

**IMPLEMENTASI MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
WITH *TIME WINDOWS* (VRPTW) TERHADAP BIAYA OPERASIONAL
KENDARAAN PADA PENDISTRIBUSIAN AIR GALON
(Studi Kasus : PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa)**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**



Oleh:

**YULISCHA JESI ANGGELA
NIM. 08011381621063**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
WITH TIME WINDOWS (VRPTW) TERHADAP BIAYA OPERASIONAL
KENDARAAN PADA PENDISTRIBUSIAN AIR GALON
(Studi Kasus : PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa)

SKRIPSI

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

Oleh


YULISCHA JESI ANGGELA
NIM. 0801138162063

Pembimbing Pembantu



Sisca Octarina, M.Sc
NIP. 198409032006042001

Indralaya, April 2021
Pembimbing Utama



Dr. Evi Yuliza, M.Si
NIP. 197807272008012012

Mengetahui
Ketua Jurusan Matematika



Drs. Sugandi Yandin, M.M
NIP. 195807271986031003

LEMBAR PERSEMBAHAN

MOTTO

“Memulai dengan penuh Keyakinan, Menjalankan dengan penuh Keikhlasan, Menyelesaikan dengan penuh Kebahagiaan”

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupan” (QS.Al-Baqarah :286)

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

- ❖ Allah SWT
- ❖ Kedua Orangtuaku yang tercinta
- ❖ Kakak dan Keluargaku tersayang
- ❖ Dosen dan Guruku
- ❖ Sahabat-sahabatku
- ❖ Almamaterku

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala limpahan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Implementasi Model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) Terhadap Biaya Operasional Kendaraan pada Pendistribusian Air Galon (Studi Kasus: PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa)”** dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Kedua Orang Tua, yaitu Bapak **Rainul Aedy** dan Ibu **Lasfiah** yang telah merawat dan mendidik dengan penuh kasih sayang serta doa tulus menuntun, mendidik, menasehati, dan motivasi untuk penulis selama ini. terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Ibu **Dr. Evi Yuliza, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu dengan penuh kesabaran dan perhatian dalam memberikan banyak ide pemikiran, bimbingan nasehat, pengarahan motivasi serta kritik saran yang sangat bermanfaat bagi penulis selama pengerjaan skripsi ini.

2. Ibu **Sisca Octarina, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang juga telah banyak membantu memberikan pengarahan, bimbingan, kritik dan saran untuk membantu pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu **Des Alwine Zayanti, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu **Dr. Fitri Maya Puspita, M.Sc**, ibu **Des Alwine Zayanti, M.Si**, dan ibu **Eka Susanti, M.Sc** selaku Dosen Pembahas yang telah memberi kritik dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh **Staf Dosen di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya**, atas ilmu yang telah diberikan untuk penulis selama menempuh pendidikan.
7. Bapak **Irwansyah** selaku admin dan ibu **Hamida** selaku pegawai Tata Usaha Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam proses administrasi selama proses perkuliahan.
8. Keluargaku tercinta Orang tuaku **Rainul Aedy** dan **Lasfiah** serta Kakakku **Laryco Marthin Purnando, S.T** dan kakak iparku **Kurnia Indah Pratiwi, S.T** atas kasih sayang, nasihat, dukungan dan perhatiannya selama ini.
9. Sahabat – sahabatku di perantauan **Eling Meyana Dewi** dan **Eka Monita Setiani** yang telah menyayangi, berbagi suka duka serta selalu ada dan mengerti setiap keadaan penulis.
10. Sahabat – sahabatku di bangku perkuliahan **Rina, Puput, Mita, Nurul, Shinta, Rachmawati, Muti, Nanae, Putri, Adel**, teman - teman kosan

Eko, Ogi, Ari, Doni, Jekta yang telah banyak berbagi suka duka dan banyak cerita, penulis sangat bersyukur menjadi bisa menjadi bagian dari kalian.

