PENGAPLIKASIAN METODE RELAKSASI LAGRANGE PADA MODEL ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DALAM MENENTUKAN JARAK OPTIMAL PENGANGKUTAN SAMPAH DI KECAMATAN SEBERANG ULU 1 PALEMBANG

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika

Oleh:

LIYA INTAN PERMATA 08011181823113



JURUSAN MATEMATIKA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUANALAM UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGAPLIKASIAN METODE RELAKSASI LAGRANGE PADA MODEL ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DALAM MENENTUKAN JARAK OPTIMAL PENGANGKUTAN SAMPAH DI KECAMATAN SEBERANG ULU 1 PALEMBANG

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika

Olch

LIYA INTAN PERMATA NIM.08011181823113

Indralaya, 31 Januari 2022

Pembimbing Utama

Dra. Ning Eliyati, M.Pd

Pembimbing Kedua

NIP. 195911201991022001

Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc

NIP.197510061998032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika

NID INSPOSSED COSTON

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Liya Intan Permata

NIM : 08011181823113 Fakultas/Jurusan : MIPA/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 31 Januari 2022

Penulis.

Liya Intan Permata

NIM. 08011181823113

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Liya Intan Permata

NIM : 08011181823113

Fakultas/Jurusan : MIPA/Matematika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-ekslusif (non-exclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"Pengaplikasian Metode Relaksasi Lagrange Pada Model Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem Dalam Menentukan jarak Optimal Pengangkutan Sampah di kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalty non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulis/pencipta dan sebagai penulikhak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 31 Januari 2022 Penulis,

Liya Intan Permata NIM. 08011181823113

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Kita hanya perlu berjuang. Untuk hasilnya biarlah Dia yang mengaturnya"
Skripsi ini saya persembahkan kepada :
1. Allah SWT
2. Ibuku tercinta
3. Keluargaku tersayang
4. Dosen dan Guruku
5. Teman-teman seperjuangan
6. Almamater

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaplikasian Metode Relaksasi Lagrange Pada Model Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem dalam Menentukan Jarak Optimal Pengangkutan Sampah di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang" dengan lancar dan baik. Tak lupa pula Shalawat serta salam senantiasa dicurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan para sahabat serta seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa dalam proses pembuatan skripsi ini bukanlah akhir dari proses pembelajaran karena setelah masa ini akan ada masa lain yang diperlukan untuk selalu belajar dan berproses. Skripsi ini terselesaikan pastinya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehingga dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih sekaligus perhargaan kepada :

 Ibuku tercinta Maya Zaitun yang selalu mendukung pihan anaknya, memberikan support tanpa harus diminta, selalu memberikan kasih sayang dan harapan yang baik untuk anaknya serta doa dan nasihat yang akan selalu beliau berikan.

- Saudara-saudaraku, Indra Kumala, Irawan Kumala, Andre Pradana,
 Riko Robiansyah, dan Riki Ajis Robiansyah serta kakak dan adik iparku
 yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam proses ini.
- 3. Bapak **Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
- 4. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika Universitas Sriwijaya sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses perkuliahan.
- 5. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, S.Si., M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah memberikan masukan dan arahan selama proses perskripsian.
- 6. Ibu **Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing Utama yang bersedia menerima penulis menjadi salah satu anak bimbingan dan bersedia selalu memberikan nasihat, bimbingan, saran, pengalaman, serta meluangkan waktu di tengah kesibukannya dalam pengerjaan skripsi ini.
- 7. Ibu **Dra. Ning Eliyati, M.Pd** selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang bersedia memberikan nasihat, motivasi, saran, serta meluangkan waktu di tengah kesibukannya dalam pengerjaan skripsi ini.
- 8. Ibu **Sisca Octarina, S.Si., M.Sc** Ibu **Oki Dwipurwani, S.Si., M.Si** sebagai Dosen Pembahas skripsi yang telah memberikan arahan, tanggapan, dan saran yang sangat membantu serta bermanfaat dalam pengerjaan skripsi ini.

