



**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## **PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimasi Lokasi Fasilitas Vaksinasi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, November 2024

Yosef Felix Ygga Marpaung  
G5401201044

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

YOSEF FELIX YGGA MARPAUNG. Optimasi Lokasi Fasilitas Vaksinasi. Dibimbing oleh FAHREN BUKHARI dan BIB PARUHUM SILALAHI.

Penentuan lokasi suatu fasilitas dilakukan agar lokasi berada di posisi yang optimal sesuai kendala yang ada. Penelitian ini memformulasikan dan menyelesaikan model optimasi dalam penentuan lokasi fasilitas vaksinasi yang mempertimbangkan jarak menuju fasilitas, tingkat kepadatan penduduk, dan jumlah kasus terkonfirmasi COVID-19 di Kota San Juan, Filipina. Selain itu, optimasi dinamis juga dilakukan untuk memperbarui lokasi seiring waktu berdasarkan populasi yang belum divaksinasi. Kedua proses optimasi diformulasikan dengan model *Integer Nonlinear Programming* (INLP) dengan sebuah fungsi tujuan tunggal dan diselesaikan dengan metode algoritme genetika dengan bantuan bahasa pemrograman *python*. Hasil optimasi menunjukkan bahwa peningkatan jumlah fasilitas vaksinasi dapat memperpendek jarak tempuh rata-rata yang meningkatkan aksesibilitas dan memfokuskan vaksinasi terutama di area dengan populasi padat dan tingkat kasus COVID-19 tinggi. Dalam optimasi dinamis, vaksinasi difokuskan di daerah yang belum menyelesaikan proses vaksinasi. Hal ini mampu mengefektifkan dan mengefisiensikan proses berjalannya vaksinasi sesuai jumlah lokasi dan rentang periode waktu yang dapat ditentukan.

Kata kunci: algoritme genetika, *integer nonlinear programming*, optimasi.

## ABSTRACT

YOSEF FELIX YGGA MARPAUNG. Optimization of Vaccination Facility Locations. Supervised by FAHREN BUKHARI and BIB PARUHUM SILALAHI.

Determining the optimal location of a facility is crucial to ensure its strategic positioning within existing constraints. This research aims to formulate and solve an optimization model for locating vaccination facilities, considering distance, population density, and the number of confirmed COVID-19 cases in San Juan City, Philippines. Additionally, dynamic optimization is performed to update facility locations over time based on the unvaccinated population. Both processes are modeled using Integer Nonlinear Programming (INLP) with a single objective function and solved using a genetic algorithm implemented in Python. The results indicate that increasing the number of vaccination facilities decreases average travel distance, improving accessibility, and concentrating efforts in densely populated areas and high COVID-19 cases. In dynamic optimization, facility locations are adjusted over specific periods, focusing on areas with incomplete vaccination coverage. This approach enhances the efficiency and effectiveness of the vaccination process by optimizing the number of facilities and time periods involved.

Keywords: genetic algorithm, integer nonlinear programming, optimization.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



## **OPTIMASI LOKASI FASILITAS VAKSINASI**

**YOSEF FELIX YGGA MARPAUNG**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Matematika pada  
Program Studi Matematika

**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





Judul Skripsi : Optimasi Lokasi Fasilitas Vaksinasi  
Nama : Yosef Felix Ygga Marpaung  
NIM : G5401201044

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Ir. Fahren Bukhari, M.Sc.

digitally signed @ design.ipb.ac.id  
  
9E1E040B-5C59-4A5A-93FB-78A34795C30B

digitally signed @ design.ipb.ac.id  
  
8E1E040B-5C59-4A5A-93FB-78A34795C30B

Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Matematika :  
Prof. Dr. Ir. Endar Hasafah Nugrahani, MS.  
NIP 19631228 198903 2 001

digitally signed  
  
design.ipb.ac.id



Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2023 sampai bulan Oktober 2024 ini ialah pengaplikasian model pengoptimuman pada pemilihan lokasi fasilitas vaksinasi COVID-19, dengan judul “Optimasi Lokasi Fasilitas Vaksinasi”