11. Sahabat - sahabat tercintaku **Ana, Diyan, Luluk, Ukka, Rindayu, Ayu, Sonia, Ericha, Desi** yang selama ini ada memberi semangat, menghibur dan menjadi Human Diary di separuh bagian cerita hidup penulis.
12. Semua **teman- teman Angkatan 2016** yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas suka duka dan segala bentuk semangat dan dukungan selama ini.
13. **Kakak tingkat** dan **Adik tingkat** Himastik FMIPA Universitas Sriwijaya atas segala bentuk semangat yang telah diberikan.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan motivasi, doa, semangat, dan nasihat yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan dari ALLAH SWT.

Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya dan semua pihak yang memerlukan.

Wabilahitaufiq Wal'hidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Indralaya, April 2021

Penulis

**IMPLEMENTATION OF *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
WITH *TIME WINDOWS* (VRPTW) ON VEHICLES OPERATING COSTS
ON GALLON WATER DISTRIBUTION
(Case Study: PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa)**

By:

**YULISCHA JESI ANGGELA
08011381621063**

ABSTRACT

Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) is an optimization problem related to the distribution system where VRPTW is related in allocating vehicles to serve a number of in a specific time interval called *Time Windows*. In this research, the VRPTW model is used to implement vehicle route search in PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa's for distribution in Prabumulih. Distribution of gallon water in Prabumulih is divided into 4 Working Area. The completion using this VRPTW model result in each working area is divided into several sub tours with *Time Windows* that affect the Service Time. The solution of the model VRPTW showed the operational costs in Working Area 1 was IDR 1,325,467, operating costs in Working Area 2 was IDR 1,540,543, operating costs in Working Area 3 was IDR 1,222,485, and operating costs in Working Area 4 was IDR 1,107,763.

Keyword : *Time Windows, Time Service, Operating Costs, Vehicle Routing Problem*

**IMPLEMENTASI MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
WITH *TIME WINDOWS* (VRPTW) TERHADAP BIAYA OPERASIONAL
KENDARAAN PADA PENDISTRIBUSIAN AIR GALON
(Studi Kasus : PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa)**

Oleh:

**YULISCHA JESI ANGGELA
08011381621063**

ABSTRAK

Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) merupakan permasalahan optimasi yang berkaitan dengan sistem distribusi dimana VRPTW berkaitan dengan pengalokasian kendaraan untuk melayani sejumlah konsumen dalam interval waktu tertentu yang disebut *Time Windows*. Pada penelitian ini, model VRPTW digunakan untuk mengimplementasikan pencarian rute kendaraan dalam pendistribusian air galon di PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa untuk pendistribusian dalam kota Prabumulih. Pendistribusian air galon di kota Prabumulih dibagi menjadi 4 Wilayah Kerja. Penyelesaian dari model VRPTW menunjukkan biaya operasional pada Wilayah Kerja 1 sebesar Rp 1.325.476,00, biaya operasional pada Wilayah Kerja 2 sebesar Rp 1.540.543,00, biaya operasional pada Wilayah Kerja 3 sebesar Rp 1.222.485,00, dan biaya operasional pada Wilayah Kerja 4 sebesar Rp 1.107.763,00.

Kata Kunci : *Time Windows*, Waktu Layanan, Biaya Operasional, *Vehicle Routing Problem*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Graf	6
2.1.1. Graf Sederhana dan Tak Sederhana.....	6
2.1.2. Graf Berarah dan Graf Tak Berarah	7
2.1.3. Graf Berbobot	7
2.2. <i>Linear Programming</i>	8