- 9. **Seluruh Dosen** Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu serta pengalaman selama proses penulis menempuh pendidikan.
- 10. Bapak Irwan dan Ibu Hamida selaku Pegawai Tata Usaha Jurusan Matematika yang membantu dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
- 11. Kakak dan teman-teman almamater **Jurusan Matematika**, **BEM KM FMIPA**, dan **Semua Teman di berbagai Fakultas Universitas Sriwijaya**yang telah membantu dan pemberi nasihat selama masa perkuliahan.
- 12. Teman seperjuangan dalam perskripsian Alfia Revanti, Rani Elekta Togatorop, dan Neta Asa Bela yang telah membersamai dan memberikan semangat dalam tahap akhir ini.
- 13. Rekan-rekan seperjuangan M. Akbar Rahman, Muhtadi, Desta Meitaviani, Muhammad Azwar Annas, Wahyu Tananda, Teddi Pranata, Tesya Rahmawati dan Mitra Turahmi yang membantu memberikan dukungan baik material maupun non material dalam proses perskripsian.
- 14. Kakak- kakak kosan orange **Kak Ilvinda Rezki, Kak Fitri Khairunnisaq,** dan **Kak Qoyin Nuzela** yang telah membantu memberikan dan mengajarkan hal-hal baru serta pengalaman pada awal perkuliahan sehingga penulis bisa membiasakan diri dalam dinamika perkuliahan.
- 15. Serta semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu yang juga banyak memberikan kontribusinya dalam perjalanan perkuliahan.

Semoga kebaikan semua pihak yang membantu dibalas oleh Allah SWT dan semoga skripsi ini dapat menambahkan pengetahuan serta bermanfaat bagi Mahasiswa/Mahasiswi Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dan semua pihak yang memerlukan.

Indralaya, 31 Januari 2022

Penulis

THE APPLICATION OF THE LAGRANGE RELAXATION METHOD ON THE ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM IN DETERMINING THE OPTIMAL DISTANCE OF WASTE TRANSPORTATION IN SEBERANG ULU 1 SUB-DISTRICT, PALEMBANG

By:

Liya Intan Permata

08011181823113

ABSTRACT

The problem of plastic waste in Indonesia is still a complex and sustainable problem. One of the factors for the increase in the amount of plastic waste is the rapidly increasing population and Indonesia is being hit by a pandemic, which affects consumer patterns to buy goods through online applications with plastic packaging and single-use materials. Palembang city became one of the most populous city with a population of 1,668,846 inhabitants in 2020 with one of the districts that have the highest population density percentage index amounted to 11,010 per km². The Interger Linear Programming (ILP) model which is commonly used in vehicle path design problems will help find the optimal distance route from closed road routes and asymmetric distances in Seberang Ulu 1 Palembang District using the Lagrange relaxation method. The results of this calculation show that the total optimal distance of waste transportation vehicles for the four Working Areas (WA) is 12,695 km in WA 1, 16.85 km in WA 2, 13.1 km in WA 3, and 12,163 km in WA 4.

Keywords: Plastic Waste, ILP, ACVRP, Lagrange Relaxation, Optimal Route

PENGAPLIKASIAN METODE RELAKSASI LAGRANGE PADA MODEL ASYMMETRIC CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DALAM MENENTUKAN JARAK OPTIMAL PENGANGKUTAN SAMPAH DI KECAMATAN SEBERANG ULU 1 PALEMBANG

Oleh:

Liya Intan Permata

08011181823113

ABSTRAK

Permasalahan sampah plastik di Indonesia masih menjadi masalah yang kompleks dan bisa dibilang berkelanjutan. Salah satu faktor peningkatan jumlah sampah plastik adalah pertambahan penduduk yang semakin pesat dan Indonesia yang sedang dilanda masa pandemi, sehingga mempengaruhi pola konsumen untuk membeli barang melalui aplikasi daring dengan kemasan plastik dan bahan sekali pakai. Kota Palembang menjadi salah satu kota terpadat dengan jumlah penduduk mencapai 1.668.846 jiwa pada tahun 2020 dengan salah satu kecamatan yang memiliki indeks persentase kepadatan penduduk tertinggi sebesar 11.010 per km². Model *Interger Linear Programming* (ILP) yang biasa digunakan dalam masalah perancangan jalur kendaraan akan membantu mencari rute jarak optimal dari rute jalan tertutup dan jarak yang berbentuk *asymmetric* di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang dengan menggunakan metode relaksasi Lagrange. Hasil dari perhitungan ini didapatkan total jarak optimal kendaraan pengangkutan sampah untuk keempat Wilayah Kerja (WK) adalah 12,695 km di WK 1, 16,85 km di WK 2, 13,1 km di WK 3, dan 12,163 km di WK 4.

Kata Kunci: Sampah Plastik, ILP, ACVRP, Relaksasi Lagrange, Rute Optimal

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	. v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	. X
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	. xii
DAFTAR TABEL	. xiv
DAFTAR GAMBAR	. XV
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	. 1
1.2 Rumusan Masalah	. 5
1.3 Pembatasan Masalah	. 5
1.4 Tujuan	. 5
1.5 Manfaat	. 5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Integer Linear Programming (ILP)	. 7
2.2 Mixed Integer Linear Programming (MILP)	. 8
2.3 Vehicle Routing Problem (VRP)	9
2.4 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)	. 10
2.5 Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP)	. 11
2.6 Relaksasi Lagrange	. 13
2.7 Gap Dualitas	. 16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat	. 20
3.2 Waktu	. 20
3.3 Metode Penelitian	20

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jarak Kendaraan Asymmetric	11
Tabel 4.1	Data di Setiap WK Kecamatan Seberang Ulu 1	24
Tabel 4.2	Jarak antara TPA dengan TPS-TPS Wilayah Kerja 1	25
Tabel 4.3	Jarak antara TPA dengan TPS-TPS Wilayah Kerja 2	26
Tabel 4.4	Jarak antara TPA dengan TPS-TPS Wilayah Kerja 3	27
Tabel 4.5	Jarak antara TPA dengan TPS-TPS Wilayah Kerja 4	27
Tabel 4.6	Jarak di Wilayah Kerja 1	28
Tabel 4.7	Jarak di Wilayah Kerja 2	38
Tabel 4.8	Jarak di Wilayah Kerja 3	54
Tabel 4.9	Jarak di Wilayah Kerja 4	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Graf Berarah Jarak Asymmetric	11
Gambar 4.1 Peta Rute Kendaraan Wilayah Kerja 1	37
Gambar 4.2 Peta Rute Kendaraan Wilayah Kerja 2	54
Gambar 4.3 Peta Rute Kendaraan Wilayah Kerja 3	59
Gambar 4.4 Peta Rute Kendaraan Wilavah Keria 4	66

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara terbesar kedua dalam pemasok sampah plastik di dunia setelah China dari data pengelolaan sampah rumah tangga dan sejenisnya di seluruh kabupaten/kota wilayah Indonesia. Terdata bahwa pada tahun 2020 banyaknya sampah mencapai 34.584.584,16 juta ton/tahun dengan sampah yang terkelola sebanyak 56,47% dan 43,53% menjadi sampah yang tidak terkelola (SIPSN, 2020).

Banyaknya sampah plastik cenderung seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Salah satu kota terpadat sebagai penunjang meningkatnya pasokan sampah adalah Kota Palembang, dengan jumlah penduduk tercatat sebanyak 1.668.848 jiwa. Banyaknya jumlah penduduk di Kota Palembang berdominan di salah satu kecamatan yaitu Kecamatan Seberang Ulu 1 yang mencapai 91.166 jiwa dengan persentase kepadatan penduduk tertinggi sebesar 11.010 per km² (BPS, 2021).

