

**IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF UNTUK
MENYELESAIKAN *FUZZY INVENTORY ROUTING PROBLEM***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Matematika



Oleh:

Marina Tampubolon

2103957

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MTEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

LEMBAR HAK CIPTA

**IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF UNTUK
MENYELESAIKAN *FUZZY INVENTORY ROUTING PROBLEM***

Oleh
Marina Tampubolon
2103957

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Matematika
pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Marina Tampubolon 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

MARINA TAMPUBOLON

**IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF UNTUK
MENYELESAIKAN *FUZZY INVENTORY ROUTING PROBLEM***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing,

Pembimbing I

Acc 13/09/2025



Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si.

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II



Dr. Sumanang M. Gozali, M.Si.

NIP. 197411242005011001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Algoritma Genetika Adaptif untuk Menyelesaikan *Fuzzy Inventory Routing Problem*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko apabila ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 20 Agustus 2025

Marina Tampubolon
NIM. 2103957

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkat, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Algoritma Genetika Adaptif untuk Menyelesaikan *Fuzzy Inventory Routing Problem*”. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Matematika pada Program Studi, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S. Si., M.Si. dan Bapak Dr. Sumanang M. G., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih banyak kepada orang tua, keluarga, teman-teman atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan, sehingga saran yang dibangun sangat diharapkan untuk kebaikan penulis di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya, khususnya dalam bidang optimasi pendistribusian produk.

Bandung, 20 Agustus 2025

Marina Tampubolon
NIM. 2103957

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih, penyertaan, dan pertolongan-Nya selama masa perkuliahan hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Siora Maratur Tampubolon, S.E. dan Ibu Riris Sulastri Panggabean, yang dengan penuh kasih sayang, doa yang tidak pernah putus, serta dukungan yang telah menjadi sumber kekuatan terbesar dalam setiap langkah penulis. Terima kasih atas segala pengorbanan, kerja keras, dan kesabaran yang tidak pernah surut, bahkan di saat penulis menghadapi kesulitan dan keraguan. Penulis sadar, bahwa setiap kata dalam skripsi ini adalah buah dari kerja keras dan doa dari orang tua. Sebagai anak sulung, penulis merasa memiliki tanggung jawab besar untuk menjadi contoh dan kebanggaan bagi keluarga. Capaian ini bukan hanya hasil dari usaha pribadi, tetapi juga merupakan wujud nyata dari harapan dan doa yang telah Bapak dan Ibu titipkan sejak awal.
2. Kedua adik laki-laki saya, Daniel Tampubolon dan Riski Tampubolon, yang selalu menjadi penyemangat dan pengingat bagi penulis untuk terus berjuang. Terima kasih atas dukungan yang meskipun sederhana namun berarti. Penulis berharap, keberhasilan ini dapat menjadi motivasi dan inspirasi bagi kalian untuk terus mengejar mimpi.
3. Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S. Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Sumanang M. G., M.Si. selaku dosen Pembimbing II yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian telah membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, tenaga, dan pikiran yang telah dicurahkan untuk memberikan arahan, masukan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Segala ilmu, nasihat, dan keteladanan yang diberikan akan menjadi bekal berharga bagi penulis di masa yang akan datang.
4. Ibu Hj. Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, perhatian, serta bimbingan selama penulis menjalani

masa studi. Dukungan dan motivasi yang diberikan telah membantu penulis untuk terus berproses hingga menyelesaikan skripsi ini.

