

April 2026  
Volume 7 Nomor 1

p-ISSN 2723-0325

e-ISSN 2723-0333



# TENSOR

Pure and Applied Mathematics Journal

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**  
**JURUSAN MATEMATIKA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS PATTIMURA**

# TENSOR

Pure and Applied Mathematics Journal

is an international academic open access journal that gains a foothold in the field of mathematics and its applications which is issued twice a year. The focus is to publish original research and review articles on all aspects of both pure and applied Mathematics. Submitted papers will be reviewed by editorial board members of the Journal and reviewers. All submitted articles should report original, previously unpublished research results, experimental or theoretical, and will be peer-reviewed. Articles submitted to the journal should meet these criteria and must not be under consideration for publication elsewhere. Manuscripts should follow the style of the journal and are subject to both review and editing.

---

**Published by:**

**Department of Mathematics,  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Pattimura University.  
Ambon  
2026**

**Copyright© Program Studi Matematika FMIPA UNPATTI 2026**

# TENSOR

Pure and Applied Mathematics Journal

Volume 7 Number 1 | April 2026

## Person In Charge

Head of Undergraduate Program in Mathematics,  
Faculty of Science and Technology, Pattimura University

## Editor in Chief

Dr. H. Batkunde, S.Si, M.Si

## Editors

M. I. Tilukay, S.Si, M.Si (Managing and Section Editor)  
L. Bakarbesy, S.Si, M.Si (Managing and Section Editor)  
Z. A. Leleury, S.Si., M.Si (Copy and Production Editor)  
B. P. Tomasouw, S.Si, M.Si (Copy and Production Editor)  
Dr. L. K. Beay, S.Pd., M.Si (Proofreader)  
N. Dahoklory (Proofreader)

## Secretariat and Financial Officer

M. E. Rijoly, S.Si, M.Sc

## Graphic Design

V. Y. I. Ilwaru, S.Si, M.Si

## Expert Editorial Boards

Prof. Dr. Basuki Widodo, M.Sc (Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Indonesia)  
Prof. Dr. M. Salman A. N, M.Si (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)  
Dr. H. J. Wattimanela, S.Si., M.Si (Universitas Pattimura, Indonesia)  
Dr. Al Azhary Masta, S.Si., M.Si (Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia)  
Dr. Muh. Nur, S.Si., M.Si (Universitas Hasanudin, Indonesia)  
Dr. Meta Kallista, S.Si., M.Si (Universitas Telkom, Indonesia)  
Dr. Teguh Herlambang, S.Si., M.Si (Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, Indonesia)  
Asst. Prof. Dr. Anurak Thanyacharoen (Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi, Thailand)

## Publisher

Department of Mathematics,  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Pattimura University, Ambon, Indonesia

## Editorial Address

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura  
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka - Ambon 97233, Provinsi Maluku, Indonesia  
Contact : +62 82397854220  
Email : [tensormathematics@gmail.com](mailto:tensormathematics@gmail.com)

Performance Analysis of Grey Wolf Optimizer for Solving Nonlinear Systems with Complex Roots	Merysa Puspita Sari Dewi Ika Ainurrofiqoh Agustina Pradjaningsih Sailah Ar Rizka Nadia Kholifia	1-8
Implementasi Algoritma Generalized Regression Neural Network (GRNN) dalam Memprediksi Tingkat Kesejahteraan Rakyat di Provinsi Maluku	Mei Anista Ririmasse Marlon S. Noya Van Delsen R. Salhuteru	9-16
Hierarchical Cluster Analysis Based on Stunting-Related Indicators in Maluku and North Maluku	Sanlly Joanne Latupeirissa Gilldo Tentua	17-26
Application of the Spatial Durbin Model (SDM) to Analyze the Factors Affecting Poverty in Maluku Province in 2024	Najla Attamimi Ronald John Djami Novita Serly Laamena	27-42
Penerapan Aljabar Max-Plus dalam Penentuan Rute Terpendek Distribusi Barang pada Jaringan J&T Express di Kota Ambon	Elvira Salelatu Mozart W. Talakua Novita Dahoklory Henry W. M. Patty	43-58
Klasifikasi Citra Tekstur Daging Sapi, Kambing, dan Babi Menggunakan Ekstraksi Fitur Wavelet Haar dan Symlet Berbasis Support Vector Machine	Green K. Sarimanella Francis Y. Rumlawang Harmanus Batkunde Meilin.I. Tilukay A. Z. Wattimena	59-66

# Penerapan Aljabar Max-Plus dalam Penentuan Rute Terpendek Distribusi Barang pada Jaringan J&T Express di Kota Ambon

Elvira Salelatu<sup>1</sup>, Mozart W. Talakua<sup>1</sup>, Novita Dahoklory<sup>1,2\*</sup>, Henry W. M. Patty<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Mathematics Study Program, Pattimura University

<sup>2</sup>Algebra and Analysis Division, Mathematics Department Study Program, Pattimura University

\*E-mail: [novitadahoklory93@gmail.com](mailto:novitadahoklory93@gmail.com)

Manuscript submitted : May;

Accepted for publication : June.

DOI : <https://doi.org/10.30598/tensorvol4iss1pp43-58>

**Abstract:** Penentuan rute terpendek merupakan suatu solusi yang diperlukan bagi perusahaan yang bergerak di bidang distribusi barang, karena rute terpendek dapat membantu perusahaan mengoptimalkan jarak yang ditempuh dan mengefisienkan waktu yang dibutuhkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan aljabar max-plus untuk menentukan jalur terpendek distribusi barang di jalur Jet Lee & Tony Chen (J&T) *Express* di Kota Ambon. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam meminimalkan bobot lintasan, sehingga mendukung efisiensi pengiriman barang dan meningkatkan kepuasan pelanggan melalui ketepatan waktu distribusi. Namun, hasil pemetaan juga mengungkapkan bahwa sebaran titik distribusi J&T *Express* di Kota Ambon belum merata di seluruh wilayah kecamatan. Beberapa desa di Kecamatan Nusaniwe dan Leitimur Selatan tidak memiliki titik distribusi yang berada dalam kecamatan yang sama, sehingga proses distribusi ke wilayah tersebut dilakukan melalui simpul transit di kecamatan lain, seperti J&T DP Galala ( $v_4$ ), J&T Sirimau ( $v_7$ ), dan J&T Teluk Ambon ( $v_2$ ). Selain itu, terdapat desa-desa yang secara administratif berada dalam satu kecamatan, namun dilayani oleh titik distribusi yang berada di luar wilayah tersebut. Meskipun demikian, hasil penelitian membuktikan bahwa proses distribusi tetap dapat berjalan secara optimal dengan memanfaatkan simpul distribusi terdekat sebagai titik transit. Dengan demikian, efisiensi jalur pengiriman tetap dapat dicapai melalui perencanaan rute yang tepat menggunakan analisis aljabar max-plus.

2010 Mathematical Subject Classification: 15A80, 05C85, 90B06.

**Keywords:** Aljabar max-plus, teori graf, rute terpendek, distribusi barang, J&T *Express*.

## 1. Latar Belakang

Jet Lee & Tony Chen (J&T) *Express* merupakan perusahaan jasa logistik yang bergerak di bidang pengiriman barang dengan memanfaatkan teknologi sistem yang terintegrasi. J&T *Express* didirikan pada tahun 2015 dan memiliki 1.025 cabang di Indonesia, didukung oleh sekitar 10.000 kurir serta 1.000 kendaraan yang beroperasi di seluruh wilayah Indonesia. J&T *Express* senantiasa berupaya memenuhi kebutuhan konsumen melalui layanan yang didukung teknologi, seperti real-time tracking, aplikasi seluler yang mudah digunakan, algoritma Artificial Intelligence (AI), sistem manajemen gudang otomatis, serta integrasi dengan berbagai platform pengiriman.