2.2.1 <i>Integer Linear Programming (ILP)</i>	8
2.2.2 <i>Mixed Integer Linear Programming (MILP)</i>	9
2.3. <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>	9
2.4. <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat.....	14
3.2. Waktu	14
3.3. Metode Penelitian.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Deskripsi Data.....	16
4.2. Mendefinisikan Variabel dan Parameter	23
4.3. Memformulasikan Model <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i> (VRPTW)	25
4.4. Penyelesaian Model <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i> (VRPTW)	26
4.4.1. Penyelesaian Model VRPTW untuk Wilayah Kerja 1.....	26
4.4.2. Penyelesaian Model VRPTW untuk Wilayah Kerja 2.....	32
4.4.3. Penyelesaian Model VRPTW untuk Wilayah Kerja 3.....	39
4.4.4. Penyelesaian Model VRPTW untuk Wilayah Kerja 4.....	45
4.5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62

LAMPIRAN.....	65
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Biaya Operasional Kendaraan.....	17
Tabel 4.2. Data Jarak Untuk Wilayah Kerja 1	18
Tabel 4.3. Data Jarak Untuk Wilayah Kerja 2	18
Tabel 4.4. Data Jarak Untuk Wilayah Kerja 3	19
Tabel 4.5. Data Jarak Untuk Wilayah Kerja 4	19
Tabel 4.6. Waktu Tempuh Wilayah Kerja 1	20
Tabel 4.7. Waktu Tempuh Wilayah Kerja 2	20
Tabel 4.8. Waktu Tempuh Wilayah Kerja 3	21
Tabel 4.9. Waktu Tempuh Wilayah Kerja 4	21
Tabel 4.10. Waktu Layanan, Jumlah Permintaan dan <i>Time Windows</i> pada Wilayah Kerja 1	22
Tabel 4.11. Waktu Layanan, Jumlah Permintaan dan <i>Time Windows</i> pada Wilayah Kerja 2	22
Tabel 4.12. Waktu Tempuh, Jumlah Permintaan dan <i>Time Windows</i> pada Wilayah Kerja 3	23
Tabel 4.13. Waktu Tempuh, Jumlah Permintaan dan <i>Time Windows</i> pada Wilayah Kerja 4	23
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Wilayah Kerja 1.....	53
Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Wilayah Kerja 2	55
Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Wilayah Kerja 3	56
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Wilayah Kerja 4	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Graf Sederhana.....	6
Gambar 2.2. Graf Berarah.....	7
Gambar 2.3. Graf Tak Berarah.....	7
Gambar 2.4. Graf Berbobot.....	8
Gambar 4.1. Depot - Jln. Padat Karya (A2) - Perumnas 4 Gunung Ibul (A5) – Depot	54
Gambar 4.2. Depot – Lingkar (A3) - GPE (Griya Prabu Estate) (A6) - Depot.....	54
Gambar 4.3. Depot – Perumas 1&2 Gunung Ibul (A4) – Lampu Merah Bawah Kemang (A7) – Depot.....	54
Gambar 4.4. Depot – Jln. Angkatan 45 (B2) – Jln. Jendral Sudirman (B6) – Depot.....	55
Gambar 4.5. Depot – Cambai (B4) – Lembak (B5) – Pangkul (B7) – Prabujaya (B3) – MTS (B8) – Depot.....	55
Gambar 4.6. Depot – Karang Raja (C2) – Bakaran (C6) – Depot	56
Gambar 4.7. Depot – Sukaraja (C3) – Perumnas Arda (C4) – Depot	56
Gambar 4.8. Depot – Jln. Jendral Sudirman (Kiri) (C5) – Tugu Kecil (C7) – Depot.....	57
Gambar 4.9. Depot – Wonosari (D2) – Taman Siswa (D9) – Depot	58
Gambar 4.10. Depot – Wonosari (D2) – Taman Siswa (D9) – Depot	58
Gambar 4.11. Depot – Komplek Pertamina (D5) – Jln. M. Yamin (D7) – Depot.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pembagian Wilayah Kerja.....	65
Lampiran 2. Data Permintaan Air Galon Tanggal 10 Februari 2020 Wilayah Kerja 1	66
Lampiran 3. Data Permintaan Air Galon Tanggal 10 Februari 2020 Wilayah Kerja 2	67
Lampiran 4. Data Permintaan Air Galon Tanggal 10 Februari 2020 Wilayah Kerja 3	68
Lampiran 5. Data Permintaan Air Galon Tanggal 10 Februari 2020 Wilayah Kerja 4	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu sistem logistik yang baik memegang peranan penting pada suatu perusahaan. Salah satu aspek penting dalam sistem logistik adalah manajemen distribusi produk yang diperlukan agar perusahaan dapat bersaing dengan kompetitornya (Harimurti, 2018).