5. Bapak/Ibu dosen, yang telah membagikan ilmu, wawasan, serta pengalaman berharga selama penulis menempuh pendidikan. Setiap pelajaran dan nasihat yang diberikan menjadi bekal penting bagi penulis dalam menyelesaikan studi ini.
6. Teman-teman Matematika D-21, yang telah menjadi bagian dari perjalanan perkuliahan, memberikan kebersamaan, dukungan, canda tawa, serta diskusi yang membantu penulis selama menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
7. Keluarga besar, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti, serta menjadi tempat penulis untuk berbagi suka dan duka selama menjalani proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dukungan dan bantuan yang diberikan.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas *fuzzy inventory routing problem* (FIRP) dengan ketidakpastian permintaan, yaitu permasalahan penentuan jumlah pengiriman dan rute distribusi yang melibatkan biaya transportasi, biaya penyimpanan, serta biaya kehilangan penjualan (*lost sales*). Tujuan utama penelitian ini adalah meminimalkan total biaya operasional sekaligus menentukan rute distribusi yang efisien. Algoritma genetika adaptif (AGA) yang memodifikasi nilai *crossover rate* dan *mutation rate* secara adaptif berdasarkan perkembangan nilai *fitness*, diimplementasikan untuk menyelesaikan FIRP secara lebih optimal. Proses optimasi dilakukan dengan membangkitkan populasi awal, menghitung nilai *fitness* setiap solusi, dan melakukan proses seleksi, *crossover*, serta mutasi secara adaptif hingga mencapai solusi terbaik. Hasil implementasi menunjukkan bahwa model FIRP dengan AGA menghasilkan nilai fungsi objektif minimum dengan rute distribusi optimal pada kasus distribusi LPG. Hasil ini mengindikasikan bahwa AGA mampu memberikan solusi efisien untuk FIRP dengan permintaan yang tidak pasti.

Kata Kunci: Optimasi, *Fuzzy Inventory Routing Problem*, Algoritma Genetika Adaptif.

ABSTRACT

This study discusses the fuzzy inventory routing problem (FIRP) with demand uncertainty, namely the problem of determining the number of deliveries and distribution routes involving transportation costs, storage costs, and lost sales costs. The main objective of this study is to minimize the total operational costs while determining efficient distribution routes. An adaptive genetic algorithm (AGA) that adaptively modifies the crossover rate and mutation rate based on the development of fitness values is implemented to solve FIRP more optimally. The optimization process is carried out by generating an initial population, calculating the fitness value of each solution, and carrying out selection, crossover, and mutation processes adaptively until the best solution is achieved. The implementation results show that the FIRP model with AGA produces a minimum objective function value with an optimal distribution route for LPG distribution. These results indicate that AGA can provide an efficient solution for FIRP with uncertain demand.

Key Words: *Optimization, Fuzzy Inventory Routing Problem, Adaptive Genetic Algorithm.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Pendistribusian Produk	6
2.2 <i>Inventory Routing Problem (IRP)</i>	7
2.3 Teori <i>Fuzzy</i>	10
2.3.1 Fungsi Keanggotaan.....	10
2.3.2 Implikasi <i>Fuzzy</i>	16
2.4 Algoritma Genetika.....	17
2.5 Proses Umum Algoritma Genetika	18
2.6 Fase-fase Algoritma Genetika	19
2.6.1 Inisialisasi Populasi	19
2.6.2 Nilai <i>Fitness</i>	20
2.6.3 Seleksi	20
2.6.4 <i>Crossover</i>	21
2.6.5 Mutasi.....	23
2.7 Parameter Algoritma Genetika	25