J&T Express telah bekerja sama dengan berbagai platform belanja daring, seperti TikTok Shop, Tokopedia, Shopee, dan platform lainnya. Kolaborasi tersebut menjadikan J&T Express sebagai salah satu penyedia layanan pengiriman yang banyak diminati masyarakat. Sejak tahun 2016, J&T Express telah beroperasi di berbagai wilayah Kota Ambon. Di Ambon, perusahaan ini membangun jaringan distribusi yang andal melalui berbagai cabang dan agen yang tersebar di berbagai daerah. Hal ini memungkinkan perusahaan menjangkau konsumen di berbagai wilayah, termasuk daerah yang relatif terpencil. Dengan armada kendaraan yang memadai dan teknologi pelacakan yang terus diperbarui, J&T Express memastikan setiap paket dapat dipantau dengan mudah oleh pengirim maupun penerima sehingga menciptakan rasa aman dan kepercayaan dalam proses pengiriman.

J&T Express memiliki sejumlah cabang, agen, dan mitra yang sebanding dengan perusahaan jasa pengiriman lainnya untuk mendukung operasionalnya di Kota Ambon dan wilayah sekitarnya. Namun, tingginya volume barang yang harus ditangani menyebabkan proses pengiriman menghadapi berbagai tantangan, seperti keterlambatan pengiriman, kualitas layanan pelanggan yang kurang optimal, ketidakakuratan pembaruan status pengiriman, barang yang mengalami kerusakan saat diterima, kurangnya komunikasi dan informasi kepada pelanggan, serta proses pengambilan keputusan dalam distribusi paket yang masih kompleks.

Optimalisasi rute distribusi memegang peranan penting dalam menjamin efisiensi layanan logistik. Sebagai salah satu perusahaan logistik terkemuka di Kota Ambon, J&T Express memerlukan metode yang sistematis untuk menentukan rute terpendek guna meminimalkan waktu tempuh dan biaya operasional. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan aljabar max-plus, yaitu metode matematis yang telah banyak diterapkan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi di berbagai bidang.

Penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas aljabar max-plus dalam menyelesaikan permasalahan lintasan terpendek dan optimalisasi sistem distribusi. Penelitian [1] dan [2] menjelaskan landasan teoritis serta penerapan praktis aljabar max-plus dalam optimasi sistem yang kompleks. Selanjutnya, penelitian oleh Tandi dkk. menerapkan pendekatan ini untuk mengoptimalkan rute distribusi JNE di Kota Palu [3]. Lebih lanjut Sumianti dkk. menerapkan aljabar max-plus pada jaringan distribusi hasil perikanan [4]. Selain itu, berbagai algoritma lain seperti algoritma Floyd–Warshall dan algoritma genetika juga telah digunakan dalam optimasi logistik [5, 6] yang semakin menegaskan relevansi pendekatan matematis dalam sektor logistik.

Dalam penelitian ini, aljabar max-plus diterapkan untuk menganalisis dan menentukan rute distribusi terpendek J&T Express di Kota Ambon dengan fokus kajian pada Kecamatan Nusaniwe sebagai wilayah studi kasus. Penentuan rute terpendek merupakan solusi penting bagi perusahaan yang bergerak di bidang distribusi barang karena memungkinkan jarak tempuh dan waktu perjalanan dioptimalkan sehingga menjadi lebih efisien. Masalah lintasan terpendek (shortest path problem) bertujuan untuk menentukan jalur antara dua simpul pada suatu graf berbobot sedemikian sehingga jumlah bobot sisi yang dilalui bernilai minimum [7]. Aljabar max-plus merupakan suatu sistem matematika yang melibatkan operasi maksimum ( $\oplus$ ) dan operasi penjumlahan ( $\otimes$ ) [8]. Dalam aljabar max-plus, salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan adalah penentuan rute terpendek melalui penerapan teori graf, khususnya graf berbobot.

Pada graf berbobot, setiap simpul merepresentasikan titik distribusi atau tujuan pengiriman, sedangkan setiap sisi menggambarkan jalur yang menghubungkan dua titik dengan bobot tertentu yang melambangkan jarak atau waktu tempuh. Selanjutnya, metode matriks dalam aljabar max-plus digunakan untuk memodelkan keseluruhan jaringan distribusi dalam bentuk matriks bobot yang memuat informasi jarak atau waktu antar titik distribusi [1]. Melalui proses iterasi pada matriks bobot tersebut, sistem dapat menghitung jarak terpendek antar titik distribusi dengan lebih cepat dibandingkan beberapa metode lainnya [1]. Teknik ini tidak hanya meminimalkan waktu perjalanan, tetapi juga mengurangi penggunaan sumber daya operasional, seperti bahan bakar dan tenaga kerja, sehingga dapat menekan biaya perusahaan. Implementasi aljabar max-plus dalam jaringan distribusi memungkinkan perusahaan melakukan perencanaan rute secara otomatis bahkan pada sistem distribusi yang kompleks, sehingga proses pengiriman menjadi lebih efisien dan terorganisasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan teori graf dan aljabar max-plus untuk menentukan rute terpendek distribusi J&T Express di Kota Ambon. Penelitian ini diharapkan dapat

memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem distribusi barang pada J&T Express di Kota Ambon, sehingga mampu meningkatkan kepuasan pelanggan melalui pengiriman yang lebih cepat dan biaya operasional yang lebih rendah.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif dengan studi kasus pada jaringan distribusi J&T Express di Kota Ambon. Prosedur penelitian terdiri atas tahapan-tahapan berikut:

1. Pengumpulan Data
  - a. Observasi dan Wawancara  
Identifikasi delapan titik distribusi utama J&T Express di Kota Ambon dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan kurir serta staf operasional.
  - b. Pengukuran Jarak  
Pengumpulan data jarak antar titik distribusi dilakukan menggunakan aplikasi Google Maps dan didukung oleh survei lapangan untuk memvalidasi data yang diperoleh.
2. Pemodelan Jaringan Distribusi
  - a. Titik-titik distribusi direpresentasikan sebagai simpul (vertex/node), sedangkan jalan yang menghubungkannya direpresentasikan sebagai sisi (edge) dalam suatu graf berbobot.
  - b. Jarak antar titik digunakan sebagai bobot sehingga membentuk matriks ketetanggaan berbobot (weighted adjacency matrix).
3. Penerapan Aljabar Max-Plus
  - a. Matriks ketetanggaan diproses menggunakan aljabar max-plus, dengan menerapkan operasi maksimum ( $\oplus$ ) dan operasi penjumlahan ( $\otimes$ ).
  - b. Operasi matriks secara iteratif dilakukan untuk menghitung rute terpendek.
  - c. Perangkat lunak MATLAB digunakan untuk melaksanakan perhitungan secara efisien.
4. Analisis Rute Terpendek
  - a. Hasil komputasi memberikan informasi mengenai jarak terpendek dan rute optimal dari gudang utama (AMQ Gateway, Wayame) menuju setiap titik distribusi.
  - b. Analisis dilakukan baik untuk keseluruhan sistem distribusi di Kota Ambon maupun pada tingkat kecamatan, yaitu Nusaniwe, Sirimau, Leitimur Selatan, Teluk Ambon, dan Teluk Ambon Baguala.
5. Validasi  
Rute terpendek yang diperoleh melalui aljabar max-plus divalidasi dengan membandingkannya terhadap rute aktual di lapangan berdasarkan pengalaman para kurir, sehingga dapat dipastikan bahwa hasil yang diperoleh memiliki keterterapan secara praktis.

Untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute distribusi terpendek, diperlukan landasan teori yang kuat. Aljabar max-plus menyediakan kerangka matematika yang memungkinkan permasalahan optimasi dimodelkan melalui operasi maksimum dan penjumlahan. Di sisi lain, teori graf, khususnya graf berbobot, menawarkan representasi struktural dari jaringan distribusi, di mana jarak antar titik dimodelkan sebagai bobot pada sisi-sisi graf. Dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut, dapat dikembangkan metode yang efisien untuk menentukan lintasan terpendek dalam sistem distribusi yang kompleks.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Penentuan Jalur Rute Terpendek Pada Jalur Distribusi J&T Kota Ambon

Pada bagian ini akan dibahas mengenai pendekatan aljabar max-plus untuk menentukan jalur rute terpendek dalam distribusi barang oleh J&T Express di Kota Ambon. Untuk menerapkan pendekatan secara sistematis dengan Aljabar max-plus, diperlukan beberapa tahapan.

