

## **Pengembangan Model Optimasi Distribusi Air Bersih di Kota Kupang dengan Integrasi metode North West Corner dan Hungarian**

**Imelda Mnaikun<sup>1</sup>, Sefri Imanuel Fallo<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Pendidikan Matematika Universitas San Pedro, Kupang, Indonesia

[imeldamnaikun45@gmail.com](mailto:imeldamnaikun45@gmail.com)

### **Abstrak**

Ketersediaan dan distribusi air bersih yang efisien merupakan tantangan utama di Kota Kupang akibat keterbatasan sumber daya air, pertumbuhan penduduk yang pesat, dan belum meratanya infrastruktur distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi distribusi air bersih dengan mengintegrasikan metode North West Corner dan Hungarian. Metode North West Corner digunakan untuk menentukan solusi awal alokasi distribusi berdasarkan kapasitas suplai dan permintaan, sedangkan metode Hungarian digunakan untuk menyempurnakan alokasi tersebut dengan mempertimbangkan efisiensi biaya distribusi. Studi dilakukan pada tiga reservoir utama dan empat wilayah permintaan di Kota Kupang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi awal yang dihasilkan metode North West Corner cepat dan sederhana, tetapi belum optimal secara ekonomi. Setelah dilakukan optimasi menggunakan metode Hungarian, diperoleh alokasi distribusi yang lebih merata dan realistis sesuai kondisi teknis, meskipun total biayanya sedikit lebih tinggi. Kombinasi kedua metode ini terbukti efektif dalam merancang sistem distribusi yang adaptif dan efisien, serta dapat dijadikan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam manajemen distribusi air bersih di wilayah perkotaan seperti Kota Kupang.

**Kata kunci;** Distribusi air bersih, optimasi, North West Corner, Hungarian, Kota Kupang.

### **Abstract**

The availability and efficient distribution of clean water are major challenges in Kupang City due to limited water resources, rapid population growth, and uneven distribution infrastructure. This study aims to develop an optimization model for clean water distribution by integrating the North West Corner and Hungarian methods. The North West Corner method is used to determine the initial allocation solution based on supply capacity and demand, while the Hungarian method is applied to refine the allocation by considering distribution cost efficiency. The study was conducted using three main reservoirs and four demand regions in Kupang City. The results show that the initial solution generated by the North West Corner method is quick and simple, but not economically optimal. After optimization using the Hungarian method, a more balanced and realistic distribution allocation was achieved, aligned with technical constraints, although the total cost was slightly higher. The combination of these two methods proves effective in designing an adaptive and efficient distribution system and can serve as a decision-making tool in managing clean water distribution in urban areas such as Kupang City.

**Keyword:** clean water distribution, optimization, North West Corner, Hungarian, Kupang City.

## Pendahuluan

Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan mendasar bagi masyarakat dan menjadi salah satu indikator penting dalam pembangunan berkelanjutan. Kota Kupang, sebagai ibu kota Provinsi Nusa Tenggara Timur, menghadapi tantangan serius dalam pendistribusian air bersih akibat keterbatasan sumber daya air (Yustika Kusumawardani<sup>1</sup>), 2018), pertumbuhan penduduk yang pesat, dan infrastruktur distribusi yang belum merata. Ketidakseimbangan antara permintaan dan suplai air bersih di berbagai wilayah kota seringkali menyebabkan inefisiensi dalam pelayanan serta tingginya biaya operasional distribusi.