2.8 Algoritma Genetika Adaptif (AGA)	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Deskripsi Masalah.....	27
3.2 Tahapan Penelitian.....	28
3.3 Model Optimasi	29
3.4 Teknik Penyelesaian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Model Optimasi	49
4.2 Contoh Kasus.....	52
4.3 Implementasi.....	61
4.3.1 Data Penelitian	62
4.3.2 Model Optimasi Studi Kasus.....	66
4.3.3 Validasi.....	67
4.3.4 Tahap Implementasi	68
4.3.5 Hasil Implementasi.....	68
4.3.6 Analisis Hasil Implementasi.....	72
4.3.7 Analisis Parameter.....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Representasi Kromosom Matriks Pengisian.....	33
Tabel 3. 2 Representasi Encoding Kromosom Rute Kendaraan	34
Tabel 3. 3 Representasi Kromosom Induk Matriks Pengisian Sebelum <i>Crossover</i>	38
Tabel 3. 4 Baris R1 dari Induk 1 dan Induk 2 yang akan Ditukar	39
Tabel 3. 5 Contoh Pembentukan <i>Offspring</i> bagian Matriks Pengisian pada Proses <i>Row-based Uniform Crossover</i>	39
Tabel 3. 6 Representasi Kromosom Induk Rute Kendaraan sebelum <i>Crossover</i>	40
Tabel 3. 7 Contoh Pemilihan Titik <i>Crossover</i> pada Kromosom Rute Kendaraan	41
Tabel 3. 8 Contoh Pembentukan <i>Offspring</i> bagian Matriks Rute Kendaraan pada Proses <i>One-point Crossover</i>	41
Tabel 3. 9 Contoh Kromosom Induk Matriks Pengisian pada Proses Mutasi.....	42
Tabel 3. 10 Contoh Kromosom Induk Rute Kendaraan pada Proses Mutasi	43
Tabel 3. 11 Contoh Titik Acak pada Kromosom Matriks Pengisian	43
Tabel 3. 12 Contoh <i>Offspring</i> Kromosom Matriks Pengisian setelah Proses Mutasi	44
Tabel 3. 13 Contoh <i>Offspring</i> Kromosom Rute Kendaraan setelah Proses Mutasi	44
Tabel 4. 1 Data Contoh Permintaan dan Kapasitas Pelanggan	52
Tabel 4. 2 Data Contoh Biaya Operasional	53
Tabel 4. 3 Faktor Penyesuaian Biaya Transportasi per Periode	53
Tabel 4. 4 Hasil <i>Defuzzifikasi</i>	54
Tabel 4. 5 Pembangkitan Populasi Awal – Matriks <i>Replenishment</i>	55
Tabel 4. 6 Data Jarak antar Lokasi	55
Tabel 4. 7 Pembangkitan Populasi Awal – Kromosom Rute Kendaraan.....	56
Tabel 4. 8 Nilai <i>Fitness</i> Setiap Kromosom.....	56
Tabel 4. 9 Hasil Normalisasi <i>Fitness</i> dan Probabilitas Seleksi	57
Tabel 4. 10 <i>Offspring</i> Hasil <i>Crossover</i> pada Kromosom Matriks Pengisian	58
Tabel 4. 11 <i>Offspring</i> Hasil <i>Crossover</i> pada Kromosom Rute Kendaraan	58
Tabel 4. 12 <i>Offspring</i> Hasil Mutasi pada Matriks Pengisian.....	59
Tabel 4. 13 <i>Offspring</i> Hasil Mutasi pada Kromosom Rute Kendaraan.....	59
Tabel 4. 14 Perbaikan <i>Offspring</i> Hasil Mutasi pada Matriks Pengisian.....	60
Tabel 4. 15 Penyempurnaan Solusi pada Matriks Pengisian.....	60