Tahapan awal dari pembahasan ini mencakup identifikasi delapan titik distribusi aktif yang digunakan oleh J&T Express dalam kegiatan pengiriman dan penerimaan barang. Pada tahap ini, dilakukan pemetaan terhadap titik-titik distribusi utama di Kota Ambon, serta pengumpulan data mengenai jarak antar titik distribusi dengan memanfaatkan aplikasi *Google Maps* dan didukung oleh observasi lapangan serta wawancara dengan petugas operasional.

Setelah data jarak antar titik diperoleh, dibentuk sebuah model graf berbobot yang merepresentasikan keterhubungan dan estimasi jarak antar titik distribusi tersebut. Model graf ini kemudian dianalisis menggunakan metode aljabar Max-Plus, yaitu pendekatan matematis yang menggunakan operasi maksimum dan penjumlahan untuk menentukan lintasan optimal pada graf.

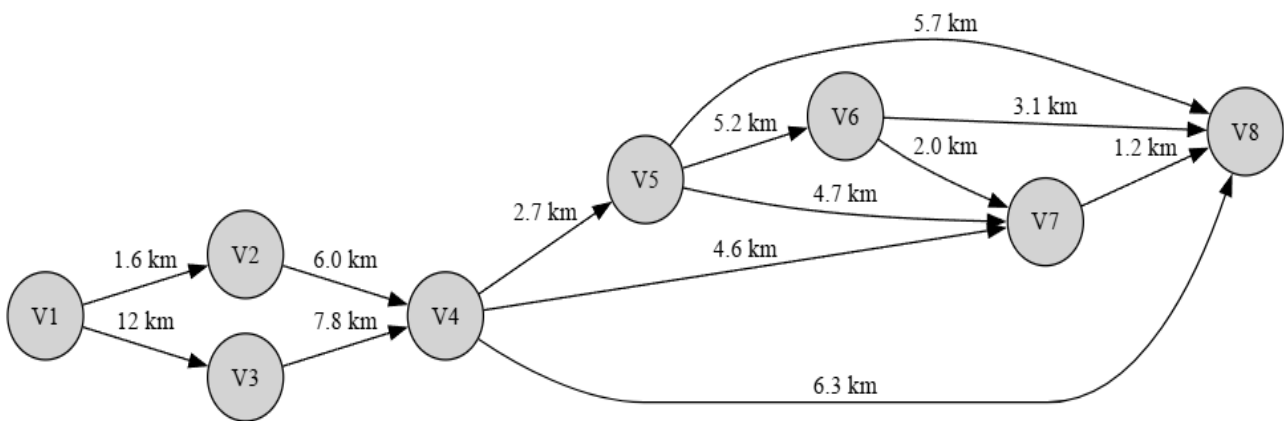
**3.1.1. Jalur Distribusi J&T Kota Ambon**

Berdasarkan hasil observasi diperoleh 8 titik distribusi utama J&T Express di Kota Ambon. Titik-titik ini merupakan lokasi aktif yang digunakan untuk menerima dan mengirim barang dalam jaringan distribusi J&T di wilayah Kota Ambon.

Lokasi-lokasi tersebut diperoleh melalui observasi menggunakan aplikasi *Google Maps* serta hasil wawancara dengan beberapa kurir J&T Express Kota Ambon. Berikut adalah daftar delapan titik distribusi yaitu:

- $V_1$  = J&T Express (AMQ GATEWAY), Wayame, Kec. Teluk. Ambon.
- $V_2$  = J&T Express Teluk Ambon, Jl. Ir. M. Putuhena Rumah Tiga.
- $V_3$  = J&T Express Baguala, Jl Sisingamaraja, Passo.
- $V_4$  = J&T Express DP Galala, Jl. Kapten Piere Tendean.
- $V_5$  = J&T Express DP Kebun Cengkeh, Jl Raya Air Kuning.
- $V_6$  = J&T Express Ambon (AMQ01), Jl. Mutiara, Kelurahan Rijali.
- $V_7$  = J&T Express Sirimau, Jl. Imam Bonjol No.11.
- $V_8$  = J&T Express Pattimura, Jl Dr. Latumenten No.06.

Rute yang dapat ditempuh sebagai jalur pendistribusian barang melalui J&T Express di Kota Ambon dengan titik awal di gudang utama J&T Express (AMQ GATEWAY) di Wayame ( $V_1$ ).



**Gambar 1.** Jalur Distribusi J&T Express di Kota Ambon

Jarak antar titik distribusi barang, yang diperoleh melalui estimasi jarak menggunakan *Google Maps* disajikan dalam tabel berikut

Tabel 1. Jarak antar titik distribusi barang

Counter Asal → Counter Selanjutnya	Jarak (km)
$v_1 \rightarrow v_2$	1.6
$v_1 \rightarrow v_3$	12
$v_2 \rightarrow v_4$	6.0
$v_3 \rightarrow v_4$	7.8
$v_4 \rightarrow v_5$	2.7
$v_4 \rightarrow v_7$	4.6
$v_4 \rightarrow v_8$	6.3
$v_5 \rightarrow v_6$	5.2
$v_5 \rightarrow v_7$	4.7
$v_5 \rightarrow v_8$	5.7
$v_6 \rightarrow v_7$	2.0
$v_6 \rightarrow v_8$	3.1

**3.1.2. Penentuan Rute Terpendek Menggunakan Matriks Pada Aljabar Max-Plus**

Pada bagian ini, akan dibahas konsep penentuan rute terpendek menggunakan matriks pada Aljabar Max-Plus. Dalam penelitian ini, data jarak antar titik distribusi yang telah dikumpulkan sebelumnya direpresentasikan dalam bentuk matriks berbobot, dimana setiap elemen menggambarkan jarak antara dua titik distribusi. Matriks tersebut merepresentasikan struktur jaringan distribusi dalam bentuk graf berarah berbobot, sehingga memungkinkan analisis hubungan antar titik secara sistematis. Selanjutnya, matriks ini dianalisis menggunakan pendekatan matematis untuk mengidentifikasi lintasan paling efisien yang menghubungkan seluruh titik distribusi aktif yang dimiliki oleh J&T Express di Kota Ambon.

Proses analisis dilakukan melalui iterasi matriks dengan aturan operasi tertentu, di mana setiap elemen hasil perkalian matriks diperoleh dengan menentukan nilai maksimum dari penjumlahan elemen-elemen terkait. Hasil perhitungan ini memberikan informasi mengenai rute distribusi terpendek dalam jaringan, yang mencerminkan efisiensi jarak tempuh antar titik.