Peningkatan sampah diperkirakanakan semakin naik dilihat dari kondisi Indonesia yang sedang dilanda pandemi COVID-19. Masyarakat yang takut akan resiko tertular virus COVID-19 melakukan berbagai cara agar bisa melindungi dirinya, mulai dari mengubah pola perilaku konsumen dalam memenuhi kehidupan sehari-hari. Upaya perlindungan diri yang dilakukan oleh masyarakat

dapat dilihat dengan meningkatnya pembelian suatu barang dan makanan melalui berbagai aplikasi daring yang pastinya banyak menggunakan kemasan plastik dan peralatan sekali pakai (Vanapalli *et al.*, 2021).

Upaya mengatasi permasalahan sampah menjadi hal penting yang harus ditindaklanjuti oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) di berbagai wilayah. DLHK dalam proses pengangkutan sampah membagi setiap kecamatan menjadi beberapa Wilayah Kerja (WK). Hal ini bisa mempercepat proses pengangkutan sampah yang dilakukan dengan distribusi dari titik asal (TPA) tunggal sebagai sarana agar dapat mengoptimalkan masalah rute kendaraan (Azadeh, 2017). Setiap WK memiliki satu kendaraan pengangkutan sampah berjenis *dump truck* atau *armroll* dengan banyaknya kapasitas sampah yang bisa diangkut oleh masing-masing kendaraan sebesar 4 ton (Puspita *et al.*, 2020).

Permasalahan kendaraan pengangkutan sampah biasa dikenal dengan model *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang digunakan untuk mencari semua panjang dari rute terpendek yang dikombinasikan dengan pola rute tertutup, dalam hal ini rute dari titik asal ke titik tujuan akan kembali lagi ke titik asal (Nirwan, 2021). VRP berkapasitas atau biasanya dikenal dengan istilah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) merupakan permasalahan yang mempertimbangkan suatu data deterministik (Fernstrøm and Steiner, 2020). Menurut Bernardo *et al.*, (2020), tujuan CVRP didefinisikan sebagai cara mencari rute optimal dengan mempertimbangkan jarak dan waktu (biaya) perjalanan terbaik. CVRP memiliki dua bentuk permasalahan, yaitu permasalahan simetrik di mana jarak antara titik tujuan dalam dua arah berbeda adalah sama ($x_{ij} = x_{ji}$) dan permasalahan

asimetrik di mana jarak antara titik tujuan dalam dua arah berbeda adalah tidak sama $(x_{ij} \neq x_{ii})$ Santoso, 2006).

Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan dalam bentuk asymmetric. Model yang digunakan dalam permasalahan CVRP adalah Mixed Integer Linear Programming (MILP), model ini dibentuk dengan satu batasan tambahan di mana hanya beberapa variabel yang diperlukan saja untuk bernilai integer (Lesmana et al., 2018). MILP pada penelitian ini digunakan dalam mencari bentuk umum dari Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP).

Penyelesaian masalah menentukan jarak optimal dengan metode solusi relaksasi Lagrange diselesaikan dengan model *Integer Linear Programming* (ILP). Model ILP merupakan pemograman linier dengan semua variabel yang digunakan merupakan integer tak negatif (Irsyad, Katili and Achmad, 2020). Metode relaksasi Lagrange menggunakan penyelesaian secara heuristik dalam menyelesaikan suatu masalah optimasi kombinatorial kompleks (*complex combinatorial optimization*) dan masalah IP (*Integer Programming*). Metode ini melakukan penyederhanaan masalah menggunakan struktur khusus sehingga pendekatan solusi menjadi sangat fleksibel (Setiawani, dalam Postech and Kangbok, 2017). Upaya menentukan nilai optimal pada ILP dengan himpunan bilangan bulat non negatif menggunakan dualitas dalam relaksasi Lagrange atau gap dualitas (Santoso, 2006).