Tabel 4. 16 Penyempurnaan Solusi pada Rute Kendaraan	60
Tabel 4. 17 Kromosom baru	61
Tabel 4. 18 Data Penyimpanan, Stok Awal, dan Kapasitas Penyimpanan.....	62
Tabel 4. 19 Biaya Penyimpanan Pelanggan	64
Tabel 4. 20 Faktor Penyesuaian Biaya per Periode	65
Tabel 4. 21 Hasil <i>Defuzzifikasi</i>	68
Tabel 4. 22 Pengaruh Parameter <i>Pop Size</i>	75
Tabel 4. 23 Pengaruh Parameter Generasi Maksimum	76
Tabel 4. 24 Pengaruh Parameter <i>Crossover Rate</i>	78
Tabel 4. 25 Pengaruh Parameter <i>Mutation Rate</i>	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Representasi Kurva Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	11
Gambar 2. 2 Representasi Kurva Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	12
Gambar 2. 3 Representasi Kurva Fungsi Keanggotaan Gaussian	12
Gambar 2. 4 Representasi Fungsi Keanggotaan Sigmoid	13
Gambar 2. 5 Representasi Linear Naik.....	14
Gambar 2. 6 Representasi Linear Turun.....	14
Gambar 2. 7 Representasi Kurva Bahu	15
Gambar 2. 8 Gen, Kromosom, dan Populasi	19
Gambar 2. 9 <i>Crossover Point</i>	22
Gambar 2. 10 Penukaran gen antara <i>parent</i>	22
Gambar 2. 11 Sebelum dan sesudah mutasi	24
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> AGA.....	48
Gambar 4. 1 Hasil Komputasi Contoh Kasus dengan program Python	67
Gambar 4. 2 Pembangkitan Populasi Awal pada Program Python	69
Gambar 4. 3 Perkembangan Nilai Probabilitas <i>Crossover</i>	70
Gambar 4. 4 Perkembangan Nilai Probabilitas Mutasi	70
Gambar 4. 5 Perkembangan Nilai <i>Fitness</i>	71
Gambar 4. 6 Hasil <i>Run</i> Pada Program Python	72
Gambar 4. 7 Waktu komputasi pada Program Python	72
Gambar 4. 8 Parameter Adaptif Iterasi ke-50.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Jarak antar Lokasi Distribusi	89
Lampiran 2 Data Permintaan Pelanggan	96
Lampiran 3 Hasil Optimasi Jumlah Pengiriman.....	98
Lampiran 4 Hasil Optimasi Rute Distribusi	101
Lampiran 5 <i>Code</i> Program untuk Contoh Kasus	106
Lampiran 6 <i>Code</i> Program untuk Data Penelitian	116

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahim, M. K. I., Muhammad Khodri Harahap, A. Z., Haorayau Bolaji, B., & Ahmad, A. N. A. (2023). Optimizing a multi-period deterministic inventory routing problem in agriculture industries. *PaperASIA*, 39(5b), 40–47. [https://doi.org/10.59953/paperasia.v39i5\(b\).35](https://doi.org/10.59953/paperasia.v39i5(b).35)
- Agrawal, A. K., Yadav, S., Gupta, A. A., & Pandey, S. 2022. A genetic algorithm model for optimizing vehicle routing problems with perishable products under time-window and quality requirements. *Decision Analytics Journal*, 5, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100139>
- Agusta, G. M. (2018). Algoritma genetika. *Bogor: Institut Pertanian Bogor*.
- Alam, T., Qamar, S., Dixit, A., & Benaida, M. (2020). *Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.12673>
- Alves, P. Y. A. L., Delgado, K. V., & da Silva, V. F. (2018). Inventory routing problem with time windows: A systematic review of the literature. In *Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI '18)* (Article No. 28, pp. 1–8). ACM. <https://doi.org/10.1145/3229345.3229376>
- Andrzej, O., & Stanislaw, K. (2000, July 16). A new constraint tournament selection method for multicriteria optimization using genetic algorithm. *Congress on Evolutionary Computation*. <https://doi.org/10.1109/CEC.2000.870338>
- Arab, R., Ghaderi, S. F., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2018). Solving a new multi-objective inventory-routing problem by a non-dominated sorting genetic algorithm. *International Journal of Engineering-Transactions A: Basics*, 31(4), 588-596. <https://doi.org/10.5829/ije.2018.31.04a.10>
- Archetti, C., Bertazzi, L., Laporte, G., & Speranza, M. G. (2007). A branch-and-cut algorithm for a vendor-managed inventory-routing problem. *Transportation Science*, 41(3), 382–391. <https://doi.org/10.1287/trsc.1060.0188>
- Azadeh, A., Elahi, S., Hosseinabadi Farahani, M., & Nasirian, B. (2017). A genetic algorithm-Taguchi based approach to inventory routing problem of a single