Adapun langkah-langkah dalam menentukan jalur terpendek menggunakan aljabar max-plus adalah sebagai berikut:

1. Membentuk matriks berbentuk persegi, yang entri-entrinya adalah jarak antar gudang ke masing-masing agen J&T. Dari Tabel 1 di atas maka matriks, diperoleh matriks  $R$  sebagai berikut

$$R = \begin{bmatrix} \varepsilon & 1.6 & 12 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 6.0 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 7.8 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 2.7 & \varepsilon & 4.6 & 6.3 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 5.2 & 4.7 & 5.7 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 2.0 & 3.1 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 1.2 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \end{bmatrix}$$

2. Semua entri pada matriks  $R$  kecuali  $\varepsilon$ , dikalikan dengan  $(-1)$ . Langkah ini bertujuan untuk memperoleh solusi dari permasalahan jalur terpendek dengan menggunakan nilai maksimum dari elemen-elemen yang telah bernilai negatif. Misalkan hasil dari perkalian ini dilambangkan dengan  $R_1$  diperoleh

$$R_1 = \begin{bmatrix} \varepsilon & -1.6 & -12 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -6.0 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -7.8 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -2.7 & \varepsilon & -4.6 & -6.3 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -5.2 & -4.7 & -5.7 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -2.0 & -3.1 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -1.2 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \end{bmatrix}$$

3. Dilakukan operasi Aljabar Max-Plus ( $\oplus$ ) terhadap matriks-matriks yang diperoleh pada langkah sebelumnya. Misalkan matriks yang terbentuk pada langkah ini dilambangkan dengan  $R_2$  maka:

$$R_2 = \left( \left( \left( \left( \left( \left( \left( \left( R_1 \oplus R_1^{\otimes 2} \right) \oplus R_1^{\otimes 3} \right) \oplus R_1^{\otimes 4} \right) \oplus R_1^{\otimes 5} \right) \oplus R_1^{\otimes 6} \right) \oplus R_1^{\otimes 7} \right) \right) \right) \right) \right) \right) \right)$$

Hasil perhitungan  $R_2$  diperoleh dengan menggunakan aplikasi MATLAB yaitu diperoleh:

$$R_2 = \begin{bmatrix} \varepsilon & -1.6 & -12 & -7.6 & -10.3 & -15.5 & -12.2 & -13.4 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -6.0 & -8.7 & -13.9 & -10.6 & -11.8 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -7.8 & -10.5 & -15.7 & -12.4 & -13.6 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -2.7 & -7.9 & -4.6 & -5.8 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -5.2 & -4.7 & -5.7 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -2.0 & -3.1 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & -1.2 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \end{bmatrix}$$

4. Entri-entri pada matriks  $R_2$  harus bernilai positif. Untuk itu, matriks tersebut dikalikan dengan  $(-1)$ . Langkah ini dilakukan karena permasalahan permasalahan yang dibahas berkaitan dengan jarak tempuh, yang nilainya tidak boleh negatif. Hasil dari proses ini dilambangkan dengan  $R_2^+$  sehingga diperoleh:

$$R_2^+ = (-1)R_2 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 1.6 & 12 & 7.6 & 10.3 & 15.5 & 12.2 & 13.4 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 6.0 & 8.7 & 13.9 & 10.6 & 11.8 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 7.8 & 10.5 & 15.7 & 12.4 & 13.6 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 2.7 & 7.9 & 4.6 & 5.8 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 5.2 & 4.7 & 5.7 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 2.0 & 3.1 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & 1.2 \\ \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \end{bmatrix}$$

Matriks  $R_2^+$  berisi bobot minimum jarak yang dapat ditempuh dalam pendistribusian barang di J&T dari satu titik ke titik lainnya. Hasil jarak minimum dan jalur Terpendek pada matriks  $R_2^+$  disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Jarak minimum dan jalur terpendek distribusi barang J&T Express

No.	Sisi dari titik $v_i$ ke $v_j$	Total jarak minimum (km)	Lintasan terpendek	Panjang lintasan
1	$(v_1, v_2)$	1.6	$v_1 \rightarrow v_2$	1
2	$(v_1, v_3)$	12	$v_1 \rightarrow v_3$	1
3	$(v_1, v_4)$	7.6	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4$	2
4	$(v_1, v_5)$	10.3	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5$	3
5	$(v_1, v_6)$	15.5	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$	4
6	$(v_1, v_7)$	12.2	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_7$	3
7	$(v_1, v_8)$	13.4	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_8$	3
8	$(v_2, v_4)$	6.0	$v_2 \rightarrow v_4$	1
9	$(v_2, v_5)$	8.7	$v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5$	2
10	$(v_2, v_6)$	13.9	$v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$	3
11	$(v_2, v_7)$	10.6	$v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_7$	2
12	$(v_2, v_8)$	11.8	$v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_7 \rightarrow v_8$	3
13	$(v_3, v_4)$	7.8	$v_3 \rightarrow v_4$	1
14	$(v_3, v_5)$	10.5	$v_3 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5$	2
15	$(v_3, v_6)$	15.7	$v_3 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$	3
16	$(v_3, v_7)$	12.4	$v_3 \rightarrow v_4 \rightarrow v_7$	2
17	$(v_3, v_8)$	13.6	$v_3 \rightarrow v_4 \rightarrow v_7 \rightarrow v_8$	3
18	$(v_4, v_5)$	2.7	$v_4 \rightarrow v_5$	1
19	$(v_4, v_6)$	7.9	$v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$	2
20	$(v_4, v_7)$	4.6	$v_4 \rightarrow v_7$	1
21	$(v_4, v_8)$	5.8	$v_4 \rightarrow v_7 \rightarrow v_8$	2
22	$(v_5, v_6)$	5.2	$v_5 \rightarrow v_6$	1
23	$(v_5, v_7)$	4.7	$v_5 \rightarrow v_7$	1
24	$(v_5, v_8)$	5.7	$v_5 \rightarrow v_8$	1
25	$(v_6, v_7)$	2.0	$v_6 \rightarrow v_7$	1
26	$(v_6, v_8)$	3.1	$v_6 \rightarrow v_8$	1
27	$(v_7, v_8)$	1.2	$v_7 \rightarrow v_8$	1

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh jalur distribusi barang dengan titik awal  $v_1$ . yang kemudian disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Jalur terpendek distribusi barang dengan titik awal  $v_1$

No.	Titik $v_i$ ke $w_j$	Rute terpendek dengan titik awal $v_1$	Total Jarak (km)
1	$(v_1, v_2)$	$v_1 \rightarrow v_2$	1.6
2	$(v_1, v_3)$	$v_1 \rightarrow v_3$	12
3	$(v_1, v_4)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4$	7.6
4	$(v_1, v_5)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5$	10.3
5	$(v_1, v_6)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$	15.5
6	$(v_1, v_7)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_7$	12.2
7	$(v_1, v_8)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_4 \rightarrow v_8$	13.4

### 3.2. Penentuan Rute Terpendek Jalur J&T Kota Ambon Per-Kecamatan

Pada bagian ini, akan dijelaskan penentuan jalur terpendek yang dibagi berdasarkan wilayah Kecamatan di Kota Ambon. Setiap kecamatan dianalisis secara terpisah untuk memperoleh rute paling efisien dari gudang utama (AMQ Gateway di Wayame) menuju masing-masing Kelurahan/Desa.

Analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan aljabar Max-Plus yang memungkinkan identifikasi jalur tercepat berdasarkan struktur graf berbobot yang telah dibentuk sebelumnya.

#### 3.2.1. Penentuan Rute Terpendek Jalur J&T Kota Ambon Kecamatan Nusaniwe

Kecamatan Nusaniwe merupakan salah satu wilayah administratif di Kota Ambon yang memiliki sebaran kelurahan cukup luas. Penentuan rute distribusi barang dilakukan dari titik pusat distribusi J&T Express (AMQ Gateway-Wayame).