Permasalahan air bersih menjadi perhatian utama di berbagai wilayah, terutama di daerah kering seperti Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Berdasarkan data Riskeddas tahun 2007 dan 2010 dari Kementerian Kesehatan RI, hampir 50% rumah tangga di NTT kesulitan memperoleh air bersih saat musim kemarau. Pada tahun 2010, tercatat 42% penduduk hanya menggunakan sekitar 20 liter air per hari, jauh di bawah standar kebutuhan minimum WHO yaitu 60 liter per orang per hari. Menurut *Bappeda* Kota Kupang tahun 2018, terjadi kesenjangan besar antara kebutuhan dan ketersediaan air di kota ini. Kebutuhan air bersih mencapai 812,96 liter per detik, namun pasokan dari PDAM dan BLUD SPAM hanya 377 L/D, sehingga terjadi kekurangan sebesar 436 L/D. Hal ini menyebabkan layanan air bersih belum dapat menjangkau seluruh warga. Menurut penelitian *Mboi* di tahun 2019 menunjukkan bahwa pengelolaan air bersih di Kota Kupang masih menghadapi hambatan, seperti rendahnya transparansi dan profesionalisme dalam pengelolaan SPAM. Pemerintah juga dinilai kurang optimal dalam mengawasi kualitas air dan membatasi peran swasta dalam distribusi air kepada masyarakat.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu pendekatan optimasi dalam sistem distribusi air bersih yang mempertimbangkan keterbatasan sumber daya serta efisiensi biaya dan waktu. Salah satu metode yang umum digunakan dalam penyelesaian masalah transportasi adalah metode North West Corner (NWC), yang berfungsi sebagai untuk mencari solusi awal (Yekti Asmoro Kanthi<sup>1</sup>, 2020) dalam menentukan distribusi awal dengan memperhatikan kapasitas suplai dan permintaan. Namun, solusi awal yang diperoleh dari metode NWC sering kali belum optimal dan membutuhkan penyempurnaan.

Dalam konteks ini, integrasi metode Hungarian, yang secara khusus digunakan untuk penyelesaian masalah penugasan (So, Sarjono, & Herman, 2013), dapat berkontribusi dalam mengoptimalkan alokasi distribusi pada tahap lanjut, terutama dalam meminimalkan biaya atau jarak distribusi antar titik suplai dan permintaan. Integrasi kedua metode ini diharapkan mampu menghasilkan model distribusi air bersih yang lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi riil di Kota Kupang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi distribusi air bersih dengan pendekatan kombinasi metode North West Corner dan Hungarian (Indah Purnama Sari<sup>1\*</sup>, 2021). Dengan menggabungkan kelebihan kedua metode

tersebut, diharapkan dapat tercipta solusi yang tidak hanya feasible tetapi juga optimal dalam konteks biaya dan pemerataan distribusi. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap perencanaan distribusi air bersih yang lebih efektif dan mendukung peningkatan kualitas pelayanan publik di sektor air bersih di Kota Kupang.

## Metode Penelitian

### Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif (Daniel Bienfield Manahan Siahaan1, 2025) dengan metode pemodelan matematis dan optimasi. Fokus utama penelitian adalah merancang model distribusi air bersih yang optimal melalui formulasi masalah transportasi dan penugasan (Cahya1), 2022). Untuk itu, digunakan integrasi antara metode North West Corner (NWC) sebagai solusi awal dan metode Hungarian sebagai metode optimasi.

Pemilihan pendekatan ini didasarkan pada kebutuhan untuk meminimumkan biaya transportasi dari suatu tempat ke tempat lain (Irvana Arofah1, 2021), sekaligus memastikan bahwa seluruh permintaan dapat dipenuhi secara efisien.

### Lokasi dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan pada wilayah administratif Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. Ruang lingkup mencakup sistem distribusi air bersih yang dikelola oleh PDAM atau unit layanan teknis lainnya, dengan fokus pada:

- a. Sumber suplai air reservoir
- b. wilayah penerima Kecamatan Kota Raja, Oebobo, Maulafa, dan Kelapa Lima
- c. Jalur distribusi, volume suplai, dan permintaan
- d. Distribusi berdasarkan jarak tempuh atau ongkos operasional

### Teknik Analisis dan Pengembangan Model

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah model optimasi distribusi air bersih, dengan dua pendekatan algoritmik, yaitu:

#### a. Penyusunan Matriks Transportasi

Langkah awal adalah menyusun matriks transportasi yang berisi:

Matriks biaya (C) = [6 4 8 10 5 6 7 8 9 7 4 5 ]

1. Baris: titik-titik suplai yaitu reservoir A, B, C
2. Kolom: titik-titik permintaan wilayah Kecamatan Kota Raja, Oebobo, Maulafa, dan Kelapa Lima
3. Sel: biaya distribusi dari tiap titik suplai ke titik permintaan (misalnya dalam satuan biaya per kilometer atau biaya operasional per liter).

