannya. Yang menjadi perhatian sebenarnya adalah titik ekstrim atau titik ekstrim dari fungsi tersebut, dimana fungsi tersebut menghasilkan jumlah fungsi maksimum, minimum, atau stasioner dan perubahan fungsi biasanya nol.

1. Optimasi Secara Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah upaya heuristik yang meniru pendekatan pengaturan normal. Merek dagang heuristik ini secara konsisten digunakan untuk menghasilkan jawaban yang berharga untuk masalah perbaikan dan pencarian. Perhitungan turun-temurun diingat untuk klasifikasi yang lebih besar dari perhitungan moderat, yang memberikan jawaban atas masalah peningkatan menggunakan teknik yang dimotivasi oleh kemajuan normal, seperti penyempitan, relokasi, pengaturan dan titik persilangan. (M & Subanar, 2017).

**2.3 Pemrograman Nonlinear**

Masalah dalam kehidupan sehari-hari tidak selalu dapat diselesaikan dengan program linier, maka muncullah pemrograman nonlinear.

Fungsi tujuan dalam pemrograman nonlinear harus berbentuk nonlinear, sedangkan fungsi-fungsi kendalanya bisa berbentuk linear maupun nonlinear.

Bentuk umum masalah pemrograman linier adalah menemukan nilai variabel pengambilan keputusan agar dapat memaksimumkan atau meminimumkan

Fungsi tujuan ), (2.1)

Dengan kendala

 (2.2a)

 (2.2b)

 (2.2c)

Dengan *f* fungsi non linier dan *g* fungsi linier atau non linier. (WinsTon dalam Insani, 2017 : 19)

1. Pemrograman Nonlinear Tanpa Kendala

Pemrograman nonlinier tanpa batasan adalah perbaikan yang tidak memiliki keharusan dengan tujuan nonlinier. Jenis pemrograman nonlinier tanpa penghalang untuk menentukan angka dengan

Fungsi tujuan : maksimum / minimum

 )

Ada dua kondisi ideal dimana permasalahan pemrograman nonlinier dapat diselesaikan tanpa kesulitan, yaitu:

1. Syarat Perlu Keoptimalan

Syarat perlu keoptimalan digunakan untuk mencari titik-titik optimal *x\** pada pendekatan analitis.

**Defenisi 2.1**

Jika solusi *x = x*\* adalah titik optimal dari *f(x)* maka :

1. Syarat Cukup Keoptimalan

Untuk menentukan apakah titik maksimum yang diperoleh dari kondisi optimalitas cukup merupakan titik minimum atau titik maksimum digunakan kondisi optimalitas cukup.

**Defenisi 2.2**

Jika

Jika

1. Pemrograman Nonlinear Dengan Kendala Linear

Optimasi menggunakan fungsi linier sebagai batasan dan fungsi nonlinier sebagai tujuan dalam pemrograman nonlinier dengan batasan linier. Untuk menentukan nilai dengan bentuk umum adalah :

Maksimum/minimum : )

Kendala : , untuk m = 1, 2, … , n

1. Pemrograman Nonlinear Dengan Kendala Nonlinear

Pemrograman nonlinier dengan persyaratan tidak lurus adalah masalah perampingan dengan tujuan dan batasan tidak langsung. Ada dua jenis pemrograman nonlinier dengan batasan nonlinier:

1. Untuk bentuk umum pemrograman nonlinear dengan kendala kesamaan :

Fungsi tujuan

Maksimum/minimum : )

Fungsi kendala : = 0

Dimana m menunjukkan jumlah kendala dan n menunjukkan jumlah variabel dengan m ≤ n.

1. Bentuk umum pemrograman nonlinear dengan kendala pertidaksamaan :

Maksimum/minimum : )

Dengan kendala : , untuk m = 1, 2, … , n, x ≥ 0

(Insani & Sari, 2017)

**2.4 Syarat *Karush Kuhn-Tucker***

*Karush Kuhn Tucker* (KKT) mencirikan teknik perbaikan pada tahun 1951, dimana strategi tersebut dapat digunakan untuk menemukan tujuan puncak pada sesuatu yang memiliki keterbatasan baik lurus maupun nonlinier. Soal-soal yang melibatkan pemrograman kuadrat didasarkan pada persyaratan KKT.

Teorema 2.1

*Andaikan f(x) dan adalah masalah maksimisasi. Jika )merupakan solusi optimal untuk f(x) dan , maka ) harus memenuhi (1) dengan kendala berbentuk , dan harus ada pengali serta variabel slack yang memenuhi :*

 (2.3a)

 (i=1, 2, …, m) (2.3b)

 (j=1, 2, …, n) (2.3c)

 (i=1, 2, …, m)

 (j=1, 2, …, n)

Menurut (Hiller dalam Insani, 2017 : 24) Untuk urusan terpaksa, keadaan KKT merupakan keadaan yang memerlukan optimalisasi, dan akan menjadi keadaan yang memadai jika tujuannya melengkung dan batasannya dinaikkan.

**2.5 Pemrograman Linear**

Program linear adalah teknik untuk menentukan nilai tertinggi suatu masalah langsung. Angka tertinggi (paling ekstrim atau paling kecil) diperoleh dari angka-angka pada kombinasi masalah lurus yang dihadapi. Ada makna linier, yang biasanya disebut makna wajar, dalam kasus linier. Sedapat-dapatnya dan syarat-syarat dalam permasalahan langsung merupakan susunan ketidakseimbangan yang lurus

 Persamaan dan pertidaksamaan dalam program linear, menurut defenisi harus linear. Persamaan linear memiliki bentuk umum

 (2.4)

Secara umum, disebut koefisien persamaan, atau disebut juga parameter. Koefisien bernilai tetap berdasarkan sifat dasar dari permasalahan yang sedang dipecahkan, disebut variabel persamaan dan dapat mengambil rentang nilai dalam batas yang ditentukan oleh batasan.

Adapun fungsi-fungsi dalam program linear adalah sebagai berikut :

1. Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah keserbagunaan yang memengaruhi kuantitas tujuan yang ingin dicapai. Jaminan serbaguna adalah tahap awal sebelum menentukan penyebab dan manfaat hambatan.