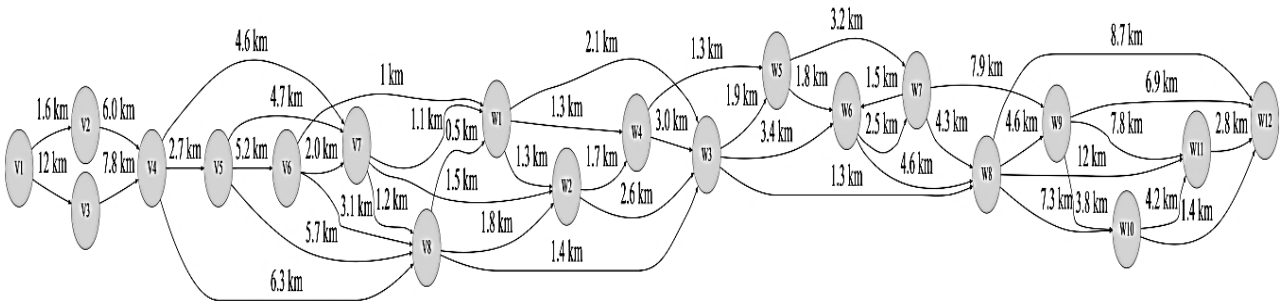
Untuk menentukan jalur terpendek distribusi barang J&T Express di wilayah Kecamatan Nusaniwe, dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

##### 1. Menentukan Titik Distribusi

Terdapat 12 titik distribusi di wilayah Kecamatan Nusaniwe yang terdiri dari Kelurahan/Desa/Negeri. Titik-titik distribusi tersebut disimbolkan dengan  $(w)$ , yaitu:

- $w_1$  = Kelurahan Silale
- $w_2$  = Kelurahan Urimessing
- $w_3$  = Kelurahan Benteng
- $w_4$  = Kelurahan Wainitu
- $w_5$  = Kelurahan Kudamati
- $w_6$  = Kelurahan Waihaong
- $w_7$  = Kelurahan Mangga dua
- $w_8$  = Negeri Amahusu
- $w_9$  = Kelurahan Nusaniwe
- $w_{10}$  = Negeri Nusaniwe
- $w_{11}$  = Negeri Latuhalat
- $w_{12}$  = Negeri Seilale

Berikut ini merupakan rute yang dapat ditempuh sebagai jalur pendistribusian barang melalui J&T Express di Kota Ambon, dengan menggabungkan 8 titik J&T dan 12 titik Kecamatan Nusaniwe dimana  $v_1$  (Wayame) sebagai titik awal.



Gambar 2. Jalur Distribusi J&T Kecamatan Nusaniwe

2. Menyusun Jarak Antar Titik Distribusi

Jarak antar titik distribusi barang di wilayah Kecamatan Nusaniwe dihitung berdasarkan estimasi jarak dari *Google Maps*. Jarak tempuh dari titik pusat J&T Express (AMQ Gateway) menuju masing-masing titik distribusi, serta jarak antar titik lainnya, disusun dalam bentuk **Tabel 4.**, yang digunakan sebagai acuan dalam pembentukan matriks bobot jarak antar lokasi.

Tabel 4. Jarak antar titik distribusi barang Kec. Nusaniwe

Counter Asal	→ Counter Selanjutnya	Jarak (km)
$v_1$	$v_2$	1.6
$v_1$	$v_3$	12
$v_2$	$v_4$	6.0
$v_3$	$v_4$	7.8
$v_4$	$v_5$	2.7
$v_4$	$v_7$	4.6
$v_4$	$v_8$	6.3
$v_5$	$v_6$	5.2
$v_5$	$v_7$	4.7
$v_5$	$v_8$	5.7
$v_6$	$v_7$	2.0
$v_6$	$v_8$	3.1
$v_6$	$w_1$	1
$v_7$	$v_8$	1.2
$v_7$	$w_1$	1.1
$v_7$	$w_2$	1.5
$v_8$	$w_1$	0.5
$v_8$	$w_2$	1.8
$v_8$	$w_3$	1.4
$w_1$	$w_2$	1.3
$w_1$	$w_3$	2.1
$w_1$	$w_4$	1.3
$w_2$	$w_3$	2.6
$w_2$	$w_4$	1.7
$w_3$	$w_5$	1.9
$w_3$	$w_6$	3.4
$w_3$	$w_8$	1.3
$w_4$	$w_3$	3.0
$w_4$	$w_5$	1.3
$w_5$	$w_6$	1.8
$w_5$	$w_7$	3.2
$w_6$	$w_7$	2.5
$w_6$	$w_8$	4.6
$w_7$	$w_6$	1.5
$w_7$	$w_8$	4.3
$w_7$	$w_9$	7.6
$w_8$	$w_9$	4.6
$w_8$	$w_{10}$	7.3
$w_8$	$w_{11}$	3.8
$w_8$	$w_{12}$	4.2
$w_9$	$w_{10}$	3.8
$w_9$	$w_{11}$	12
$w_9$	$w_{12}$	7.8
$w_{10}$	$w_{11}$	4.2
$w_{10}$	$w_{12}$	1.4
$w_{11}$	$w_{12}$	2.8
$w_{11}$	$w_{10}$	7.8
$w_{11}$	$w_9$	7.8
$w_{12}$	$w_{11}$	6.9
$w_{12}$	$w_{10}$	8.7





7. Analisis Hasil Rute Terpendek Antar Lokasi Distribusi Barang

Setelah dilakukan transformasi matriks bobot jarak ke dalam bentuk aljabar max-plus dan perhitungan iteratif, diperoleh lintasan terpendek dari titik awal distribusi  $v_1$  (J&T Express AMQ Gateway Wayame) menuju berbagai titik tujuan di Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk Tabel di bawah ini:

Tabel 6. Jarak dan jalur terpendek distribusi J&T Express ke Kec.Nusaniwe dari  $v_1$ )

No.	Sisi dari titik $v_i$ ke $w_j$	Total jarak minimum (km) $v_1$ ke $w_j$	Lintasan terpendek dengan titik awal $v_1$	Panjang lintasan
1	$(v_2, w_1)$	13.3	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_1$	2
2	$(v_3, w_1)$	25.5	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_1$	2
3	$(v_4, w_1)$	13.3	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_1$	2
4	$(v_5, w_1)$	16.1	$v_1 \rightarrow v_5 \rightarrow w_1$	2
5	$(v_6, w_1)$	16.5	$v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow w_1$	2
6	$(v_7, w_1)$	13.3	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_1$	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
85	$(v_8, w_{12})$	24.8	$v_1 \rightarrow v_8 \rightarrow w_{12}$	2

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh jalur terpendek dari titik awal  $v_1$  menuju setiap tujuan  $w_1$  hingga  $w_{12}$ , dari Tabel 6., diperoleh rute terpendek distribusi barang, yang kemudian disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Jalur Terpendek Distribusi Barang dari Gudang Utama J&T Express ke Titik Tujuan di Kecamatan Nusaniwe

No.	Desa	titik $v_i$ ke $w_j$	Rute terpendek dengan titik awal $v_1$	Total Jarak (km)	Titik J&T
1	Silale	$(v_2, w_1)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_1$	8.3	$v_7$ (Sirimau)
2	Urimessing	$(v_7, w_2)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_2$	13.7	$v_7$ (Sirimau)
3	Benteng	$(v_4, w_3)$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_3$	14.8	$v_4$ (Galala)
4	Wainitu	$(v_7, w_4)$	$v_1 \rightarrow v_8 \rightarrow w_4$	14.6	$v_8$ (Pattimura)
5	Kudamati	$(v_7, w_5)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_5$	15.9	$v_7$ (Sirimau)
6	Waihaong	$(v_7, w_6)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_6$	17.7	$v_7$ (Sirimau)
7	Mangga Dua	$(v_7, w_7)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_7$	19.1	$v_7$ (Sirimau)
8	Amahusu	$(v_8, w_8)$	$v_1 \rightarrow v_8 \rightarrow w_8$	16.1	$v_8$ (Pattimura)
9	Nusaniwe	$(v_8, w_9)$	$v_1 \rightarrow v_8 \rightarrow w_9$	20.7	$v_8$ (Pattimura)
10	Nusaniwe	$(v_8, w_{10})$	$v_1 \rightarrow v_8 \rightarrow w_{10}$	23.4	$v_8$ (Pattimura)
11	Latuhalat	$(v_7, w_{11})$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_{11}$	27.6	$v_7$ (Sirimau)
12	Seilale	$(v_8, w_{12})$	$v_1 \rightarrow v_8 \rightarrow w_{12}$	24.8	$v_8$ (Pattimura)

Berdasarkan tabel di atas, tidak terdapat titik distribusi J&T secara langsung yang berlokasi di dalam wilayah Kecamatan Nusaniwe. Namun, dengan melakukan pemetaan jalur menggunakan pendekatan aljabar max-plus, diperoleh rute distribusi J&T yang paling efisien menuju tiap titik tujuan di Nusaniwe. Rute ini melewati titik distribusi J&T terdekat yang berada di luar Kecamatan Nusaniwe, seperti Sirimau, Galala, atau Pattimura.