Pelaksanaan distribusi menuntut perusahaan untuk dapat memenuhi permintaan pelanggan tepat waktu, sehingga diperlukan aktivitas transportasi yang optimal. Ballou (2004) mengatakan bahwa sekitar 1/3 sampai 2/3 dari total biaya aktifitas distribusi yang kontribusinya paling besar ialah biaya transportasi. Biaya pengiriman tergantung pada penentuan rute dan kapasitas angkut kendaraan dimana pengiriman dilakukan dengan singkat dan tepat waktu dengan rute terpendek agar permintaan pelanggan dapat dilayani dalam suatu rute. Permasalahan penentuan rute dalam bidang Optimasi dikenal dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Secara umum VRP diartikan permasalahan yang melibatkan penentuan rute optimal dari sejumlah kendaraan yang dimulai dari depot utama menuju kepada sejumlah pelanggan yang berada pada lokasi yang berbeda dengan jumlah permintaan tertentu. Sundarningsih et al. (2017) membahas VRP yang bertujuan meminimalkan biaya yang diimplementasikan pada total jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang digunakan. Salah satu penerapan VRP dalam pendistribusian produk yaitu pendistribusian minuman ringan (Amri et al., 2014). Selain itu, penentuan rute pengiriman dan biaya transportasi produk minuman kemasan

(Purnomo, 2010) dan optimasi distribusi beras (Putri et al., 2015), juga telah dilakukan. Penentuan rute dibatasi oleh banyaknya outlet dan pelanggan serta proses distribusi dipengaruhi oleh tenggang waktu tertentu. Karena jumlah pelanggan dan permintaan berbeda pada setiap distribusi, hal ini dapat menyebabkan rute pendistribusian menjadi tak tentu sehingga sangat diperlukan penentuan rute pendistribusian untuk meminimumkan jarak tempuh, biaya distribusi dan waktu layanan (*time service*).

Perluasan dari VRP adalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) yang mempertimbangkan kendala interval waktu pelayanan dikenal dengan *time windows* untuk memperoleh jarak tempuh dan waktu yang optimal dari setiap kendaraan dalam melayani pelanggan dengan interval waktu tertentu. Menurut Pratama & Mahmudy (2017), setiap pelanggan memiliki jadwal waktu tertentu dalam penerimaan distribusi produk. Waktu layanan harus dimulai tepat waktu dan ditentukan oleh waktu paling awal dan waktu terbaru setelah selesai (El-Sherbeny, 2010). Waktu layanan dipengaruhi oleh waktu keberangkatan dan waktu kedatangan kendaraan (Jeagere et al., 2016). Pendistribusian suatu produk dapat mempertimbangkan banyaknya kru yang ditugaskan ke rute yang dilayani, dan banyaknya kru dapat mengurangi waktu layanan (Pureza et al., 2012).

Masalah umum yang sering dihadapi oleh perusahaan dalam melakukan pendistribusian adalah jumlah permintaan yang berbeda untuk setiap pelanggan, kapasitas kendaraan, batasan waktu pengiriman dan penentuan rute optimal untuk menghemat biaya distribusi. PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dengan merek dagang “Winro” yang berlokasi di Jalan Angkatan 45 Kelurahan Gunung Ibul Barat

Kota Prabumulih. Perusahaan ini mampu bersaing dengan produk air minum dalam kemasan ternama lainnya dan mampu memenuhi kebutuhan pasar Prabumulih, maupun luar Prabumulih seperti Batu Raja, Lahat, Muara Enim dan Kayu Agung.

PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa memproduksi 9 produk diantaranya air botol 1500 ml, air botol 600 ml, air botol 330 ml, air cup 220 ml, air galon 19 liter, air tanki, air tedmon, es kristal, dan galon 19 liter. PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa melakukan pembagian wilayah distribusi dalam kota maupun luar kota. Distribusi luar kota biasanya menggunakan truk karena pengangkutan dalam skala besar ke agen sedangkan dalam kota menggunakan mobil *pickup*. Wilayah distribusi air galon dalam kota dibagi menjadi 4 Wilayah Kerja dan 4 armada yang bertanggung jawab untuk masing-masing wilayah. Selama ini penentuan rute distribusi air galon diatur secara acak sesuai dengan pesanan pelanggan untuk masing-masing wilayah setiap hari. Hal ini dikarenakan jumlah pelanggan yang melakukan pemesanan berbeda setiap hari dan jumlah pesanan produk juga berbeda setiap hari, sehingga rute distribusi air galon harian pun akan berbeda sesuai dengan pemesan dan jumlah pesanan per hari. Waktu kerja pendistribusian air galon dilakukan mulai dari pukul 08.00 – 17.00 WIB. Pengiriman air galon dilakukan 2 kali dalam sehari mulai dari pukul 08:00 – 12:00 WIB kemudian dilakukan kembali pendistribusian dari pukul 13:00 – 17:00 WIB. Ada kalanya pendistribusian air galon ke pelanggan lain mengalami keterlambatan karena jumlah permintaan yang berbeda dan waktu layanan yang tidak sesuai.

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan suatu model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* terhadap biaya operasional kendaraan yang

diharapkan dapat menentukan rute kendaraan dan waktu layanan pelanggan dalam pendistribusian air galon di PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) dalam menentukan rute optimal pendistribusian air galon di PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Tempat pendistribusian dalam penelitian ini adalah pendistribusian dalam kota Prabumulih.
2. Produk yang didistribusikan PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa (Winro) dalam penelitian ini adalah air galon 19 liter.
3. Jenis kendaraan yang digunakan untuk distribusi air galon 19 liter dalam kota adalah mobil *pickup* L300.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) untuk mendapatkan rute optimal dalam pendistribusian air galon di PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa.

1.5 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini ialah:

1. Bagi mahasiswa dan peneliti lainnya dapat membantu mengembangkan wawasan dan mengenal penerapan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) dalam kehidupan sehari-hari.
2. Bagi PT. Indotirta Sriwijaya Perkasa dapat dijadikan bahan pertimbangan dan referensi dalam menentukan rute alternatif pendistribusian air galon.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. H., & Antoni. (2019). Optimasi Perencanaan Produksi Wire Drawing Menggunakan Mixed Integer Linear Programming (Studi Kasus di PT. SW). *Jurnal Matrik*, 19, 09-22.
- Aji, S., Kusmaningrum, & M, F. H. (2014). Optimisasi Keuntungan Menggunakan Linear Programming di PT. Pertamina Refinery Unit (RU) VI Balongan. *Jurnal Online Institute Teknologi Nasional*, 01, 232-242.
- Aldous, J. M., & Wilson, R. J. (2000). *Graphs and Application : An Introductory Approach*: Springer.
- Amri, M., Rahman, A., & Yuniarti, R. (2014). Penyelesaian Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbor (Studi Kasus: Nganjuk Distributor PT. Coca Cola). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 1, 36-45.
- Arvianto, A., Setiawan, A. H., & Saptadi, S. (2014). Model Vehicle Routing Problem dengan Karakteristik Rute Majemuk Multiple Products dan Heterogeneous Fleet untuk Depot Tunggal. *Jurnal Teknik Industri* 16, 85-96.
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistic Supply Chain Managenent. Fifth Edition*. New Jersey: Prentices. Hall. Inc.
- Chang, Y., & Chen, L. (2007). Solve The Vehicle Routing Problem with Time Windows Via a Genetic Algorithm. *Discrete and Continous Dynamical Systems Supplement*, 240-249.
- El-Sherbeny, N. A. (2010). Vehicle Routing with Time Window: An Overview of Exact, Heuristic and Metaheuristic Methods. *Journal of King Saud University*, 22, 123-131.
- Harimurti, C. (2018). Model Peningkatan Kinerja Sistem Logistik yang Efektif dan Efisien. *Jurnal Logistik Indonesia*, 01, 46-68.
- Hendrawan, E., & Widyadana, I. G. A. (2018). Optimasi Rute Pengiriman dengan Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri* 2, 1-8.