- perishable product with transshipment. *Computers & Industrial Engineering*, 104, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.12.019>
- Bertazzi, L., Coelho, L. C., De Maio, A., & Laganà, D. 2019. A matheuristic algorithm for the multi-depot inventory routing problem. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 122, 524 – 544. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.01.005>
- Campbell, A. M., Clarke, L. W., Kleywegt, A. J., & Lowe, T. J. (2002). Inventory routing in practice. In P. Toth & D. Vigo (Eds.), *The vehicle routing problem* (pp. 309–330). Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9780898718515.ch12>
- Campbell, A., Clarke, L., Kleywegt, A., & Savelsbergh, M. (1998). The inventory routing problem. In T. G. Crainic & G. Laporte (Eds.), *Fleet Management and Logistics* (pp. 95–113). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5755-5_4
- Cheng, C., Yang, P., Qi, M., & Rousseau, L.-M. (2017). Modeling a green inventory routing problem with a heterogeneous fleet. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 97, 97– 112. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.11.001>
- Chitsaz, M., Divsalar, A., & Vansteenwegen, P. (2016). A two-phase algorithm for the cyclic inventory routing problem. *European Journal of Operational Research*, 254(2), 410–426. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.03.056>
- Chitsaz, M., Divsalar, A., & Vansteenwegen, P. 2016. A two-phase algorithm for the cyclic inventory routing problem. *European Journal of Operational Research*, 254(2), 410–426. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.03.056>
- Cho, D. W., Lee, Y. H., Lee, T. Y., & Gen, M. (2013). An adaptive genetic algorithm for the time dependent inventory routing problem. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(4), 775–789. <https://doi.org/10.1007/s10845-012-0727-5>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2009). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (4th ed.). Pearson Education.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (6th ed.). Pearson Education.

- Coelho, L. C., & Laporte, G. (2014). Optimal joint replenishment, delivery and inventory management policies for perishable products. *Computers & Operations Research*, 47, 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.01.013>
- Crama, Y., Rezaei, M., Savelsbergh, M. W. P., & van Woensel, T. (2018). Stochastic inventory routing for perishable products. *Transportation Science*, 52(3), 526–546. <https://doi.org/10.1287/trsc.2017.0799>
- Daroudi, S., Kazemipoor, H., Najafi, E., & Fallah, M. (2021). The minimum latency in location routing fuzzy inventory problem for perishable multi-product materials. *Applied Soft Computing*, 109, 107484. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107484>
- Desaulniers, G., Rakke, J. G., & Coelho, L. C. (2016). A branch-price-and-cut algorithm for the inventory- routing problem. *Transportation Science*, 50(3), 1060– 1076. <https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0635>
- Farahbakhsh, A., & Kheirikhah, A. S. (2023). A new efficient genetic algorithm-Taguchi-based approach for multi-period inventory routing problem. *Research in Industrial Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.22105/riej.2023.403685.1387>
- Gen, M., & Cheng, R. (1999). *Genetic algorithms and engineering optimization*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470172261>
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Addison-Wesley.
- Hoff, A., Andersson, H., Christiansen, M., Hasle, G., & Løkketangen, A. (2010). Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing. *Computers & Operations Research*, 37(9), 1515– 1536. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.11.009>
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. University of Michigan Press.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2016). *Principles of Marketing* (16th ed). Pearson Education.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education Limited.