3.2.2. Penentuan Rute Terpendek Jalur J&T Kota Ambon pada Kecamatan Sirimau

Kecamatan Sirimau merupakan salah satu pusat aktivitas ekonomi dan pemerintahan di Kota Ambon yang memiliki kepadatan penduduk serta mobilitas barang yang relatif tinggi. Oleh karena itu, efisiensi distribusi barang menjadi aspek yang penting untuk mendukung kelancaran layanan logistik. Dalam penelitian ini, penentuan rute terpendek distribusi barang pada Kecamatan Sirimau dilakukan menggunakan pendekatan aljabar max-plus dengan tahapan yang sama seperti pada Kecamatan Nusaniwe, yaitu melalui pembentukan graf berbobot, penyusunan matriks bobot jarak, transformasi ke dalam bentuk aljabar max-plus, serta perhitungan iteratif menggunakan MATLAB hingga diperoleh matriks jarak minimum.

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 8., diperoleh rute terpendek dari gudang utama J&T Express AMQ Gateway Wayame ( $v_1$ ) menuju 14 titik tujuan yang berada di Kecamatan Sirimau. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar tujuan memiliki lintasan terpendek yang melalui titik distribusi J&T Sirimau ( $v_7$ ). Hal ini menunjukkan bahwa J&T Sirimau berperan sebagai simpul distribusi utama yang menghubungkan gudang pusat dengan berbagai wilayah tujuan di Kecamatan Sirimau.

Tabel 8. Jalur Terpendek Distribusi Barang dari Gudang Utama J&T Express ke Titik Tujuan di Kecamatan Sirimau

No.	Desa	titik $v_i$ ke $w_j$	Rute terpendek dengan titik awal $v_1$	Total Jarak (km)	Titik J&T
1	Waihoka	$(v_2, w_1)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_1$	16.1	$v_7$ (Sirimau)
2	Amantelu	$(v_7, w_2)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_2$	14.9	$v_7$ (Sirimau)
3	Rijali	$(v_7, w_3)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_3$	16.3	$v_7$ (Sirimau)
4	Karang Panjang	$(v_7, w_4)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_4$	16.3	$v_7$ (Sirimau)
5	Batu Meja	$(v_7, w_5)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_5$	13.4	$v_7$ (Sirimau)
6	Batu Gajah	$(v_7, w_6)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_6$	18.0	$v_7$ (Sirimau)
7	Ahusen	$(v_7, w_7)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_7$	14.4	$v_7$ (Sirimau)
8	Honipopu	$(v_7, w_8)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_8$	15.8	$v_7$ (Sirimau)
9	Uritetu	$(v_7, w_9)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_9$	15.8	$v_7$ (Sirimau)
10	Pandan Kasturi	$(v_4, w_{10})$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_{10}$	18.5	$v_4$ (DP Galala)
11	Galala	$(v_2, w_{11})$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_{11}$	19.4	$v_2$ (Teluk Ambon)
12	Hative Kecil	$(v_4, w_{12})$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_{12}$	20.7	$v_4$ (DP Galala)
13	Batu Merah	$(v_7, w_{12})$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_{12}$	20.7	$v_7$ (Sirimau)
14	Soya	$(v_7, w_{13})$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_{13}$	22.3	$v_7$ (Sirimau)

Beberapa wilayah yang memiliki rute terpendek melalui J&T Sirimau antara lain Waihoka, Amantelu, Rijali, Karang Panjang, Batu Meja, Batu Gajah, Ahusen, Honipopu, Uritetu, Batu Merah, dan Soya. Dominasi penggunaan simpul  $v_7$  menunjukkan bahwa lokasi J&T Sirimau berada pada posisi yang strategis dalam jaringan distribusi sehingga mampu memberikan jalur dengan total jarak minimum menuju sebagian besar wilayah tujuan. Hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa rute dengan jarak minimum diperoleh pada distribusi menuju Kelurahan Batu Meja dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_5$  dan total jarak sebesar 13,4 km. Sementara itu, rute dengan jarak tempuh terbesar diperoleh pada distribusi menuju Kelurahan Soya dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_{13}$  dan total jarak sebesar 22,3 km. Perbedaan jarak tersebut dipengaruhi oleh letak geografis masing-masing wilayah tujuan terhadap titik distribusi J&T yang digunakan sebagai simpul transit.

Selain J&T Sirimau, hasil analisis menunjukkan bahwa beberapa wilayah lebih efisien dilayani melalui titik distribusi lain. Kelurahan Pandan Kasturi dan Hative Kecil memiliki lintasan terpendek yang melalui J&T DP Galala ( $v_4$ ), sedangkan Kelurahan Galala memiliki lintasan terpendek melalui J&T Teluk Ambon ( $v_2$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa titik distribusi yang menghasilkan jarak minimum tidak selalu berada pada kecamatan yang sama dengan lokasi tujuan, melainkan ditentukan oleh struktur jaringan distribusi dan hubungan antar simpul dalam graf berbobot yang dianalisis.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan distribusi J&T Express di Kecamatan Sirimau telah terhubung dengan baik melalui beberapa titik distribusi utama. Keberadaan J&T Sirimau sebagai simpul sentral memungkinkan sebagian besar wilayah tujuan dicapai hanya melalui satu titik transit, sehingga proses distribusi menjadi lebih efisien. Dengan demikian, penerapan aljabar max-plus mampu memberikan informasi mengenai rute distribusi yang optimal dan dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan sistem distribusi barang J&T Express di Kecamatan Sirimau untuk meminimalkan jarak tempuh serta meningkatkan efektivitas layanan pengiriman.

### 3.2.3. Penentuan Rute Terpendek Jalur J&T Kota Ambon pada Kecamatan Leitimur Selatan

Kecamatan Leitimur Selatan merupakan salah satu wilayah di Kota Ambon yang memiliki karakteristik geografis berupa daerah pesisir dan perbukitan dengan jarak antarlokasi yang relatif berjauhan. Kondisi tersebut menyebabkan proses distribusi barang memerlukan perencanaan rute yang tepat agar pengiriman dapat dilakukan secara efisien. Dalam penelitian ini, penentuan rute terpendek distribusi barang di

Kecamatan Leitimur Selatan dilakukan menggunakan pendekatan aljabar max-plus dengan tahapan yang sama seperti pada Kecamatan Nusaniwe dan Kecamatan Sirimau, yaitu melalui pembentukan graf berbobot, penyusunan matriks bobot jarak, transformasi ke dalam bentuk aljabar max-plus, serta perhitungan iteratif menggunakan MATLAB hingga diperoleh matriks jarak minimum.

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 9., diperoleh rute terpendek dari gudang utama J&T Express AMQ Gateway Wayame ( $v_1$ ) menuju delapan titik tujuan yang berada di Kecamatan Leitimur Selatan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa proses distribusi barang menuju wilayah ini memanfaatkan dua titik distribusi utama sebagai simpul transit, yaitu J&T DP Galala ( $v_4$ ) dan J&T Sirimau ( $v_7$ ).