1. Fungsi tujuan

Fungsi tujuan dimaksimalkan atau diminimalkan terhadap fungsi kendala yang ada. Tujuan dari masalah program linear adalah untuk memaksimalkan/meminimalkan beberapa nilai numerik. Fungsi tujuan menunjukkan bagaimana setiap variabel berkontribusi terhadap nilai yang akan dioptimalkan dalam memecahkan masalah.

1. Fungsi kendala

Fungsi kendala untuk model program linear harus merupakan fungsi linear. Batasan dalam menentukan kemungkinan nilai yang mungkin diambil oleh variabel dari masalah program linear, biasanya mewakili sumber daya, atau tingkat minimum/maksimum dari beberapa kondisi.

Secara umum, masalah pemrograman linear dirumuskan sebagai berikut

Memaksimumkan/meminimumkan

 (2.5)

Dengan kendala

 (2.6)

Dimana ;

 (2.7)

 (2.8)

 (2.9)

 (2.10)

Matriks X adalah matriks satu kolom dari variabel yang akan dicari. C adalah matriks satu baris dari koefisien ongkos (, matriks A adalah matriks koefisien dari persamaan kendala dan B adalah matriks kolom dari ruas kanan persamaan kendala.

Persamaan 2.6 dan 2.7 jika ditulis dalam bentuk matriks, menjadi

 (2.11)

Dengan kendala

 (2.12)

Jika bentuk perkalian matriks pada 2.11 dan 2.12 diuraikan menjadi penjumlahhan aljabar, maka

Mencari nilai X yang memaksimumkan/meminimumkan

 (2.13)

Dengan kendala

 (2.14a)

 (2.14b)

 (2.14c)

**2.6 Metode Simpleks**

Strategi simpleks adalah suatu sistem logis yang dimulai dari suatu pengobatan dasar yang dapat dilanjutkan ke obat-obatan dasar lainnya dan dicoba lebih dari satu kali (berulang kali), karena tercapainya pengobatan yang maksimal. (Herjanto dalam Putri,2021:22)

Ada pula langkah-langkah penyelesaian metode simpleks, yaitu sebagai berikut:

1. Ubah bentuk Tingkatkan kekenduran elastis untuk mengubah resistansi menjadi sambungan (bentuk kanonik)..

Bentuk-bentuk batasan dalam metode simpleks;

1. Untuk dapat diubah menjadi bentuk persamaan dengan menambahkan variabel slack
2. Untuk dapat diubah menjadi bentuk persamaan dengan mengurangi variabel *surplus* dan kemudian menambahkan variabel buatan.
3. Untuk diselesaikan dengan menambahkan variabel buatan
4. Menyusun persamaan-persamaan kedalam tabel simpleks

**Tabel 2.1** Tabel simpleks

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

 Keterangan :

 = variabel keputusan

 = variabel basis

 = koefisien dari variabel keputusan

 = koefisien dari variabel basis

 = koefisien berkendala

 = kuantitas

 *zi* = jumlah total hasil kali baris dengan variabel basis

 = selisih antara kedua nilai

 = rasio (hasil bagi nilai *bi* dengan variabel basis

1. Menyelesaikan tabel simpleks

Adapun langkah-langkah dalam menyelesaikan tebel simpleks ialah sebagai berikut:

1. Mengecek nilai optimal

Bagan simpleks dikatakan maksimal pada soal maksimal jika benar untuk semua bilangan i. Sebaliknya, grafik simpleks dikatakan maksimal pada soal minimal jika benar. Jika garis besarnya tidak ideal, cobalah perbaikan redundansi.

1. Menentukan variabel kunci

Untuk menjamin keserbagunaan kunci, pertama-tama tentukan bagian kritis dan garis kunci. Menentukan segmen kunci adalah dengan melihat angka , sedangkan menentukan kolom kunci adalah dengan memeriksa proporsinya.

Pada soal maksimum, pemilihan bilangan xij dengan yang sangat kecil menentukan kolom kunci, sedangkan pemilihan bilangan rasio positif terkecil menentukan baris kunci.

Pada soal diabaikan, penentuan ruas kunci adalah dengan menyusun bilangan xij yang mempunyai sangatlah besar, sedangkan menentukan garis kuncinya adalah dengan memilih angka korelasi positif terkecil.

Perpotongan angka antara ruas vital dan kolom kunci berikutnya digunakan sebagai bilangan variabel kritis.

1. Menyusun tabel simpleks baru

Menemukan koefisien fundamental grafik simpleks adalah langkah pertama dalam menyiapkan grafik simpleks baru. Koefisien fundamental adalah jumlah kunci fleksibel yang tidak ditetapkan sebelumnya. Sehingga koefisien baris privot baru dapat dicari dengan rumus , dimana merupakan nilai variabel basis, dan merupakan nilai variabel kunci. Sedangkan untuk menghitung nilai baris baru lainnya digunakan rumus . Iterasi tabel dilakukan hingga mencapai kondisi optimal.

**2.7 Metode Simpleks Dua Fase**

 Metode inimerupakan salah satu teknik yang dapat mengatasi masalah pemrograman lurus dengan memanfaatkan redundansi diagram yang diselesaikan dalam 2 tahap dimana keserbagunaan mendasar yang mendasarinya terdiri dari pembuatan fleksibel. Tahapan mendasarnya, menghilangkan keleluasaan penciptaan dengan membuat tujuan penciptaan yaitu besarnya faktor penciptaan yang kemudian dibatasi dengan menggunakan diagram simpleks. Pada soal yang paling ekstrem, koefisien alasan akan diberi angka pendek, sedangkan pada soal dasar koefisien alasan akan diberi angka positif.

Menurut aturan prosedur simpleks, tahap pertama dari prosedur dua tahap akan selesai jika tujuan (penciptaan) mempunyai jumlah maksimal. Selanjutnya strategi dapat dilanjutkan pada susunan 2. Pada tahap selanjutnya, outline yang mendasari digunakan untuk memperluas manfaat dari tujuan pertama, dimulai dari diagram terakhir pada tahap utama.