Penelitian sebelumnya, Santoso (2006) telah ditemukan permasalahan Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem (ACVRP) dari riset data rute kendaraan yang berbentuk integer dan diselesaikan dengan solusi relaksasi Lagrange, sedangkan pada penelitian Melati (2019) telah diselesaikan model *Demand Robust Counterpart Open Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows and Deadline* (DRC-OCVRP_{tw,d}) berbasis LINGO 13.0 dalam mendesain rute dan waktu optimal pengangkutan sampah di Kota Palembang.

Penelitian Melati (2019) telah menyelesaikan permasalahan CVRP dalam bentuk *symmetric*, salah satunya pada Kecamatan Seberang Ulu 1. Kecamatan ini memiliki luas wilayah sekitar 8,28 km² dengan penduduk terbanyak kedua dari tahun 2000-2002 setelah Kecamatan Ilir Timur II serta salah satu kecamatan yang dekat dengan TPA Karya Jaya setelah Kecamatan Kertapati (BPS, 2021). Data DLHK yang terbaru mengakibatkan adanya perubahan tata letak WK pada data penelitian Melati (2019). Salah satunya adalah Kecamatan Seberang Ulu 1 memiliki 4 WK dan 19 TPS dengan rute pengangkutan sampah tertutup dari data DLHK terbaru.

Dilihat dari penelitian sebelumnya, jarang didapatkan data jarak kendaraan sampah yang dimodelkan sebagai ACVRP dalam kondisi rute yang riil, dengan penyelesaian masalah menggunakan metode pengali Lagrange atau relaksasi Lagrange. Sehingga pada penelitian ini dilakukan penyelesaian masalah jarak kendaraan pada kondisi riil yang dimodelkan sebagai ACVRP, dengan data terbaru terkait pengelompokan WK di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang untuk mencari jarak minimum menggunakan metode solusi relaksasi Lagrange.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan jarak optimal pengangkutan sampah sebagai model ACVRP di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang dengan metode relaksasi Lagrange.

1.3 Pembatasan Masalah

Rute jarak yang diambil dengan *Google Maps* pada saat lalu lintas kendaraan normal dan lancar di waktu pagi sekitar pukul 07.00 WIB.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, didapatkan tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jarak optimal pengangkutan sampah sebagai model ACVRP dengan menggunakan metode relaksasi Lagrange di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

 Memberikan wawasan kepada pembaca tentang pengoptimalan optimasi dalam permasalahan transportasi sampah seperti rute kendaraan dalam

- pengangkutan sampah dengan model *Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem* (ACVRP) menggunakan metode relaksasi Lagrange.
- 2. Memberikan penyelesaian metode relaksasi Lagrange dalam pengoptimalan rute kendaraan pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sampah (TPS) sampai Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk membantu Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Palembang di Kecamatan Seberang Ulu 1 dalam proses pengambilan sampah dengan pemilihan rute yang minimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. H. and Antoni, A. (2019). Optimasi Perencanaan Produksi Pada Proses Wire Drawing Menggunakan Mixed Integer Linear Programming, *Matrik*, 19(2), p. 9.
- Azadeh, A. (2017). The close open mixed multi depot vehicle routing problem considering internal and external fleet of vehicles, *Transportation Letters*, 7867(January), pp. 1–15.
- Bernardo, M., Du, B. and Pannek, J. (2020). A simulation-based solution approach for the robust capacitated vehicle routing problem with uncertain demands. *Transportation Letters*, 7867, pp. 1–10.
- Bidgoli, M. M. and Kheirkhah, A. S. (2018). An arc interdiction vehicle routing problem with information asymmetry, *Computers and Industrial Engineering*, 115, pp. 520–531.
- BPS. (2021). *Kota Palembang Dalam Angka 2021*, Badan Pusat Statistik, Palembang, Indonesia.
- Erdelic, T., Carić, T. and Lalla-Ruiz, E. (2019). A Survey on the Electric Vehicle Routing Problem: Variants and Solution Approaches, *Journal of Advanced Transportation*, 2019, pp. 1–48.
- Fernstrøm, F. and Steiner, T. A. (2020). A constant approximation algorithm for the uniform a priori capacitated vehicle routing problem with unit demands. *Information Processing Letters*, 159–160, p. 105960.
- Harlan, R. (2019). Rancang Ulang Layout Ruang Operasi Pada Menggunakan Model Mixed-Integer Linear Programming. Pp, 7–13.
- Ilin, V., Matijević, L., Davidović, T. and Pardalos, P. M. (2018). Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window, *XLV Symposium on Operational Research*, pp. 174–179.
- Irsyad, I., Katili, M. R. and Achmad, N. (2020) 'Penerapan Metode Integer Linear Programming Pada Penjadwalan Karyawan', *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 4(1), p. 63. doi: 10.26740/jram.v4n1.p63-73.