Tabel 9. Jalur Terpendek Distribusi Barang dari Gudang Utama J&T Express ke Titik Tujuan di Kecamatan Leitimur Selatan

No.	Desa	titik $v_i$ ke $w_j$	Rute terpendek Dengan titik awal $v_1$	Total Jarak (km)	Titik J&T
1	Ema	$(v_4, w_1)$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_1$	24.2	$v_4$ (Galala)
2	Hatalae	$(v_4, w_2)$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_2$	8.7	$v_4$ (Galala)
3	Hukurila	$(v_4, w_3)$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_3$	27.1	$v_4$ (Galala)
4	Hutumuri	$(v_7, w_4)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_4$	33.6	$v_7$ (Sirimau)
5	Kilang	$(v_7, w_5)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_5$	23.4	$v_7$ (Sirimau)
6	Leahari	$(v_7, w_6)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_6$	30.4	$v_7$ (Sirimau)
7	Naku	$(v_7, w_7)$	$v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_7$	29.0	$v_7$ (Sirimau)
8	Rutong	$(v_4, w_8)$	$v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_8$	31.8	$v_4$ (Galala)

Berdasarkan Tabel 9., terdapat empat desa yang memiliki rute terpendek melalui J&T DP Galala ( $v_4$ ), yaitu Ema, Hatalae, Hukurila, dan Rutong. Sementara itu, Desa Hutumuri, Kilang, Leahari, dan Naku memiliki rute terpendek melalui J&T Sirimau ( $v_7$ ). Hal ini menunjukkan bahwa kedua titik distribusi tersebut berperan penting dalam mendukung proses distribusi barang menuju wilayah Kecamatan Leitimur Selatan. Jarak distribusi minimum diperoleh pada rute menuju Desa Hatalae dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow w_2$  dan total jarak tempuh sebesar 8,7 km. Jarak tersebut merupakan yang paling pendek dibandingkan seluruh tujuan lainnya karena posisi Desa Hatalae relatif lebih dekat terhadap titik distribusi yang digunakan sebagai simpul transit. Sebaliknya, jarak distribusi terbesar diperoleh pada rute menuju Desa Hutumuri dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_7 \rightarrow w_4$  dan total jarak tempuh sebesar 33,6 km. Panjangnya lintasan tersebut menunjukkan bahwa lokasi Hutumuri berada cukup jauh dari titik distribusi utama yang digunakan dalam jaringan distribusi J&T Express.

Selain Hutumuri, beberapa desa lain seperti Rutong, Leahari, dan Naku juga memiliki jarak distribusi yang relatif besar, masing-masing sebesar 31,8 km, 30,4 km, dan 29,0 km. Jarak yang cukup panjang tersebut dipengaruhi oleh letak geografis desa-desa tersebut yang berada pada wilayah pesisir dan bagian selatan Pulau Ambon. Meskipun demikian, hasil perhitungan aljabar max-plus menunjukkan bahwa lintasan yang diperoleh tetap merupakan rute dengan total jarak minimum dibandingkan alternatif lintasan lainnya yang tersedia dalam jaringan distribusi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Leitimur Selatan tidak memiliki titik distribusi J&T yang berada langsung di dalam wilayah kecamatan tersebut. Oleh karena itu, proses distribusi barang dilakukan melalui titik distribusi terdekat yang berada di luar wilayah kecamatan, yaitu J&T DP Galala dan J&T Sirimau. Meskipun memerlukan simpul transit tambahan, penerapan aljabar max-plus mampu menentukan jalur distribusi yang efisien sehingga proses pengiriman barang tetap dapat dilakukan secara optimal. Dengan demikian, aljabar max-plus dapat digunakan sebagai metode yang efektif dalam mendukung perencanaan distribusi barang J&T Express di Kecamatan Leitimur Selatan.

### 3.2.4. Penentuan Rute Terpendek Jalur J&T Kota Ambon pada Kecamatan Teluk Ambon

Kecamatan Teluk Ambon merupakan salah satu wilayah strategis di Kota Ambon yang menjadi jalur penghubung antara pusat kota dan kawasan pengembangan di bagian barat Pulau Ambon. Wilayah ini juga memiliki aktivitas distribusi barang yang cukup tinggi karena terdapat berbagai kawasan permukiman,

fasilitas pendidikan, serta pusat kegiatan ekonomi yang memerlukan layanan pengiriman barang secara efektif. Dalam penelitian ini, penentuan rute terpendek distribusi barang pada Kecamatan Teluk Ambon dilakukan menggunakan pendekatan aljabar max-plus dengan tahapan yang sama seperti pada kecamatan sebelumnya, yaitu pembentukan graf berbobot, penyusunan matriks bobot jarak, transformasi ke dalam bentuk aljabar max-plus, serta perhitungan iteratif menggunakan MATLAB hingga diperoleh matriks jarak minimum.

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 10, diperoleh rute terpendek dari gudang utama J&T Express AMQ Gateway Wayame ( $v_1$ ) menuju delapan titik tujuan yang berada di Kecamatan Teluk Ambon. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh jalur distribusi menuju wilayah Kecamatan Teluk Ambon memanfaatkan J&T Teluk Ambon ( $v_2$ ) sebagai simpul transit utama. Hal ini menunjukkan bahwa J&T Teluk Ambon memiliki posisi yang sangat strategis dalam jaringan distribusi barang di wilayah tersebut sehingga mampu memberikan jalur dengan total jarak minimum menuju seluruh lokasi tujuan.

Tabel 10. Jalur Terpendek Distribusi Barang dari Gudang Utama J&T *Express* ke Titik Tujuan di Kecamatan Teluk Ambon

No.	Desa	titik $v_i$ ke $w_j$	Rute terpendek Dengan titik awal $v_1$	Total Jarak (km)	Titik J&T
1	Laha	$(v_2, w_1)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_1$	16.6	$v_2$ (Teluk Ambon)
2	Tawiri	$(v_2, w_2)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_2$	2.6	$v_2$ (Teluk Ambon)
3	Hative Besar	$(v_2, w_3)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_3$	6.7	$v_2$ (Teluk Ambon)
4	Wayame	$(v_2, w_4)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_4$	3.0	$v_2$ (Teluk Ambon)
5	Rumah Tiga	$(v_2, w_5)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_5$	8.7	$v_2$ (Teluk Ambon)
6	Tihu	$(v_2, w_6)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_6$	6.9	$v_2$ (Teluk Ambon)
7	Poka	$(v_2, w_7)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_7$	8.3	$v_2$ (Teluk Ambon)
8	Hunuth/ Durian Patah	$(v_2, w_8)$	$v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_8$	12.6	$v_2$ (Teluk Ambon)

Berdasarkan Tabel 10., seluruh desa yang dianalisis, yaitu Laha, Tawiri, Hative Besar, Wayame, Rumah Tiga, Tihu, Poka, dan Hunuth/Durian Patah, memiliki lintasan terpendek yang melalui J&T Teluk Ambon ( $v_2$ ). Dominasi penggunaan simpul  $v_2$  menunjukkan bahwa titik distribusi tersebut berfungsi sebagai pusat distribusi utama yang menghubungkan gudang pusat dengan seluruh wilayah tujuan di Kecamatan Teluk Ambon. Jarak distribusi minimum diperoleh pada rute menuju Desa Tawiri dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_2$  dan total jarak tempuh sebesar 2,6 km. Jarak yang relatif pendek tersebut menunjukkan bahwa lokasi Tawiri berada sangat dekat dengan jaringan distribusi utama J&T Express. Selain itu, Desa Wayame juga memiliki jarak distribusi yang relatif pendek, yaitu 3,0 km melalui lintasan  $v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_4$ . Hal ini sejalan dengan posisi geografis kedua wilayah yang berada di sekitar lokasi gudang utama dan titik distribusi J&T Teluk Ambon.

Sebaliknya, jarak distribusi terbesar diperoleh pada rute menuju Desa Laha dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow w_1$  dan total jarak tempuh sebesar 16,6 km. Selain Laha, wilayah Hunuth/Durian Patah juga memiliki jarak distribusi yang cukup besar, yaitu 12,6 km. Perbedaan jarak antarwilayah tersebut dipengaruhi oleh letak geografis masing-masing desa terhadap titik distribusi J&T Teluk Ambon yang digunakan sebagai simpul transit.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Teluk Ambon memiliki jaringan distribusi yang relatif sederhana dibandingkan kecamatan lainnya karena seluruh tujuan dapat dilayani melalui satu titik distribusi utama, yaitu J&T Teluk Ambon. Kondisi ini menyebabkan proses distribusi barang dapat dilakukan dengan lebih efisien karena hanya memerlukan satu simpul transit sebelum mencapai tujuan akhir. Dengan demikian, penerapan aljabar max-plus mampu mengidentifikasi rute distribusi yang optimal dan memberikan informasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan distribusi barang J&T Express di Kecamatan Teluk Ambon guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi layanan pengiriman.