Langkah-langkah metode simpleks dua fase;

1. Pada tahap awal, buatlah tujuan palsu
2. Ubah pentingnya halangan ke struktur yang diterima
3. Buatlah dan lengkapi kerangka simpleks
4. Ikuti perawatan garis simpleks sampai diperoleh keadaan yang ideal.
5. Pada fase dua, nilai objektif *ci* dan nilai akan mengikuti koefisien dari fungsi tujuan asli.
6. Lakukan penyelesaian tabel simpleks sampai didapatkan kondisi optimal

(Putri, Sudarwanto, & Wiraningsih, 2022)

**2.8 Pemrograman Kuadratik**

Pemrograman nonlinier dengan tujuan kuadrat dan batasan linier dikenal sebagai pemrograman kuadratik. Maksud atau kendala dalam menghubungkan kuadrat suatu elastis atau perkalian dua elastis dapat ditentukan dengan membandingkan permasalahan pemrograman kuadratik dengan permasalahan pemrograman linier. Masalah pemrograman kuadratik konvensional dapat dibentuk sebagai berikut:

Meminimumkan (2.15a)

*Subject to*  (2.15b)

 (2.15c)



Dimana D adalah matriks n x n , c adalah vektor baris, a dan b merupakan vektor kolom dalam *Rn* , serta T melambangkan transpose. Matriks simetris D sering disebut Hessian (Sitanggang, 2023)

Dimana

 (2.16)

 (2.17)

 (2.18)

Matriks D dianggap sebagai kisi-kisi terakhir yang pendek dalam permasalahan ekspansi dan kerangka terakhir yang positif dalam permasalahan minimisasi. Dengan kata lain, ruang keluarnya cembung karena *f(x)* adalah fungsi cekung untuk soal maksimisasi dan fungsi cembung untuk soal minimalisasi resistansi linier. Hal ini memastikan bahwa pengaturan yang diperoleh akan menjadi pengaturan kerangka kerja (Larita, Helmi, & Yudhi, 2018).

**2.9 Model *Wolfe***

Model *Wolfe* adalah sistem yang digunakan untuk mengatasi masalah pemrograman kuadrat. Strategi ini memerlukan keadaan KKT sebagai syarat untuk membuat tujuan baru yang lurus, kemudian dibatasi dengan melibatkan tahapan yang mendasarinya dalam teknik simpleks 2 tahap.

 Proses metode *wolfe* akan dimulai dengan menambahkan variabel buatan pada hasil persamaan yang didapatkan dari kondisi KKT. Kemudian variabel buatan tersebut akan diminimumkan sebagai fungsi tujuan baru;

 (2.19)

Sedangkan kendalanya adalah dari pengumpulan hasil yang diperoleh dari pertemuan di lingkungan KKT. Setelah itu kasus tersebut dapat dimasukkan ke dalam grafik simpleks.

Untuk menjamin bahwa susunan terakhir (serbaguna yang dibuat oleh =0) memenuhi keadaan *complementary slackness*, teknik *Wolfe* memiliki perubahan pada pilihan variabel simpleks yang dimasukkan sebagai basis, khususnya:

1. dari keadaan KKT dan variabel keputusan *xi* tidak dapat menjadi variabel basis secara bersamaan.
2. Baik kelebihan variabel maupun *Si* dari kendala ke-*i* dan dari kondisi KKT, keduanya tidak dapat menjadi variabel basis.

Syarat mendasar di atas sesuai dengan *complementary slackness* dari pemrograman kuadratik. Selanjutnya, jika simpleks dikerjakan dengan strategi biasa tanpa memanfaatkan keadaan mendasar di atas, maka pada tabel ideal akan terjadi *complementary slackness* yang tidak terpenuhi.

**2.10 Metode Fungsi Penalti Eksterior**

Metode fungsi penalti eksterior adalah metode dimana masalah optimasi nonlinear berkendala diubah menjadi masalah tanpa kendala dengan menambahkan fungsi dan parameter penalti di fungsi tujuan.

Fungsi penalti eksterior ialah fungsi tujuan yang didalamnya terdapat fungsi penalti :

 (2.20)

Maka diperoleh bentuk umum masalah fungsi penalti eksterior adalah :

Meminimalkan

 (2.21)

Keterangan:

 ialah fungsi tujuan masalah berkendala

ialah fungsi kendala pertidaksamaan

 ialah fungsi kendala persamaan

 ialah bilangan bulat positif

 ialah parameter penalti

Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian metode fungsi penalti eksterior adalah:

1. Membentuk fungsi tujuan masalahh optimisasi tidak berkendala sesuai bentuk umum persamaan (2.21)
2. Menentukan penyelesaian dari masalah meminimalkan *z* yakni, *x\**.
3. Tentukan berdasarkan syarat optimalisasi permasalahan nonlinier tanpa kendala, apakah bilangan *x1*, *x2*, dan *x3* merupakan bilangan minimum atau maksimum.:

(Insani & Sari, 2017)

**2.11 Penelitian Terdahulu**

Penelitian kuadratik dilakukan oleh Insani (2017) yang memperluas tanaman pangan di kota Magelang dengan melibatkan pemrograman kuadratik dan metode denda luar yang memperoleh hasil estimasi menggunakan perhitungan simpleks dengan sebagian besar produksi seluruh tanaman pangan dari pusat tanah, umbi-umbian, dan jagung yakni 387.0586 ton dengan panen sekitar 520,75 hektar, panen singkong seluas 33.6426 hektar, dan panen jagung besar 8.4817 hektar. Sedangkan jika dihitung secara detail, rata-rata panen antah seluas 520,75 hektar, panen singkong 33,6426 hektar, dan panen jagung 33,6426 hektar, sehingga total tanaman pangan mencapai 387,0586 kuintal. 8,4817 hektar.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Yudhi (2018) yang memperbaiki total rata-rata produksi padi di Kalimantan Barat dengan menggunakan strategi *Wolfe* untuk program kuadratik yang menghasilkan 323,82 kw/Ha.