Terima kasih penulis ucapan kepada para pembimbing, Dr. Ir. Fahren Bukhari, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada:

1. Orang tua penulis, Ibu Laura Paulina BMA, S.Si., M.Sc., serta adik penulis, Gabriel Simon Gall Marpaung yang selalu memberikan doa, kasih sayang, nasihat, dan dukungan penuh dalam setiap langkah hidup penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Fahren Bukhari, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah sabar dalam membimbing dan memberikan waktu dan sarannya selama penulis menyelesaikan karya ilmiah ini.
3. Dosen pembimbing akademik serta seluruh dosen dan staff Departemen Matematika yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa studi di Departemen Matematika IPB University.
4. Teman-teman Departemen matematika angkatan 57 yang sudah menemani perjalanan selama masa studi di IPB University.
5. Thania Patrecia yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa, serta memberikan warna di kehidupan penulis.
6. Teman-teman IKPMR Bogor terkhusus Asrama Riau Dang Merdu yang telah menemani hari-hari penulis dan memberikan banyak ilmu dan saran selama menempuh masa studi di IPB University.
7. Teman-teman *intern* dan mentor dari tiket.com yang sudah menemani dan mendukung hari-hari penulis selama penulisan karya ilmiah ini.
8. Pihak-pihak lainnya yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, dan
9. Diri saya sendiri yang selalu berusaha dan tidak kenal lelah serta putus asa.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, November 2024

*Yosef Felix Ygga Marpaung*



DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Optimasi	3
2.2 <i>Integer Linear Programming</i>	3
2.3 <i>Nonlinear Programming</i>	4
2.4 Algoritme Genetika	4
2.5 <i>Open Street Map (OSM)</i>	7
III METODE	9
3.1 Data	9
3.2 Metode	10
3.3 Deskripsi Masalah	10
3.4 Formulasi Masalah	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Implementasi Model	13
4.2 Hasil Optimasi	13
4.3 Hasil Optimasi Dinamis	20
4.4 Pembahasan	22
V SIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	28
RIWAYAT HIDUP	47

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

1	Data calon lokasi fasilitas vaksinasi di Kota San Juan	9
2	Data dan informasi lokasi pusat kecamatan ( <i>barangay</i> )	9
	Nilai setiap <i>hyperparameter</i>	13
	Jarak berkendara setiap <i>barangay</i> menuju lokasi optimal ( $L = 1$ )	15
	Jarak berkendara setiap <i>barangay</i> menuju lokasi optimal ( $L = 2$ )	16
	Jarak berkendara setiap <i>barangay</i> menuju lokasi optimal ( $L = 3$ )	18
	Jarak berkendara setiap <i>barangay</i> menuju lokasi optimal ( $L = 4$ )	20
	Lokasi optimal untuk optimasi dinamis	21
	Rangkuman hasil optimasi untuk setiap kasus	22

## DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir algoritme genetika	7
2	Peta lokasi vaksinasi optimal untuk $L = 1$	14
3	Peta lokasi vaksinasi optimal untuk $L = 2$	16
4	Peta lokasi vaksinasi optimal untuk $L = 3$	17
5	Peta lokasi vaksinasi optimal untuk $L = 4$	19
6	Ilustrasi hasil optimasi dinamis untuk $L = 2$ selama enam periode	21
7	Rata-rata jarak berkendara setiap <i>barangay</i> menuju lokasi vaksinasi	23

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Sintaks pendefinisian <i>genetic algorithm</i>	29
2	Sintaks untuk membaca data <i>input</i>	34
3	Sintaks dan <i>output</i> pemrograman <i>python</i> untuk $L = 1$	39
4	Sintaks dan <i>output</i> pemrograman <i>python</i> untuk $L = 2$	41
5	Sintaks dan <i>output</i> pemrograman <i>python</i> untuk $L = 3$	43
6	Sintaks dan <i>output</i> pemrograman <i>python</i> untuk $L = 4$	45