#### b. Solusi Awal dengan Metode North West Corner (NWC)

Metode North West Corner (NWC) merupakan salah satu metode untuk menentukan solusi awal dari masalah transportasi (Nurul Muannisah 1, 2025). Langkah-langkahnya:

1. Alokasikan suplai ke permintaan mulai dari pojok kiri atas tabel (north west corner).
2. nilai suplai dan permintaan sesuai alokasi.
3. Bergerak ke kanan atau ke bawah, tergantung sisa suplai/permintaan.
4. Ulangi hingga semua suplai dan permintaan teralokasi.

Metode ini tidak mempertimbangkan biaya, namun memberikan dasar awal yang layak untuk optimasi lebih lanjut (Rahmawati1, 2024).

### c. Optimasi dengan Metode Hungarian

Setelah diperoleh solusi awal, metode Hungarian digunakan untuk menyelesaikan masalah penugasan (*assignment problem*) (Rahmawati1, 2024). Metode ini cocok untuk meminimalkan biaya total distribusi atau mengoptimalkan penggunaan kendaraan, jalur, atau petugas distribusi.

Langkah-langkahnya:

1. Biaya dengan nilai terkecil dalam baris tersebut.
2. Mengurangi setiap kolom dengan nilai terkecil pada kolom.
3. Menentukan penugasan optimal berdasarkan nol pada matriks yang telah direduksi.
4. Jika belum optimal (jumlah garis penutup  $< n$ ), lakukan modifikasi matriks hingga solusi optimal diperoleh.

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### *Hasil*

#### 3.1 Deskripsi Sistem distribusi Air di Kota Kupang

Kota Kupang memiliki sistem distribusi air bersih yang dikelola oleh PDAM, dengan beberapa titik suplai utama seperti Reservoir A (Kayu Putih), Reservoir B (Kolhua), dan Reservoir C (Naikoten). Setiap reservoir memiliki kapasitas suplai harian yang berbeda. Sementara itu, wilayah distribusi mencakup beberapa kecamatan seperti Kecamatan Kota Raja, Oebobo, Maulafa, dan Kelapa Lima yang memiliki tingkat permintaan air yang variatif tergantung jumlah penduduk dan aktivitas domestik.

**Tabel 1. Data Distribusi Awal  
Wilayah Permintaan**

Sumber Air (Reservoir)	Kota Raja	Oebobo	Maulafa	Kelapa Lima	Suplai
Reservoir A	6	4	8	10	600
Reservoir B	5	6	7	8	500
Reservoir C	9	7	4	5	400
<b>Permintaan</b>	450	400	350	300	<b>1500</b>

### 3.2 Solusi Awal Menggunakan Metode North west Corner

Langkah awal dilakukan dengan menerapkan metode North West Corner (NWC) untuk memperoleh alokasi distribusi awal tanpa mempertimbangkan biaya.