### 3.2.5. Penentuan Rute Terpendek Jalur J&T Kota Ambon pada Kecamatan Teluk Ambon Baguala

Kecamatan Teluk Ambon Baguala merupakan salah satu wilayah di Kota Ambon yang memiliki perkembangan kawasan permukiman dan aktivitas ekonomi yang cukup pesat. Sebagai wilayah yang menjadi jalur penghubung antara pusat kota dan kawasan timur Kota Ambon, kebutuhan akan sistem distribusi barang yang efisien menjadi sangat penting untuk mendukung kelancaran pelayanan logistik. Dalam penelitian ini, penentuan rute terpendek distribusi barang pada Kecamatan Teluk Ambon Baguala dilakukan menggunakan pendekatan aljabar max-plus dengan tahapan yang sama seperti pada kecamatan sebelumnya, yaitu pembentukan graf berbobot, penyusunan matriks bobot jarak, transformasi ke dalam bentuk aljabar max-plus, serta perhitungan iteratif menggunakan MATLAB hingga diperoleh matriks jarak minimum.

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 11, diperoleh rute terpendek dari gudang utama J&T Express AMQ Gateway Wayame ( $v_1$ ) menuju tujuh titik tujuan yang berada di Kecamatan Teluk Ambon Baguala. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh jalur distribusi menuju wilayah ini memanfaatkan J&T Baguala ( $v_3$ ) sebagai simpul transit utama. Hal ini menunjukkan bahwa J&T Baguala memiliki peranan penting dalam jaringan distribusi barang di Kecamatan Teluk Ambon Baguala karena mampu memberikan lintasan dengan total jarak minimum menuju seluruh wilayah tujuan.

Tabel 11. Jalur Terpendek Distribusi Barang dari Gudang Utama J&T *Express* ke Titik Tujuan di Kecamatan Teluk Ambon Baguala

No.	Desa	Titik $v_i$ ke $w_j$	Rute terpendek Dengan titik awal $v_1$	Total Jarak (km)	Titik J&T
1	Waiheru	$(v_3, w_1)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_1$	18.2	$v_3$ (Baguala)
2	Nania	$(v_3, w_2)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_2$	16.6	$v_3$ (Baguala)
3	Negeri Lama	$(v_3, w_3)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_3$	16.6	$v_3$ (Baguala)
4	Passo	$(v_3, w_4)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_4$	17.6	$v_3$ (Baguala)
5	Lateri	$(v_3, w_5)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_5$	22.6	$v_3$ (Baguala)
6	Halong	$(v_3, w_6)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_6$	24.2	$v_3$ (Baguala)
7	Latta	$(v_3, w_7)$	$v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_7$	24.0	$v_3$ (Baguala)

Berdasarkan Tabel 11., seluruh desa yang dianalisis, yaitu Waiheru, Nania, Negeri Lama, Passo, Lateri, Halong, dan Latta, memiliki rute terpendek yang melalui J&T Baguala ( $v_3$ ). Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan titik distribusi J&T di dalam wilayah Kecamatan Teluk Ambon Baguala sangat mendukung efektivitas proses distribusi barang karena seluruh tujuan dapat dilayani melalui satu simpul distribusi utama yang berada pada kecamatan yang sama.

Jarak distribusi minimum diperoleh pada rute menuju Desa Nania dan Negeri Lama dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_2$  dan  $v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_3$ , masing-masing memiliki total jarak tempuh sebesar 16,6 km. Sementara itu, jarak distribusi terbesar diperoleh pada rute menuju Desa Halong dengan lintasan  $v_1 \rightarrow v_3 \rightarrow w_6$  dan total jarak tempuh sebesar 24,2 km. Selain Halong, Desa Latta dan Lateri juga memiliki jarak distribusi yang relatif besar, yaitu masing-masing sebesar 24,0 km dan 22,6 km. Perbedaan jarak tersebut dipengaruhi oleh posisi geografis masing-masing desa terhadap titik distribusi J&T Baguala yang digunakan sebagai simpul transit.

Meskipun terdapat perbedaan jarak antarwilayah tujuan, seluruh lintasan yang diperoleh merupakan hasil optimasi dari perhitungan aljabar max-plus sehingga menghasilkan total jarak minimum dalam jaringan distribusi yang dibangun. Keberadaan J&T Baguala sebagai simpul distribusi utama juga menyebabkan proses pengiriman barang menjadi lebih sederhana karena tidak memerlukan perpindahan melalui beberapa titik distribusi lain sebelum mencapai lokasi tujuan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh titik tujuan distribusi di Kecamatan Teluk Ambon Baguala dapat dijangkau melalui titik distribusi J&T Baguala yang berada di dalam wilayah kecamatan yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa jaringan distribusi J&T Express pada Kecamatan

Teluk Ambon Baguala telah terintegrasi dengan baik dan mampu mendukung proses pengiriman barang secara efisien. Dengan demikian, penerapan aljabar max-plus dapat memberikan informasi yang akurat mengenai rute distribusi optimal sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem distribusi barang J&T Express di Kecamatan Teluk Ambon Baguala.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa teori graf dalam aljabar max-plus dapat digunakan sebagai pendekatan yang efektif untuk menentukan rute distribusi barang pada jaringan J&T Express di Kota Ambon. Melalui pemodelan jaringan distribusi dalam bentuk graf berbobot, diperoleh lintasan dengan jarak minimum dari gudang utama menuju berbagai titik tujuan pada beberapa kecamatan di Kota Ambon. Hasil analisis memperlihatkan bahwa aljabar max-plus mampu mendukung proses perencanaan distribusi secara sistematis sehingga jalur pengiriman yang dipilih menjadi lebih efisien.

Selain memberikan solusi terhadap permasalahan rute terpendek, penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi distribusi tidak selalu bergantung pada keberadaan titik distribusi di setiap kecamatan. Beberapa wilayah tetap dapat dilayani secara optimal melalui pemanfaatan titik distribusi terdekat sebagai simpul transit dalam jaringan distribusi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan aljabar max-plus memiliki potensi untuk diterapkan pada perencanaan sistem logistik yang lebih luas dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan parameter lain, seperti waktu tempuh, kapasitas distribusi, dan biaya operasional, sehingga mendukung pengelolaan jaringan distribusi yang lebih efektif.

#### Referensi

- [1] Subiono. (2013). *Aljabar Max-Plus dan Terapannya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Press.
- [2] Heidergott, B., Olsder, G. J., & van der Woude, J. (2005). *Max Plus at Work: Modeling and Analysis of Synchronized Systems*. Princeton: Princeton University Press. doi:10.1515/9781400865239
- [3] Tandil, A., Lusiyanti, D., & Musdalifah, S. (2024). Application of max-plus algebra in determining the shortest route of goods distribution on Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) in Palu City. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, 21(1), 46–53. doi:10.22487/2540766X.2024.v21.i1.17082
- [4] Sumianti, S., Siswanto, S., & Wibowo, S. (2020). Application of min-plus algebra in determination shortest route for distribution of pindang fish by Pindang Muri Company. *Math-Info: Journal of Mathematics*, 6(1), 1–7.
- [5] Febryantika, A. Z., Puspanjini, F. A., Amalia, I. R., & Annisa, M. (2021). Application of the Floyd Warshall algorithm in determining the shortest route for distribution of UD Nadira Cinta Rasa Bread to Praya, Central Lombok. *Eigen Mathematics Journal*, 4(1), 18–23. doi:10.29303/emj.v4i1.96
- [6] Fatikamawati, I., Syaripuddin, & Huda, M. N. (2023). Implementation algorithm genetics in determine route shortest distribution PT. J&T Samarinda goods. *BASIS*, 2(2), 12–21.
- [7] Subiono. (2015). *Aljabar Min-Max Plus dan Terapannya*. Surabaya: Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Rudhito, M. A. (2020). *Aljabar Max-Plus dan Penerapannya*. Yogyakarta: Sanata Dharma University Press.