- Kusmira, M., & Taufiqurrochman, T. (2017). Pemanfaatan aplikasi graf pada pembuatan jalur angkot 05 Tasikmalaya. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1 November 2017. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/2056>
- Liang, H., Liu, Y., Li, F., & Shen, Y. (2018). A multiobjective hybrid bat algorithm for combined economic/emission dispatch. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 101, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.03.019>
- Lipowski, A., & Lipowska, D. (2012). Roulette- wheel selection via stochastic acceptance. *Physica A- Statistical Mechanics and Its Applications*. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2011.12.004>
- Mahjoob, M., Fazeli, S. S., Milanlouei, S., Tavassoli, L. S., & Mirmozaffari, M. (2022). A modified adaptive genetic algorithm for multi-product multi-period inventory routing problem. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 1– 9. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.08.002>
- Mahmudy, W. F., Marian, R. M., & Luong, (2014). Hybrid genetic algorithms for part type selection and machine loading problems with alternative production plans in flexible manufacturing system. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT)*, 8(1), 80–93.
- Mardiah, M., Rakhmawati, F., & Sari, R. F. (2023). Optimisasi pendistribusian telur menggunakan model fuzzy multiobjective cyclical inventory routing problem. *Lebesgue: Jurnal Ilmiah Matematika*, 4(3), 1935 – 1942. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i3.521>
- Marsili Libelli, S., & Alba, P. (2000). Adaptive mutation in genetic algorithms. *Soft Computing*, 4(2), 76–80. <https://doi.org/10.1007/s0050000000042>
- Mitchell, M. (1998). *An introduction to genetic algorithms*. MIT Press. <https://books.google.co.id/books?id=0eznlz0TF-IC>
- Moin, N. H., & Salhi, S. (2007). Inventory routing problems: A logistical overview. *Journal of the Operational Research Society*, 58(9), 1185– 1194. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602264>

- Morales, F., Franco, C., & Mendez-Giraldo, G. (2018). Dynamic inventory routing problem: Policies considering network disruptions. *Internasional Journal of Industrial Engineering Computations*, 9(4), 523-534.
- Neves-Moreira, F., Almada-Lobo, B., Guimarães, L., & Amorim, P. (2022). The multi-product inventory-routing problem with pickups and deliveries: Mitigating fluctuating demand via rolling horizon heuristics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 164, 102791. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102791>
- Y. B. Park, J. S. Yoo, & H. S. Park. (2016). A genetic algorithm for the vendor-managed inventory routing problem with lost sales. *Expert Systems with Applications*, 53, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.01.041>
- Raa, B. (2008). New models and algorithms for the cyclic inventory routing problem. *4OR*, 6(1), 97–100. <https://doi.org/10.1007/s10288-007-0042-8>
- Rizkiani, F. N., Yu, V. F., & Siswanto, N. (2021). A genetic algorithm based approach for the maritime inventory routing problem. *Journal of Industrial and Resource Engineering*, 5(2), 27–32.
- Salem, R. W., & Elomri, A. (2017). Vendor managed inventory (VMI): From theory to practical implementation a literature review. *International Journal of Supply Chain Management*, 6(1), 68-93.
- Sofianopoulou, S. (2011). Genetic Algorithm Approach for the Inventory Routing Problem with Backlogging.
- Stanton, W. J. (1993). *Prinsip pemasaran* (Y. Lamarto, Trans.; 7th ed.). Erlangga.
- Sulistiyorini, R. (2015). *Penerapan algoritma genetika untuk permasalahan optimasi distribusi barang dua tahap* (Skripsi Sarjana, Universitas Brawijaya). Universitas Brawijaya Repository. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/146137>
- Tavakkoli-Moghaddam, R., & Raziei, Z. (2016). A fuzzy multi-objective location-routing-inventory problem for multi-product supply chains. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(2), 207– 225. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2014.1003417>
- Varun Kumar, S. G., & Panneerselvam, R. (2017). A study of crossover operators for genetic algorithms to solve VRP and its variants and new sinusoidal motion

crossover operator. *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(7), 1717-1733.

Wahyudi, K., Widyadana, I. G. A., & Sutapa, I. N. (2021). Inventory routing problem for perishable product with dynamic demand and spoilage rate. *Journal of Industrial and Resource Engineering*, 5(2), 27–32. <https://doi.org/10.9744/jirae.5.2.27-32>

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338 353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Zimmermann, H.-J. (2001). *Fuzzy set theory—and its applications* (4th ed.). Springer. <https://books.google.com/books?id=JmjfHUUtMkMC>