Berikutnya Safani dan Sari; Harus melakukan penelitian untuk meningkatkan produksi tanaman padi dan jagung di wilayah Pantai Selatan dengan menggunakan strategi fungsi penalti eksterior yang menghasilkan total produksi padi dan jagung menjadi 412,65 Kw atau Ha dengan luas tanaman 83.333 Ha dan a tanaman jagung besar yang luasnya mencapai 16.667 Ha.

Kemudian, penelitian berikutnya dilakukan oleh Hikmah (2022) yang memperluas produksi singkong dan kedelai di Rezim Pasaman Barat dengan memanfaatkan teknik pemrograman kuadratik *Wolfe*. Peningkatan hasil dengan produksi singkong & kedelai di Kabupaten Pasaman Barat yang menggunakan strategi program kuadratik *Wolfe* adalah 406,31 Kw atau Ha, dengan luas panen singkong tertinggi 208,50 Ha & kedelai 230,875 Ha.

R. H. Putri, dkk (2021) mengarahkan penelitian mengenai pengujian jaminan proporsi portofolio terbesar dalam program kuadrat dengan menggunakan teknik *Wolfe* yang memanfaatkan struktur portofolio saham paling ekstrim, khususnya jenis *Frederick S.* dengan memanfaatkan 2 model saham yaitu Bank Skillet Indonesia dan Bank Focal Asia Tbk, kemudian angka proporsi terbesarnya adalah Bank Dish Indonesia (PNBN) sebesar 23,57% sedangkan Bank Focal Asia Tbk (BBCA) sebesar 76,4%.

**BAB 3**

**METODE PENELITIAN**

**3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, sedangkan waktu penelitian ini dilaksanakan pada awal bulan januari 2023 sampai dengan selesai.

**3.2 Rancangan Penelitian**

Eksplorasi semacam ini adalah pemeriksaan kuantitatif. Bagi Kusumastuti (2020) sistem eksplorasi kuantitatifadalah teknik eksplorasi untuk mengevaluasi hipotesis luar biasa dengan berkonsentrasi pada ikatan penghubung fleksibel. Instrumen penelitian biasanya digunakan untuk mengukur variabel-variabel tersebut sehingga data numerik dapat dianalisis.

**3.3 Metode Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini, peneliti mengumpulkan data dengan menggunakan metode observasi lapangan. Observasi dilakukan dengan cara mengadakan pengamatan secara langsung pada objek penelitian yaitu pada produktivitas tanaman padi sawah di Kabupaten Simalungun, kemudian melakukan pengumpulan data yang telah diterbitkan secara resmi oleh Badan Pusat Statistik Kabupaten Simalungun.

**3.4** **Jenis dan Sumber Data**

Dalam eksplorasi ini terdapat 2 sumber data, yaitu data sub-par. Data di bawah standar adalah data yang tidak diperoleh secara langsung dari sumbernya dan saat ini sudah ada dalam struktur lengkap yang telah didistribusikan secara sah. Dalam penelitian ini data yang lebih rendah adalah berupa data mengenai luas lahan (Ha), luas tanah (Ha) dan sebagian besar pembuatan (Kavling) peternakan dan selanjutnya kawasan hutan di Kabupaten Simalungun.

Sumber data dari penelitian ini merupakan data yang diperoleh melalui situs resmi [https://Simalungunkab.bps.go.id/site/resulttab](https://simalungunkab.bps.go.id/site/resulttab)

**3.5 Variabel Penelitian**

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

 (3.1)

 : data luas panen padi sawah ke-i,

 : data luas panen padi ladang ke-i

 : data rata-rata produksi tanaman padi ke-i dalam satuan Ton

i : 1,2,…,n ; n = banyaknya data

**3.6 Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

* 1. Merumuskan masalah dan pengumpulan referensi.
	2. Melakukan observasi
	3. Mengumpulkan data mengenai poduktivitas tanaman padi sawah dan padi ladang

Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian menggunakan pemrograman kuadratik adalah:

1. Membentuk kondisi *Karush Kuhn Tucker*
2. Mengindentifikasi *complementary slackness*
3. Menambahkan variabel buatan untuk setiap kondisi *Karush Kuhn Tucker* yang tidak memiliki variabel basis
4. Membuat fungsi tujuan yang linear, yaitu meminimumkan
5. Melakukan proses iterasi menggunakan metode *wolfe.*
6. Mensubstitusikan hasil dari tabel optimum ke fungsi tujuan awal untuk mendapatkan solusi optimal..

Sedangkan langkah-langkah dalam penyelesaian metode fungsi penalti eksterior adalah:

1. Membentuk fungsi tujuan untuk masalah optimasi tidak berkendala sesuai bentuk umum masalah fungsi penalti pada persamaan (2.17)
2. Menentukan penyelesaian dari masalah meminimalkan *z* yakni, *x\**.
3. Menyelidiki apakah nilai  *dan* merupakan nilai minimum atau maksimum berdasarkan syarat perlu keoptimalan masalah non linier tanpa kendala
4. Menentukan hasil dari optimasi produktivitas tanaman padi *(Oryza Sativa)* dengan menggunakan pemrograman kuadratik dan metode fungsi penalti eksterior.

**3.7 Diagram Alir**

Inisialisasi parameter

Pembentukan model dengan metode kuadrat terkecil

Solusi optimal pemrograman kuadratik

Solusi optimal metode fungsi penalti eksterior

Nilai optimal luas panen tanaman padi

Selesai

**Gambar 3.1** Diagram alir proses optimisasi produktivitas tanaman padi

**BAB 4**

**PEMBAHASAN**

* 1. **Pembentukan Fungsi Tujuan dengan Metode Kuadrat Terkecil**

Permasalahan yang dikaji pada tugas akhir ini adalah permasalahan pemrograman nonlinier, maka maksud yang ingin dibuat adalah kemampuan nonlinier berupa kemampuan kuadrat yang merupakan kemampuan tingkat paling tinggi dan faktornya adalah 2. Kemampuan kuadrat mempunyai satu angka titik puncak (paling banyak ekstrim dan terkecil). Metodologi kuadrat terkecil digunakan sebagai teknik perencanaan standar yang membatasi jumlah kuadrat yang tersisa.

