

**MODEL OPTIMISASI EVAKUASI DINAMIS BERBASIS
*BIDIRECTIONAL MULTILANE CONFLICT-ELIMINATING CELL
TRANSMISSION MODEL* DAN *SPLIT DELIVERY VEHICLE ROUTING*
PROBLEM DENGAN ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana
Matematika



oleh

Yasmien Syaquinah

NIM 2100966

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

**FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

Model Optimasi Evakuasi Dinamis Berbasis
Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model
dan *Split Delivery Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma Genetika

Oleh:

Yasmien Syaquinah

2100966

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana
Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengentahuan Alam

Yasmien Syaquinah 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 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

ARTIKEL

MODEL OPTIMASI EVAKUASI DINAMIS BERBASIS
BIDIRECTIONAL MULTILANE CONFLICT-ELIMINATING
CELL TRANSMISSION MODEL
DAN *SPLIT DELIVERY VEHICLE ROUTING PROBLEM* DENGAN ALGORITMA
GENETIKA

Oleh:

Yasmien Syaquinah

NIM. 2100966

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si.
NIP. 197711282008122001

Pembimbing II,



Ririn Sispiyati, S.Si., M.Si.
NIP. 198106282005012001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Model Optimasi Evakuasi Dinamis Berbasis *Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model* dan *Split Delivery Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma Genetika” 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, Juli 2025

Yasmien Syaquinah

NIM 210096

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur ke hadirat Allah atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Model Optimasi Evakuasi Dinamis berbasis *Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model* dan *Split Delivery Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma Genetika”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si. dan Ibu Ririn Sispiyati, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang mendalam juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua, keluarga, serta teman-teman atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan selama ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kebaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis sendiri, pembaca, dan pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang optimisasi.

Bandung, Juli 2025

Yasmien Syaquinah
NIM 210096

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur ke hadirat Allah atas segala rahmat dan karunia-Nya, yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, serta kelancaran dalam menjalani akademik hingga terselesaikannya skripsi ini. Perjalanan ini tentunya tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan teirma kasih, penulis ingin menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Abu Arifin AB dan Ummi Tengku Ummi Ulfah serta adik tersayang Fatieh Qushairi yang senantiasa memberikan doa, dukungan, moral, semangat, serta kasih sayang yang tiada henti kepada penulis dalam setiap proses yang dijalani.
2. Ibu Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing I dan Ibu Ririn Sispiyati, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing II serta Ibu Dra. Rini Marwati, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak/Ibu dosen yang telah tulus membagikan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan yang menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis.
4. Attar, Awami, Hana, dan Naja yang telah membantu, memberikan dukungan, dan menemani penulis selama masa penyusunan skripsi.
5. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung.

Model Optimasi Evakuasi Dinamis Berbasis *Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model* dan *Split Delivery Vehicle Routing Problem* dengan Algoritma Genetika

ABSTRAK

Penelitian ini membahas masalah perencanaan rute evakuasi dinamis dengan gabungan pendekatan *Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model* (BCECTM) dengan *Split Delivery Vehicle Routing Problem* (SDVRP) dalam skenario evakuasi menggunakan berbagai moda transportasi seperti truk, mobil dan motor. BCECTM dikembangkan untuk mensimulasikan dinamika lalu lintas campuran pada ruas jalan maupun di area persimpangan selama proses evakuasi. Sementara itu, metode SDVRP digunakan untuk mengelola permintaan evakuasi yang bersifat dinamis serta mengoptimalkan perutean kendaraan berdasarkan moda yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji model optimisasi penentuan rute evakuasi dinamis berbasis BCECTM dan SDVRP dan menyelesaikannya menggunakan GA serta mengimplementasikannya pada perencanaan rute evakuasi pengungsi menggunakan kendaraan di Pantai Pangandaran. Algoritma Genetika melibatkan tahapan representasi kromosom, penentuan parameter, perhitungan nilai *fitness*, seleksi, *crossover*, dan mutasi, yang diulang hingga mencapai generasi maksimum, dengan nilai *fitness* tertinggi sebagai solusi terbaik. Hasil implementasi menunjukkan bahwa BCECTM dan SDVRP menggunakan Algoritma Genetika berhasil menyelesaikan masalah perencanaan rute evakuasi dinamis di Pantai Pangandaran secara efisien dan mampu memberi informasi waktu evakuasi yang dibutuhkan.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, Metode Optimasi, *Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model*, *Split Delivery Vehicle Routing Problem*