- Iswari, T. (2017). Pengembangan Algoritma Hybrid Restart Simulated Annealing with Variable Neighborhood Search (HRSA-VNS) untuk Penyelesaian Kasus Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 6, 49-56.
- Jeagere, N. D., Dafaeye, M., & Nieuwenhuys, I. V. (2016). The Vehicle Routing Problem : State of the Arc Classification and Review. *Computer & Industrial Engineering*, 99, 300-313.
- Kamal, A., Vinarti, R. A., & Anggraeni, W. (2012). Optimasi Persediaan Perusahaan Manufaktur dengan Metode Mixed Integer Linear Programming. *Jurnal Teknik POMITS 01*, 1-6.
- Livia, C. Y., & Oktiarso, T. (2007). Penjadwalan Untuk Meminimalkan Total Tardiness dengan Metode Integer Linear Programming. *Jurnal Teknik Industri 18*, 127-137.
- Munir, R. (2010). *Matematika Diskrit*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Pitaloka, D. A., Mahmudy, W. F., & Sutrisno. (2014). Penyelesaian Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) Menggunakan Algoritma Genetika Hybrid. *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology*, 01, 104-110.
- Pratama, R. Y., & Mahmudy, W. F. (2017). Optimization Of Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) For Food Product Distribution Using Genetics Algorith. *Journal of Information Tecnology and Computer Science*, 2, 77-84.
- Pureza, V., Morabito, R., & Reimann, M. (2012). Vehicle Routing With Multiple Deleverymen : Modeling and Heuristic Approaches for the VRPTW. *European Journal of Operational Research*, 218, 636-647.
- Purnomo, A. (2010). Penentuan Rute Pengiriman dan Biaya Transformasi dengan Menggunakan Metode Clark and Wright Saving Heuristic (Studi Kasus di PT. Teh Botol Sosro Bandung). *Jurnal Teknik Industri UNPAS*, 1, 97-117.
- Putri, F. B., Mahmudy, W. F., & Ratnawati, D. E. (2015). Penerapan Algoritma Genetika untuk Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Pada Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 1, 1-9.

- Rizki, S. (2012). Penerapan Teori Graf untuk Menyelesaikan Masalah Spanning Tree (MST) Menggunakan Algoritma Kruskal. *01*, 142-152.
- Saputra, N., Sentia, P. D., & Andriansyah. (2018). Penentuan Rute Kendaraan Heterogen Menggunakan Algoritma Insertion Heuristic. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, *17*, 35-45.
- Stapleton, D. M., Joe B, H., & Markusen. (2003). Marketing Strategy Optimization: Using Linear Programming to Establish an Optimal Marketing Mixture. *American Business Review*, *21*, 54-62.
- Sundarningsih, D., Mahmudy, W. F., & Sutrisno. (2017). Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Studi Kasus Air Minum Kemasan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, *1*, 100-107.
- Syaputra, A. (2012). *Aplikasi Pohon Merentang (Spanning Tree) dalam Pengoptimalan Jaringan Listrik*. ITB, Bandung.
- Vandiko, G., Adianto, R. H., & Mustofa, F. H. (2013). Usulan Rancangan Rute Distriusi Produk Sepatu Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem *jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, *01*, 135-146.