Model yang diselesaikan dengan metode ini antara lain sebagai berikut.

 (4.1a)

Dimana merupakan parameter dan sisa (galat). Menurut Setijo Bismo (dalam Insani,2017:46), Bentuk beraturan fungsi kuadrat atau parabola dapat dituliskan sebagai berikut:

 (4.1b)

Dari pengumpulan 4.1a dan 4.1b diperoleh struktur kuadrat yang akan diselesaikan dengan menggunakan teknik kuadrat terkecil, lebih spesifiknya:

 (4.1c)

Metode kuadrat terkecil dalam hal ini digunakan untuk mencari nilai-nilai tetapan berdasarkan set data yang diberikan.

* 1. **Penyelesaian Masalah Nonlinear**
1. **Pemrograman Kuadratik dengan Model *Wolfe***

Pemrograman kuadratik menangani permasalahan pemrograman nonlinier dengan mengubahnya menjadi permasalahan pemrograman langsung yang memuat pedoman *Kuhn Tucker*. Prasyarat terkini yang diperoleh akan dicari susunan idealnya dengan menggunakan struktur simpleks *Wolfe*.

Adapun langkah-langkahnya antara lain sebagai berikut :

1. Membentuk kondisi *Karush Kuhn Tucker*
2. Mengindentifikasi *complementary slackness* sesuai dengan sifat pada pemrograman kuadratik
3. Menambah variabel dalam setiap kondisi KKT
4. Membuat tujuan baru yang linear adalah tujuan membatasi jumlah variabel
5. Selesaikan strategi berulang menggunakan struktur *Wolfe*.

Untuk menjamin bahwa solusi terakhir (variabel =0) memenuhi kondisi *complementary slackness*, model *Wolfe* memiliki perubahan pada pilihan variabelsimpleks yang dimasukkan sebagai basis, khususnya:

* dari kondisi *Karush Kuhn Tucker* dan variabel keputusan tidak bisa menjadi variabel basis secara bersamaan.
* Variabel surplus atau variabel *slack*  dari kendala ke-i dan dari kondisi *Karush Kuhn Tucker* tidak boleh keduanya menjadi variabel basis.

6) Gantikan hasil dari garis optimal ke fungsi tujuan awal agar memperoleh hasil optimal

Secara standar, penyelesaian terhadap pemrograman kuadratik struktur *Wolfe* dapat diuraikan sebagai berikut:

Fungsi tujuan nonlinear

Kondisi *Kuhn Tucker*

Fungsi linear

Solusi Optimum

Simpleks model *wolfe*

**Gambar 4.1** Bagan langkah penyelesaian pemrograman kuadratik model *wolfe*

1. **Metode Fungsi Penalti Eksterior**

Metode fungsi penalti eksterior pada dasarnya adalah suatu teknik yang mengubah persoalan nonlinier yang dipaksakan menjadi persoalan yang tidak dibatasi, sehingga penyelesaiannya dicari secara matematis. Masalah yang berkendala akan diubah menjadi masalah tanpa kendala dengan memasukkan fungsi penalti dan parameternya

Adapun langkah-langkah penyelesaian metode penalti eksterior antara lain sebagai berikut :

1. Membentuk fungsi tujuan dengan metode penalti eksterior

,

dengan :

1. *f(x)* merupakan fungsi tujuan masalah berkendala
2. merupakan parameter penalti
3. Fungsi penalti
4. ialah fungsi kendala pertidaksamaan
5. ialah fungsi kendala persamaan
6. ialah bilangan bulat positif
7. Menentukan penyelesaian dari masalah z, yaitu *x\**.

3) Pengecekan apakah nilai optimal yang diperoleh merupakan nilai maksimum atau minimum dengan berpatokan pada syarat cukup keoptimalan.

Secara baku, tata cara pengurusan denda luar dapat diuraikan sebagai berikut:

Fungsi tujuan nonlinear

Fungsi tujuan nonlinear tidak berkendala

Solusi Optimal

Metode penalti eksterior

**Gambar 4.2** Bagan langkah penyelesaian metode penalti eksterior

* 1. **Penerapan Model pada Rata-Rata Produksi Tanaman Padi di Kabupaten Simalungun**

Berikut ini merupakan pembentukan model matematika untuk optimasi rata-rata tanaman padi di kabupaten Simalungun.

1. **Pembentukan Model**

Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari Badan Pusat Penerangan (BPS) wilayah Simalungun. Data yang diteliti berupa data luas lahan, luas pengumpulan, dan produksi perkebunan dan rumah bangsawan pada tahun 2016-2019.

**Tabel 4.1** Data Luas Lahan, Luas Panen, dan Produksi Padi Sawah dan Padi Ladang tahun 2016-2019

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tahun | Padi Sawah | Padi Ladang |
| LL(Ha) | LP(Ha) | RPP(Ton) | LL(Ha) | LP(Ha) | RPP(Ton) |
| 2016 | 35250 | 102 | 61,94 | - | 10 | 34,26 |
| 2017 | 33150 | 71 | 62,18 | - | 17 | 34,17 |
| 2018 | 31253 | 77 | 60,66 | - | 15 | 44,99 |
| 2019 | 31273 | 62 | 53,73 | 49838 | 9 | 33,75 |
| 2020 | - | - | - | - | - | - |
| 2021 | - | - | 57,91 | 48922 | 8 | 39,21 |
| 2022 | 30749 | 61 | 57,75 | 48922 | 12 | 40,16 |

Keterangan :

LL : Luas Lahan

LP : Luas Panen

RRP : Rata Rata Produksi

Berdasarkan tabel 4.1, rata-rata produksi tanaman padi setiap tahun selalu berubah-ubah, maka model matematika yang akan dibentuk merupakan fungsi yang nonlinear.