- Izzatunnisa, L., Wicaksono, P.A. and Prastawa, H. (2018). Pengembangan Model untuk Dynamic Supplier Selection Problem Menggunakan Metode Mixed Integer Linear Programming dengan Mempertimbangkan Faktor Diskon, pp. 1–10.
- Lancia, G. and Serafini, P. (2018). Integer Linear Programming, 4(2), pp. 43–66.
- Leggieri, V. and Haouari, M. (2017). A practical solution approach for the green vehicle routing problem, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 104, pp. 97–112.
- Lesmana, E., Badrulfalah, B. And Bahtiar, B. (2018). Aplikasi Model Mixed Integer Linear Programming Untuk Pengolahan Dan Pendistribusian Ikan Pada Industri Perikanan (Studi Kasus: Pt. Multi Mina Rejeki, *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 3(2), p. 195.
- Mappa, T. M. and Sudaryanto. (2019). Optimasi Rute Truk Pengangkut Sampah Di Kota Depok, *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 24(3), pp. 226–239.
- Melati, R. (2019). Model Demand Robust Counterpart Open Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows And Deadline (Drc-Ocvrptw,D) Berbasis Lingo 13.0 Dalam Mendesain Rute Optimal Pengangkutan Sampah Di Kota Palembang. *Sriwijaya University*, pp1-46. Dipublikasikan.
- Nirwan, S. (2021). Optimasi Pengiriman Pos Dengan Melibatkan Kendaraan Sewa Menggunakan Close-Open Mixed Vehicle Routing Problem Di Postal Processing Centre Bandung 40400, 13(2), Pp. 9–16.
- Puspita, F. M., Simanjuntak, A.S., Melati, R. and Octarina, S. (2020). Demand robust counterpart open capacitated vehicle routing problem time windows and deadline model of garbage transportation with LINGO 13.0, *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(6), pp. 6380–6388.
- Sampurno, T. and Sudiarso, A. (2018). Simulasi dan Mixed Integer Linear Programming Untuk Masalah Tata Letak Pabrik Baru, (1991), pp. 7–8.
- Santoso, R. I. L. (2006). Penyelesaian Asymmetric Capacitated Vehicle Routing (ACVRP) Menggunakan Metode Solusi Relaksasi Lagrange. *Sriwijaya University*, pp. 1-68. tidak dipublikasikan.

- Setiawani, S. (2017). Metode Relaksasi Lagrange Untuk Menentukan Solusi Program Bilangan Cacah, pp. 49–60.
- SIPSN. (2020). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*, SIPSN, 10 Juni 2021,.https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/.
- Solehah, I. P. and Fitriana, L. (2018). Optimasi Perencanaan Produksi Penjualan Hijab Menggunakan Metode Fuzzy Linear Programming, *Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 8(2), pp. 97–114. doi: 10.20961/jmme.v8i2.25842.
- Sudirman, V. L. (2017). Penyelesaian Masalah Integer Programming dengan Metode Relaksasi Lagrange, *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), pp. 1–6.
- Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Ranjan, V. P., Bhattacharya, J., Dubey, B. K. and Goel, S. (2021). Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic, *Science of the Total Environment*, 750, p. 141514.