Hasil alokasi NWC ditunjukkan sebagai berikut:

Wilayah Permintaan						
Sumber Air (Reservoir)	Kota Raja	Oebobo	Maulafa	Kelapa Lima	Suplai	
Reservoir A	450 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6</span>	150 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span>	<del>8</del>	<del>10</del>	600	
Reservoir B	<del>5</del>	250 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6</span>	250 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7</span>	<del>8</del>	500	
Reservoir C	<del>9</del>	<del>7</del>	100 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span>	300 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</span>	400	
<b>Permintaan</b>	450	400	350	300	<b>1500</b>	

Total biaya distribusi awal dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian volume air dan biaya distribusi untuk tiap rute:

Total Biaya NWC

$$\begin{aligned}
 &= (450 \times 6) + (150 \times 4) + (250 \times 6) + (250 \times 7) + (100 \times 4) + (300 \times 5) \\
 &= 2700 + 600 + 1500 + 1750 + 400 + 1500 = 8450 \text{ satuan biaya}
 \end{aligned}$$

### 3.3 Optimasi Menggunakan Metode Hungarian

Untuk mengoptimalkan distribusi, metode Hungarian diterapkan pada kondisi penugasan efisien antara sumber dan wilayah, terutama jika ada keterbatasan pada jenis kendaraan atau jalur distribusi tertentu (misalnya kendaraan hanya dapat mengirim ke satu wilayah). Setelah dilakukan

normalisasi dan pengurangan matriks baris dan kolom, dilakukan langkah penugasan optimal.

Hasil akhir optimasi menunjukkan pengalihan alokasi distribusi dengan mempertimbangkan jalur termurah secara menyeluruh, sebagai berikut:

$$C = [6 \ 4 \ 8 \ 10 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 7 \ 4 \ 5 \ ]$$

Jumlah barisan  $\neq$  jumlah kolom maka buat persegi  $4 \times 4$  dengan menambahkan baris dummy (*Reservoir D*) dengan biaya 0 :

$$C' = [6 \ 4 \ 8 \ 10 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 0 \ 7 \ 0 \ 4 \ 0 \ 5 \ 0 \ ]$$

1. Menentukan nilai minimum dari setiap baris dan Kurangkan tiap entri dengan nilai minimum dari baris yang sudah ditentukan

$$6 \ 4 \ 8 \ 10 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 0 \ 7 \ 0 \ 4 \ 5 \ 0 \ 0 \ 4 \ 5 \ 4 \ 0 \quad 2 \ 0 \ 4 \ 6 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 5 \ 0 \ 3 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$$

2. Menentukan nilai minimum dari setiap kolom dan kurangkan tiap entri dengan nilai minimum dari kolom yang sudah ditentukan

$$2 \ 0 \ 4 \ 6 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 5 \ 0 \ 3 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$$

3. Scan baris dan kolom

$$2 \ 0 \ 4 \ 6 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 5 \ 0 \ 3 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$$

Total Biaya Minimum =  $4 + 5 + 4 + 0 = 13$  satuan biaya

Meskipun total biaya akhir sedikit lebih tinggi, model ini memberikan distribusi yang lebih seimbang, menghindari kelebihan beban pada satu reservoir, dan memastikan penugasan yang adil dan realistis sesuai batas kemampuan jalur distribusi nyata.

### **Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi metode North West Corner dan Hungarian dapat memberikan solusi distribusi yang efisien dan fleksibel dalam konteks nyata. Metode North West Corner terbukti cepat dan sederhana untuk menentukan solusi awal distribusi air, namun kelemahannya terletak pada ketidakmampuannya mempertimbangkan faktor biaya, sehingga kurang efisien secara ekonomi. Di sisi lain, metode Hungarian, meskipun lebih kompleks, mampu menghasilkan distribusi yang mempertimbangkan biaya minimum secara menyeluruh serta menghindari penugasan yang tidak rasional. Dalam konteks Kota Kupang, di mana jaringan distribusi air bersih masih dalam tahap pengembangan, kombinasi kedua metode ini sangat relevan untuk merancang sistem distribusi yang tangguh, efisien, dan adaptif terhadap berbagai keterbatasan teknis di lapangan.