***Dynamic Evacuation Optimization Model Based on Bidirectional Multilane
Conflict-Eliminating Cell Transmission Model and Split Delivery Vehicle Routing
Problem with Genetic Algorithm***

ABSTRACT

This study addresses the problem of dynamic evacuation route planning by integrating the Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model (BCECTM) with the Split Delivery Vehicle Routing Problem (SDVRP) in an evacuation scenario involving multiple modes of transportation, including trucks, cars, and motorcycles. BCECTM is developed to simulate mixed traffic dynamics on road segments and intersections during the evacuation process. Meanwhile, the SDVRP method is used to manage dynamic evacuation demands and optimize vehicle routing based on the available transport modes. The objective of this study is to evaluate a dynamic evacuation route optimization model based on BCECTM and SDVRP, solve it using a Genetic Algorithm (GA), and implement it for planning the evacuation routes of refugees using vehicles in the Pangandaran coastal area. The Genetic Algorithm involves several stages, including chromosome representation, parameter setting, fitness evaluation, selection, crossover, and mutation, which are repeated until the maximum number of generations is reached, with the highest fitness value selected as the best solution. The implementation results show that the integration of BCECTM and SDVRP using the Genetic Algorithm successfully solves the dynamic evacuation route planning problem in Pangandaran efficiently and provides useful information on the required evacuation time.

Keywords: *Genetic Algorithm, Optimization Method, Bidirectional Multilane Conflict-Eliminating Cell Transmission Model, Split Delivery Vehicle Routing Problem*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Arus Lalu Lintas Dinamis	7
2.2 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>	7
2.3 Model Transmisi Sel (<i>Cell Transmission Model</i>).....	11
2.4 Algoritma Genetika	14
2.4.1 Istilah Algoritma Genetika.....	15
2.4.2 Mekanisme Algoritma Genetika	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Dekripsi Masalah.....	25

3.2	Data Penelitian	25
3.3	Tahapan Penelitian	26
3.4	Elemen Evakuasi	28
3.5	Representasi Jaringan pada CTM	29
3.6	Model Optimasi	32
3.7	Teknik Penyelesaian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Contoh Kasus	42
4.2	Implementasi	50
4.2.1	Data Penelitian	51
4.2.2	Validasi.....	56
4.2.3	Tahapan Implementasi.....	56
4.2.4	Hasil Implementasi.....	57
4.3	Analisis Hasil Implementasi	59
4.3.1	Pengaruh Ukuran Parameter Populasi	59
4.3.2	Pengaruh Parameter Banyaknya Generasi (Iterasi)	60
4.3.3	Pengaruh Perubahan T terhadap Jumlah Pengungsi yang Terevakuasi.....	62
4.4	Analisis Hasil Implementasi	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konsep Pembagian Ruas Jalan Atas Bagian Sel.....	12
Gambar 2. 2 Representasi Istilah Algoritma Genetika.....	16
Gambar 2. 3 Siklus Algoritma Genetika menurut David Goldberg.....	16
Gambar 2. 4 Ilustrasi Roda <i>Roulette</i>	18
Gambar 2. 5 Ilustrasi <i>Single Point Crossover</i>	20
Gambar 2. 6 Ilustrasi <i>Two Point Crossover</i>	21
Gambar 3. 1 Representasi Jaringan BCECTM pada Sebuah Persimpangan	29
Gambar 3. 2 Struktur Kromosom yang digunakan	37
Gambar 3. 3 Pembentukan Titik Crossover.	40
Gambar 3. 4 Pembentukan <i>child</i> hasil <i>crossover</i>	41
Gambar 4. 1 Jaringan BCECTM.....	42
Gambar 4. 2 Representasi Kromosom Berdasarkan Waktu dan Posisi Kendaraan	43
Gambar 4.3 Peta Pantai Pangandaran	52
Gambar 4. 4 Jaringan BCECTM Pantai Pangandaran	54
Gambar 4. 5 Hasil Keluaran Program Python 3.12.5.....	56
Gambar 4. 6 Jumlah pengungsi yang terevakuasi Berdasarkan waktu	58