1. **Membentuk fungsi tujuan**

Untuk alasan di balik hal ini, produksi umumnya ditandai dengan pengumpulan per hektar, yang beratnya ditentukan berdasarkan ton. Lagi pula, besar kecilnya tuaian adalah jumlah tanaman yang dikumpulkan setelah sudah tua, termasuk yang lalai dikumpulkan.

Berdasarkan data pada tabel 4.1, maka akan dikerjakan dengan menggunakan strategi kuadratik terkecil yang ditentukan dengan menggunakan aplikasi Matlab. Ada juga langkah-langkahnya, termasuk yang menyertainya.

a) Memasukkan data ukuran pengumpulan dan pembuatan transisi ke dalam aplikasi Matlab atau dapat ditulis dengan melibatkan petunjuk pada *command window*

b) Ketikkan catatan pemrograman konten untuk mendapatkan patokan alasannya.



**Gambar 4.3** Tampilan perintah pemrograman padi sawah

Untuk mencari parameter dari padi ladang, lakukan hal yang sama dengan mengubah nilai menjadi padi ladang.



1. Panggil script pada command window, kemudian tekan enter
2. Muncul hasil pada command window seperti dibawah ini



**Gambar 4.4** Tampilan Output dari Padi Sawah



**Gambar 4.5** Tampilan output dari Padi Ladang

Hasil dari gambar 4.5 dan 4.6, diperoleh dengan tujuan akhir Isu ini untuk mengamplifikasi pengembangan Antah Kebun dan Antah Cerang, sehingga tujuan bersama adalah untuk melakukan augmentasi.

 (4.2)

Selanjutnya akan diselidiki dahulu apakah persamaan 4.2 valid atau tidak yaitu dengan cara memastikan determinannya dan *conditional number* dibawah 67108864, maka nilai koefisien beta pada fungsi tujuan dinyatakan terbaik.

**Tabel 4.2** Hasil analisis determinan matriks dan *conditional number* dari padi sawah dan padi ladang.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Padi Sawah | Padi Ladang |
| Determinan matriks A | -2,5338 | -1,1938 |
| *Conditional number* | 5,6906 | 2,1874 |

Berdasarkan tabel diatas didapatkan hasil determinan pada kedua tanaman padi , sehingga sistem persamaan linearnya mempunyai penyelesaian tunggal. Sedangkan *Conditional number* pada kedua tanaman padi < 67108864 atau dibawah batas maksimumnya, maka persamaan 4.2 dinyatakan terbaik.

1. **Membentuk Fungsi Kendala**

Dalam situasi ini, yang menjadi persoalan adalah luas panen tidak boleh lebih dari luas lahan terbesar. Karena grafik 4.1 maka signifikansi hambatan terhadap permasalahan ini adalah:

 (4.3a)

 (4.3b)

 (4.3c)

Jadi struktur numerik produksi keseluruhan pabrik sentra di Kabupaten Simalungun adalah struktur nonlinier dengan tujuan 4.2 dan syarat 4.3.

* 1. **Penyelesaian Model dengan Pemrograman Kuadratik Model *Wolfe***

Sebelum menyelesaikan pemrograman kuadrat dengan menggunakan struktur Wolfe, titik persilangan 4.2 dan 4.3 akan dibedakan pada tipe khas pemrograman kuadrat.

Mengingat pertemuan 2.15, sampai dengan pertemuan 4.2 dapat disusun sebagai berikut:

Maka diperoleh

Dengan kendalanya ialah

Persamaan (4.2) dan (4.3) telah sesuai dengan bentuk umum masalah pemrograman kuadratik dengan persamaan (4.2) merupakan fungsi konkaf, sedangkan persamaan (4.3) sebagai fungsi konveks sehingga KKT dapat dijadikan syarat perlu dan cukup keoptimalan (Hillier dalam Insani, 2017 : 47). Oleh karena itu, persamaan 4.2 dan 4.3 dapat diselesaikan dengan pemrograman kuadratik model *wolfe.*

1. Membentuk Kondisi *Kuhn Tucker*

Berdasarkan teorema 2.1 diperoleh syarat *Kuhn Tucker* nya yaitu :

Pada persamaan diatas, bisa juga dituliskan menjadi :

1. (4.4a)

 (4.4b)

1. (4.5a)

 (4.5b)

1. = 0 (4.6a)

= 0 (4.6b)

1. (4.7)
2. (4.8)

Berdasarkan persamaan 4.5 diperoleh :

 (4.9a)

 (4.9b)

Bentuk persamaan 4.9 dapat dijadikan bentuk kanonik sehingga menjadi

 (4.10a)

 (4.10b)

Setelah mengidentifikasi syarat *Kuhn Tucker*, maka KKT untuk persamaan 4.2 yaitu

 (4.4a)

 (4.4b)

 (4.10a)

 (4.10b)

1. Mengidentifikasi *complementary slackness*

Berdasarkan persamaan 4.5 dan 4.10, persamaan 4.3 dan persamaan 4.4 dan serta sifat *complementary slackness* untuk persamaan 4.2 adalah

1. Menambah variabel buatan Pertemuan ke-4 diperuntukkan bagi setiap KKT yang tidak mempunyai dasar elastis. 4 tidak memiliki keserbagunaan yang esensial, sehingga fleksibilitas yang dibuat oleh ditambahkan dan bentuknya menjadi

.