Perbandingan menunjukkan bahwa metode Hungarian menghasilkan penghematan biaya yang sangat signifikan, yaitu dari 8.450 satuan biaya menjadi hanya 13 satuan biaya. Ini menunjukkan bahwa tanpa optimasi, perusahaan dapat mengalami pemborosan sumber daya dalam distribusi air yang cukup besar. Oleh karena itu, penggunaan metode Hungarian dalam perencanaan distribusi air sangat disarankan, khususnya dalam konteks pengelolaan air bersih di daerah dengan pasokan terbatas dan permintaan yang tinggi seperti di Kota Kupang.

## Simpulan dan Saran

### Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi metode North West Corner dan Hungarian dapat digunakan secara efektif untuk mengembangkan model optimasi distribusi air bersih di Kota Kupang. Metode North West Corner memberikan solusi awal yang cepat untuk alokasi distribusi, sedangkan metode Hungarian memungkinkan pencapaian distribusi yang lebih efisien dengan meminimalkan total biaya operasional. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model ini mampu menghasilkan alokasi distribusi yang seimbang antar reservoir dan wilayah permintaan, serta lebih hemat biaya dibanding metode tradisional. Dengan demikian, model yang dikembangkan berpotensi menjadi alat bantu pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan distribusi air bersih di daerah perkotaan seperti Kota Kupang.

### Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa hal dapat dijadikan masukan bagi peneliti berikutnya. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas model optimasi dengan mempertimbangkan variabel tambahan seperti kondisi topografi wilayah, tingkat kebocoran jaringan pipa, serta fluktuasi kebutuhan air berdasarkan musim atau waktu tertentu. Selain itu, penggunaan data lapangan secara real-time dan pemanfaatan perangkat analisis berbasis teknologi seperti Geographic Information System (GIS) maupun kecerdasan buatan dapat membantu menghasilkan model distribusi yang lebih akurat dan aplikatif.

Penelitian lanjutan juga dapat menguji penerapan metode optimasi lain, baik sebagai pembanding maupun sebagai kombinasi, seperti Vogel Approximation Method, Linear Programming, atau algoritma heuristik untuk memperoleh pendekatan yang lebih efisien. Di samping itu, pengujian model pada wilayah dengan kondisi geografis dan struktur penduduk yang berbeda akan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai efektivitas metode optimasi yang digunakan. Secara implikatif, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan kebijakan pengelolaan distribusi air bersih yang lebih efisien dan berbasis data pada instansi terkait, seperti PDAM dan pemerintah daerah, guna

meningkatkan pemerataan layanan air bersih di wilayah perkotaan maupun daerah berkembang lainnya.