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Inisialisasi Populasi Awal	43
Tabel 4. 2 Perhitungan Jumlah Pengungsi yang Terangkut pada Setiap Sel Titik Kumpul.....	44
Tabel 4. 3 Nilai <i>Fitness</i> dan Penalti	46
Tabel 4. 4 Probabilitas Masing-masing Kromosom.....	47
Tabel 4. 5 Tabel <i>Fitness Parent</i> dan <i>Child</i> Baru.....	50
Tabel 4. 6 Rute Optimal pada contoh kasus.....	50
Tabel 4.7 Jarak Konektor	52
Tabel 4. 8 Rute Optimal Pantai Pangandaran	57
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Ukuran Populasi	59
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Banyaknya Generasi	61
Tabel 4. 11 Pengungsi yang Terevakuasi dari Waktu ke Waktu	62
Tabel 4. 12 Jumlah Truk yang Dibutuhkan.....	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Algoritma Genetika.....	71
--	-----------

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, S. (2024). Implementasi Algoritma Genetika dengan Variasi Mutasi Dalam Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows* (Cvrptw): Pendistribusian Beras Bersubsidi oleh Perum Bulog (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Archetti, c., Speranza, M. G., & Hertz, A. (2006). *A Tabu Search Algorithm For The Split Delivery Vehicle Routing Problem*. *Transportation Science*, 40(1), 64-73.
- Awaludin, R. (2021). Perancangan Aplikasi Wisata Virtual Untuk Pemulihan Ekonomi Kawasan Wisata Pantai Pangandaran di Masa Pandemi. *Jurnal Sistem Cerdas*, 4(2), 95-103.
- Aziz, H. A., & Ukkusuri, S. V. (2013). *An Approach to Assess The Impact Of Dynamic Congestion In Vehicle Routing Problems*. In *advances in dynamic network modeling in complex transportation systems* (pp. 265-285). New york, ny: springer new york.
- Bayram, V. (2016). *Optimization models for large-scale network evacuation planning and management: A literature review*. *European Journal of Operational Research*, 269(3), 567–587
- Bortfeldt, A., & Yi, J. (2020). *The Split Delivery Vehicle Routing Problem With Three-Dimensional Loading Constraints*. *European journal of operational research*, 282(2), 545-558.
- Carey, M., Balijepalli, C., & Watling, D. (2015). *Extending The Cell Transmission Model to Multiple Lanes and Lane-Changing*. *Networks and spatial economics*, 15, 507-535.
- Daganzo, C. F. (1994). *The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with The Hydrodynamic Theory*. *Transportation research part B: methodological*, 28(4), 269-287.
- Damayanti, A. (2016). Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor dan Algoritma Genetika Untuk Klasifikasi Status Gizi.

- Dror, M., & Trudeau, P. (1990). *Split delivery routing*. *Naval Research Logistics (NRL)*, 37(3), 383-402.
- Hafizhah, S. (2023). Penentuan Rute Penjemputan Sampah Terpilah dengan Mengaplikasikan Penyelesaian *Multi Travelling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma Genetika: Studi Kasus Pengelola Sampah Kering Berbasis Masyarakat, Bank Sampah Induk Serang (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Hasan, I., & Setyaningsih, W. (2024). Mitigasi Pra Bencana Tsunami Akibat Gempa Megathrust di Pesisir Kabupaten Cilacap. *Geo-image journal*, 13(1), 35-43.
- Helmy, (2024) Penentuan Jalur Evakuasi Gedung Bertingkat Menggunakan *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm* II (Nsga-II). S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Lupi, M., Trippanera, D., Gonzalez, D., D'amico, S., Acocella, V., Cabello, C., ... & Tassara, A. (2020). *Transient Tectonic Regimes Imposed By Megathrust Earthquakes and The Growth Of Nw-Trending Volcanic Systems in The Southern Andes*. *Tectonophysics*, 774, 228204.
- Mahfudz, M., Admawidjaja, R. R., & Firmansyah, Y. (2024). Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami di Wilayah Pesisir Kabupaten Pangandaran Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Majalah Ilmiah Globe*, 26(1), 31-40.
- Nabilah, A. A. (2024). Implementasi Algoritma Genetika Untuk Masalah Penjadwalan Dokter Dan Perawat Di Instalasi Gawat Darurat (IGD) (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Nainitania, R., & Darmawan, D. (2021). Analisis Zona Genangan Tsunami Akibat Gempa Bumi *Megathrust* di Selatan Pulau Jawa. *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya (JIFTA)*, 8(2).
- Ndolu, R. B. H. (2019). Optimasi Sinyal Terhadap Waktu Tundaan di Simpang Bersinyal yang Berdekatan dengan Model Transmisi Sel (*Cell Transmission Model*) pada Ruas Jalan Ahmad Yani Kota Malang (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).