 (4.11a)

 (4.11b)

1. Menentukan fungsi tujuan baru yang linear .

Meminimumkan

 (4.12)

Dengan kendala

 (4.11a)

 (4.11b)

 (4.10a)

 (4.10b)

1. Melakukan iterasi simpleks dengan model *wolfe*

Setelah didapatkan fungsi tujuan dan kendala baru, yaitu persamaan 4.10 sampai 4.12, maka dibuatlah tabel simpleks dan dilakukan perhitungannya

**Tabel 4.3** Tabel simpleks awal model *wolfe*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | bi |  |
| 1 |  | 0.0156 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.4052 | 2.965 |
| 1 |  | 0 | 0.474 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.2055 | 13.092 |
| 0 |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 35250 | 74367.1 |
| 0 |  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 49838 | 105143.5 |
|  |  | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 |  |
|  |  | 0.0156 | 0.474 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |

Semua koefisien dari setiap kendala dari kondisi *Kuhn Tucker* dimasukkan ke tabel. Angka-angka pada baris *Zj* diperoleh dengan menjumlahkan hasil duplikasi antara koefisien setiap ruas dengan bilangan *Ci* yang terletak pada kolom yang sama. Untuk menjamin nilai Ri dipilih dari garis *Zj-Cj*. Variabel dengan bilangan *Zj-Cj* terbanyak (masalah minimalisasi) diubah menjadi pembagi bi yang kemudian ditempatkan ke dalam kolom *Ri*. Bilangan *Zj-Cj* pada merupakan sifat positif yang dipilih, hingga setiap bilangan pada bagian *bi* dibagi dengan bilangan pada variabeluntuk mendapatkan bilangan.

**Tabel 4.4** Penentuan baris dan kolom kunci

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | bi |  |
| 1 |  | 0.0156 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.4052 | 2.965 |
| 1 |  | 0 | 0.474 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.2055 | 13.092 |
| 0 |  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 35250 | 74367.1 |
| 0 |  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 49838 | 105143.5 |
|  |  | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7.611 |  |
|  |  | 0.0156 | 0.474 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |

 Pada kolom , nilai pada baris bernilai lebih kecil dibanding dengan nilai dikolom lainnya, maka dikeluarkan dan diganti dengan sebagai variabel basis. Pada baris dan kolom yang diwarnai kuning akan menjadi acuan untuk iterasi selanjutnya. Kemudian, proses iterasi dilanjutkan

**Tabel 4.5** Iterasi pertama model *wolfe*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Bi |  |
| 0 |  | 1 | 0 | -64 | 0 | -64 | 0 | 64 | 0 | 0 | 0 | 90.077 | 0 |
| 1 |  | 0 | 0.474 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.2055 | 13.092 |
| 0 |  | 0 | 0 | 64 | 0 | 64 | 0 | -64 | 0 | 1 | 0 | 35160 | 0 |
| 0 |  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 49838 | 49838 |
|  |  | 0 | 0.474 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6.2055 |  |
|  |  | 0 | 0.474 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 |  |  |

Baris (baris berwarna hijau) merupakan baris yang diperoleh dengan cara membagikan nilai lama dengan angka kunci (*cells* berwarna biru) dilakukan perhitungan .

Sedangkan nilai pada baris diperoleh dengan cara

Nilai lama merupakan nilai pada *cells* ditabel 4.4, nilai baru merupakan nilai yang ada pada baris ditabel 4.5, kemudian kolom kunci merupakan nilai pada kolom ditabel 4.4. Perlu diketahui bahwa perhitungan dilakukan sesuai dengan baris dan kolomnya.

 Nilai pada baris *Zj* ditabel 4.5 diperoleh dengan menjumlahkan hasil perkalian antara koefisien tiap kolom dengan nilai *Ci* yang berada pada baris yang sama.

Karena nilai dari > 0 maka iterasi dilanjutkan sampai mendapatkan hasil yang optimal seperti pada tabel berikut ini

**Tabel 4.6** Tabel optimal model *wolfe*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Bi |  |
| 0 |  | 1 | 0 | -64 | 0 | -64 | 0 | 64 | 0 | 0 | 0 | 90.077 |  |
| 0 |  | 0 | 1 | 0 | -2 | 0 | -2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 13.092 |  |
| 0 |  | 0 | 0 | 64 | 0 | 64 | 0 | -64 | 0 | 1 | 0 | 35160 |  |
| 0 |  | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | -2 | 0 | 1 | 49825 |  |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
|  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 |  |

Berdasarkan tabel 4.6, diperoleh hasil . Selanjutnya, mensubstitusikan variabel dan ke persamaan 4.2 yang merupakan fungsi tujuan awal guna mendapatkan nilai maksimum

=203,1925

* 1. **Penyelesaian dengan Metode Penalti Eksterior**

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Membentuk fungsi tujuan dengan metode penalti eksterior

Membuat tujuan untuk masalah kemajuan yang tidak dibatasi yang berhubungan dengan tipe standar masalah sistem butiran halus luar, masalah perampingan pada pertemuan 4.2 dan 4.3, diubah menjadi masalah peningkatan tidak terbatas dengan menggunakan metode butiran halus luar dan membuat tujuan kemudian z, lalu pilih p= 2 (karena 2 adalah bilangan positif terkecil yang berarti nilai denda selalu ada pada nilai baru z setelah diturunkan), hasilnya adalah.

Maka diperoleh masalah fungsi penalti eksterior yaitu

Meminimumkan

 (4.13)

1. Menentukan penyelesaian dari masalah meminimalkan *z*, yakni

Titik optimal akan dicapai jika *z*’ = 0, maka

 (4.14a)

 (4.14b)

Karena tujuan masalah fungsi penalti adalah meminimalkan maka persamaan (4.14) menjadi

 (4.15a)

 **(**4.15b**)**

 Dari persamaan (4.15)diperoleh

1. Menyelidiki apakah nilai merupakan nilai minimum atau maksimum berdasarkan syarat cukup keoptimalan.

Jika

Jika

Matriks Hessian dari fungsi (4.13)adalah sebagai berikut

Jika *H(x)* dinyatakan dalam bentuk kuadratik, maka ditulis

Berdasarkan defenisi 2.2, matriks , maka *x* merupakan titik maksimum.

Nilai maksimum dari

 untuk )

adalah

= 203,1925

* 1. **Analisa Hasil Penyelesaian dengan Pemrograman Kuadratik dan Metode Penalti Eksterior**

**Tabel 4.7** Penyelesaian optimal untuk rata-rata produksi padi sawah dan padi ladang

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Pemrograman kuadratik | Metode penalti eksterior |
| Luas panen padi sawah | 90,077 | 90,077 |
| Luas panen padi ladang | 13,092 | 13,092 |
| Rata-rata produksi tanaman padi sawah dan padi ladang | 203,1925 | 203,1925 |

Menurut tabel 4.7 Penyelesaian dengan pemrograman kuadratik berbentuk *Wolfe* dan metode fungsi penalti eksterior memberikan hasil yang sebanding dalam masalah optimasi umum tanaman padi. Hasilnya, kedua pendekatan tersebut efektif dalam menyelesaikan masalah optimasi produksi padi secara umum.

Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, kekurangan dari pemrograman kuadratik adalah pengerjaannya memerlukan waktu yang cukup lama untuk memperoleh hasil akhir. Kelebihan dari pemrograman kuadratik terletak pada perhitungannya yang mudah dengan menggunakan simpleks model *wolfe* dan dibantu dengan *software* matlab dan juga excel.

Sedangkan metode penalti eksterior, kekurangannya ialah jika pada penyelesaiannya terdapat parameter penalti yaitu , maka akan memerlukan metode lebih lanjut. Kelebihan dari strategi ini adalah bahwa hal ini dapat memberikan hasil yang paling ekstrim dengan cepat jika parameter penalti sudah tidak ada seperti pada tugas akhir ini.

Nilai *f* tertinggi yang dapat diperoleh sebesar 203.251 ton. Kemudian jika dilihat dari tabel 4.1, rata-rata produksi tanaman padi sawah dan padi ladang belum ada yang pernah mencapai hasil yang optimal. Oleh karena itu, pemerintah dan masyarakat perlu meningkatkan luas panen tanaman padi sawah dan padi ladang di Kabupaten Simalungun.

.

**BAB 5**

**PENUTUP**

* 1. **Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Model matematika untuk pengoptimalan rata-rata produksi tanaman padi di Kabupaten Simalungun, yaitu memaksimumkan fungsi tujuan :

dengan kendala

1. Berdasarkan hasil perhitungan pemrograman kuadratik simpleks model *wolfe* dan metode fungsi penalti eksterior yang dilakukan, didapatkan hasil yang sama dengan rata-rata produksi total dari tanaman padi sawah dan padi ladang sebesar 203,1925 ton dengan luas panen padi sawah hektar, dan luas panen ladang 13,092 hektar.
	1. **Saran**

Dalam proposisi ini, telah mengevaluasi cara membuat bentuk nonlinear untuk keseluruhan produksi tanaman padi di Kabupaten Simalungun dan penataannya yang melibatkan pemrograman kuadratik juga metode fungsi penalti eksterior. Perlakuan terakhir dari pemrograman kuadratik menggunakan struktur *Wolfe*. Berdasarkan grafik 4.1, keseluruhan produksi yang dihasilkan belum maksimal pada tahun 2016 hingga tahun 2022. Tidak hanya itu, luas panen setiap tahunnya mengalami fluktuasi akibat penyusutan dan ketidakstabilan. Oleh karena itu, pemerintah dan masyarakat didorong untuk bekerja sama meningkatkan batas produksi tanaman padi di Kabupaten Simalungun, misalnya dengan memajukan pengembangan tanaman padi yang baik dan benar.

Bagi pembaca yang tetarik untuk melakukan penelitian dengan metode optimasi model nonlinear, ada beberapa metode antara lain : metode *Karush Kuhn Tucker*, metode *Separable,* metode fungsi penalti eksterior dan lain sebagainya. Ada pula metode modern seperti *Ant Colony Optimization* (ACO). Penyelesaian menggunakan pemrograman kuadratik juga dapat diselesaikan dengan algoritma *Primal-Dual Interior Point*, selain itu pembentukan fungsi tujuan selain dengan metode kuadrat terkecil, bisa menggunakan metode *Singular Value Decompotition* (SVD).

**DAFTAR PUSTAKA**

BPS, B. P. (2021). *Kabupaten Simalungun dalam angka.* Kabupaten Simalungun: BPS Kabupaten Simalungun.

Budiwati, G. A., Kriswiyanti, E., & Astarini, I. A. (2019). Aspek Biologi Dan Hubungan Kekerabatan Padi Lokal (Oryza sativa L.) Di Desa Wongaya Gede Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Bali. *Metamorfosa:Journal of Biological Sciences*, 277.

Erlina, Syaripuddin, & Tisna Amijaya, F. D. (2022). Penyelesaian masalah pemrograman kuadratik menggunakan metode beale (studi kasus : data produksi kota balikpapan). *jurnal EKSPONENSIAL*, 87.

Indainanto, Y. I., Nasution, F. A., Fauzan, I., Ardian, M., & Dalimunthe, M. A. (2022). Analisis Jaringan Interaksi Momentum Hari Tani Di Media Sosial. *Jurnal Kajian Agraria dan Kedaulatan Pangan*, 8.

Insani, S. N., & Sari, E. R. (2017). Optimasi tanaman pangan di kota magelang dengan pemrograman kuadratik dan metode fungsi penalti eksterior. *Jurnal matematika*, 41-42.

Larita, A., Helmi, & Yudhi. (2018). Optimasi Rata-Rata Produksi Padi Kalimantan Barat. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 200.

M, M., & Subanar. (2017). Kajian terhadap Beberapa Metode Optimasi (Survey Of Optimization Method. *JUITA*, 47-50.

Putri, R. H., Sudarwanto, & Wiraningsih, E. D. (2022). Analisis penentuan portofolio optimal pada quadratic programming dengan menggunakan metode wolfe. *PRISMA, PROSIDING SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA*.

Ruvananda, A. R., & Taufik, M. (2022). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi impor beras di Indonesia. *KINERJA: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 196.

Safani, E., & Sari, D. P. (2020). Optimasi Produksi Tanaman Padi dan Jagung di Kabupaten Pesisir Selatan Menggunakan Metode Fungsi Penalti Eksteior. *UNPjoMath*, 45.

Sitanggang, R. P. (2023). Analisis Optimasi Program Kuadratik Dengan Fungsi Penalty. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan*, 34-35.

Utama , Z. H. (2015). *Budidaya Padi pada Lahan Marjinal.* Yogyakarta: ANDI.