### Daftar Pustaka

- Cahya1), E. N. (2022). Penerapan Metode Hungarian Dan Aplikasi Qm Untuk. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 20-32.
- Daniel Bienfield Manahan Siahaan1, J. I. (2025). OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI TAHU DAN TEMPE MENGGUNAKAN METODE. *Jurnal Humaniora, Sosial dan Bisnis*, 1518-1523.
- Dewi, L., & Saputra, H. (2021). Analisis kinerja sistem distribusi air bersih untuk daerah perkotaan berbasis optimasi. *Jurnal Infrastruktur Kota*, 7(2), 90-98.
- Firmansyah, A., & Rahmawati, S. (2022). Penerapan model transportasi untuk optimasi biaya logistik. *Jurnal Sistem & Teknologi Transportasi*, 5(3), 88-99.
- Han, Q., & Wang, L. (2023). Optimization of water distribution network using hybrid linear models. *Journal of Water Supply and Engineering*, 45(3), 289-301.
- Hasibuan, A., & Pratama, D. (2021). Model pendistribusian air bersih berbasis operasi riset. *Jurnal Sumber Daya Air Indonesia*, 3(2), 77-86.
- Hendra, R., & Suwandi, N. (2020). Analisis jaringan distribusi air bersih kota menggunakan pemrograman linear. *Jurnal Teknik Hidrologi*, 5(2), 66-74.
- Hermawan, B., & Yusuf, M. (2022). Perbandingan algoritma transportasi NWC dan VAM dalam optimasi distribusi. *Jurnal Sains Komputasi*, 4(1), 55-62.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research* (11th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Ibrahim, M. (2023). Evaluasi kinerja PDAM dalam penyediaan air bersih wilayah timur Indonesia. *Jurnal Infrastruktur Berkelanjutan*, 3(1), 21-30.
- Indah Purnama Sari1\*, R. P. (2021). Optimalisasi Pendistribusian Susu Nasional dengan Menggunakan. 2167 - 2179.
- Irvana Arofah1, a. (2021). Optimasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model. *JMT (Jurnal Matematika dan Terapan)*, 1-9.
- Kartini, D. (2019). Optimasi Distribusi Air Bersih Menggunakan Metode Transportasi. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 8(1), 23-32.
- Kurniati, E., & Prasetyo, D. (2024). Hybrid optimization model for water distribution networks in Indonesia. *Journal of Environmental Engineering and Water Resources*, 14(1), 25-36.
- Li, J., Chen, W., & Zhao, Y. (2023). Water distribution optimization using assignment and transportation models: A case study. *Water Resources Management Journal*, 37(4), 512-528.
- Mardani, F., & Utami, P. (2020). Manajemen jaringan air bersih berbasis sistem matematis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(1), 33-41.
- Mulyani, N., & Gunawan, R. (2022). Evaluasi sistem distribusi air bersih menggunakan riset operasi. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 4(1), 55-64.
- Nugroho, D., & Hartati, A. (2021). Model pengalokasian sumber daya dengan metode Hungarian. *Jurnal Matematika Terapan*, 11(3), 118-126.
- Nurul Muannisah 1, L. F. (2025). Optimalisasi Biaya Distribusi pada TB Nur Barokah yang. *Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 2651-2658.

- Pramudita, Y., & Taufik, A. (2023). Optimasi penyaluran air bersih menggunakan algoritma Hungarian. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 8(2), 123-130.
- Rahman, A., & Zulkarnaen, T. (2020). Studi kapasitas suplai PDAM kota berkembang Indonesia. *Jurnal Infrastruktur Air*, 6(1), 45-53.
- Rahmawati1, \*. A. (2024). OPTIMALISASI PENUGASAN KERJA PADA DISTRIBUSI ROTI. *Jurnal Nasional Hasil Penelitian Bidang Multidisiplin*, 39-55.
- Santoso, B. (2021). Penyelesaian masalah transportasi dengan metode NWC dan Least Cost. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(4), 230-238.
- Setiawan, I., & Astuti, R. (2022). Penerapan metode Hungarian pada distribusi logistik air. *Jurnal Optimasi Sistem*, 7(2), 75-82.
- Supriadi, A., & Ramadhan, S. (2021). Analisis optimasi PDAM terhadap layanan air bersih. *Jurnal Teknik Air Bersih*, 3(2), 90-99.
- Susanto, H., & Widodo, E. (2023). Transportation cost minimization model based on NWC method. *Indonesian Operational Research Review*, 2(1), 55-63.
- Suharto, T. (2021). Penerapan Metode Hungarian dalam Penugasan Efisien Sumber Daya Distribusi. *Jurnal Teknik Industri dan Sistem Informasi*, 6(2), 45-53.
- So, I. G., Sarjono, H., & Herman, R. T. (2013). PENERAPAN METODE HUNGARIAN PADA PERUSAHAAN JASA (KASUS MINIMUM). 812-820.
- Tan, K., & Lee, H. (2024). Network flow and assignment optimization for urban water supply. *International Journal of Civil Water Engineering*, 28(2), 102-117.
- Yekti Asmoro Kanthi1, B. K. (2020). IMPLEMENTASI METODE NORTH WEST CORNER DAN STEPPING STONE. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 845-852.
- Yustika Kusumawardani1), W. A. (2018). EVALUASI PENGELOLAAN SISTEM PENYEDIAAN. *Jurnal Neo Teknika*, 1-10.