- Parikesit, A. B. (2021). Penentuan Rute Evakuasi Tsunami di Pangandaran dengan Algoritma A*.
- Pel, A. J., Bliemer, M. C., & Hoogendoorn, S. P. (2012). *A review on Travel Behaviour Modelling in Dynamic Traffic Simulation Models For Evacuations. Transportation*, 39, 97-123.
- Pelechano, N., Allbeck, J. M., & Badler, N. I. (2008). *Crowd Simulation Methodology Survey. In Virtual Crowds: Methods, Simulation, And Control* (pp. 15-42). Cham: springer international publishing.
- Prasetyanto, D. (2019). Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan.
- Putri, D. A. P. (2016). *Vehicle Routing Problem Dengan Time Window Untuk Multiple Product dan Multiple Route Menggunakan Algoritma Sequential Insertion. Jurnal Teknik Industri*, 17(1), 22-30.
- Putri, R., & Theis, R. (2017). *Effect of Psychological Factors In Learning To Learning Outcomes On Real Analysis. Prosiding SEMIRATA 2017 Bidang MIPA BKS-PTN-Barat*, 534-541.
- Rismawati, R. (2019). Panduan Keselamatan Saat Gempa Bumi. Diva press.
- Siska Amelia, (2024) Implementasi Algoritma Genetika Dengan Variasi Mutasi Dalam Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows (Cvrptw): Pendistribusian Beras Bersubsidi oleh Perum Bulog*. S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia
- Syahputra & Yahfizham (2024). Menganalisis Konsep Dasar Algoritma Genetika. *Bhinneka: Jurnal Bintang Pendidikan dan Bahasa*, 120-132.
- Tahmidaten, L., & Krismanto, W. (2020). Permasalahan budaya membaca di Indonesia (Studi pustaka tentang problematika & solusinya). *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 10(1), 22-33.
- Tan, M. K., Chai, S. Q., Chuo, H. S. E., Lim, K. G., Goh, H. H., & Teo, K. T. K. (2024, August). *Adaptive Traffic Signal Control using Genetic Algorithm for a 2× 2 Traffic Network. In 2024 IEEE International Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology (IICAET)* (pp. 488-493). IEEE.

- Wu, Y., Kang, J., & Wang, C. (2018). *A Crowd Route Choice Evacuation Model in Large Indoor Building Spaces*. *Frontiers of architectural research*, 7(2), 135-150.
- Yang, H., Ozbay, K., Ozturk, O., & Xie, K. (2015). *Work Zone Safety Analysis and Modeling: A State-Of-The-Art Review*. *Traffic injury prevention*, 16(4), 387-396.
- Zeng, M. H., Wang, M., Chen, Y., & Yang, Z. (2021). *Dynamic Evacuation Optimization Model Based on Conflict-Eliminating Cell Transmission and Split Delivery Vehicle Routing*. *Safety science*, 137, 1
- Zhao, X., Jiang, Y., & Li, Q. (2015). *Emergency evacuation modeling using uniform and dynamic demand patterns*. *Journal of Advanced Transportation*, 49(6), 689–705.