

## Usulan Perbaikan Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan Metode Branch And Bound Dan Nearest Neighbour Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi

Nidya Wisudawati<sup>1</sup>, Ananda Valentine<sup>2</sup>, Rurry Patradhiani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang  
Jl. Jendral Ahmad Yani, Palembang, 30263

Email: [nidyawisudawati@gmail.com](mailto:nidyawisudawati@gmail.com), [anandavalentine5@gmail.com](mailto:anandavalentine5@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memilih rute optimal pengangkutan sampah pada UKM Kelompok Usaha Bersama Peduli Sampah Kecamatan Tanah Abang sehingga dapat meminimalkan biaya transportasi. Metode *Branch and Bound* dan *Nearest Neighbour* dipilih dalam menyelesaikan masalah pada penelitian ini. Metode *Branch and Bound* adalah metode pencarian di dalam ruang solusi secara sistematis. Sedangkan metode *Nearest Neighbour* adalah sebuah teknik menyelesaikan permasalahan rute dengan menentukan titik terdekat dengan jarak terpendek. Hasil perhitungan untuk rute awal pengangkutan sampah didapatkan jarak tempuh per tahun sebesar 5.356,8 Km, waktu tempuh per tahun sebesar 12.480 Menit dan biaya transportasi per tahun sebesar Rp11.584.793,6. Dari hasil penelitian menggunakan metode *Branch and Bound* didapat jarak tempuh per tahun sebesar 4.454,4 Km, waktu tempuh per tahun sebesar 10.560 Menit dan biaya transportasi per tahun sebesar Rp9.641.548,8. Dengan metode *Nearest Neighbour* didapat jarak tempuh per tahun sebesar 4.454,4 Km, waktu tempuh per tahun sebesar 10.368 Menit dan biaya transportasi per tahun sebesar Rp9.641.548,8. Perbandingan antara kedua metode tersebut menghasilkan jarak tempuh dan biaya transportasi yang sama, tetapi terdapat perbedaan pada waktu tempuh. Metode *Nearest Neighbour* memiliki waktu tempuh yang lebih cepat sehingga metode ini terpilih untuk mencapai tujuan penelitian.

**Kata kunci:** Branch and bound, nearest neighbour, optimasi, rute, transportasi, vehicle routing problem

### ABSTRACT

*This study aims to choose the optimal route for transporting waste in the UKM Tanah Abang Subdistrict Waste Management Joint Business Group so as to minimize transportation costs. The Branch and Bound and Nearest Neighbor methods were chosen to solve the problems in this study. The Branch and Bound method is a systematic search method in the solution space. While the Nearest Neighbor method is a technique for solving route problems by determining the closest point with the shortest distance. The results of the calculation for the initial route of waste transportation are 5.356,8 km per year, 12.480 minutes per year travel time and annual transportation costs of IDR 11.584.793,6. From the results of research using the Branch and Bound method, the annual distance is 4.454,4 Km, the annual travel time is 10.560 minutes and the transportation cost per year is IDR 9.641.548,8. Using the Nearest Neighbor method, the annual distance is 4.454,4 km, the annual travel time is 10.368 minutes and the annual transportation cost is IDR 9.641.548,8. The comparison between the two methods results in the same mileage and transportation costs, but there are differences in travel time. The Nearest Neighbor method has a faster travel time so this method was chosen to achieve research objectives.*

**Keywords:** Branch and bound, nearest neighbour, optimization, route, transportation, vehicle routing problem

### Pendahuluan

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) timbunan sampah di Indonesia pada akhir tahun 2020 mengalami pelonjakan yaitu sebesar 67,8 juta ton dan akan terus bertambah seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan pembatasan sosial [1]. Sampah merupakan masalah nasional, sehingga penanganannya harus komprehensif dan inklusif dari hulu ke hilir sehingga membawa manfaat ekonomi, sehat bagi masyarakat dan lingkungan, serta mengubah perilaku masyarakat. Hal ini tertuang dalam UU Pengelolaan Sampah Tahun 2008 No. 18.

Sampah merupakan permasalahan yang umum dan serius, seperti halnya di Kecamatan Tanah Abang, Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir (PALI), Provinsi Sumatera Selatan. UKM Kelompok Usaha Bersama (KUB) Peduli Sampah bertanggung jawab mengangkut sampah dari rumah tangga warga ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Kendaraan roda empat berupa truk yang disediakan Pemkab Penukal Abab Lematang Ilir (PALI) digunakan untuk mengangkut sampah dari rumah warga ke TPA. Permasalahan yang dihadapi UKM saat mengangkut sampah dari Kelompok Usaha Bersama (KUB)

Peduli Sampah di Tanah Abang adalah pengambilan sampah yang rutenya belum optimal. Salah satu cara untuk mengoptimalkan rute kendaraan yang juga berdampak pada minimasi biaya pengangkutan sampah adalah dengan menggunakan rute kendaraan yang optimal, yang disebut dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP) [2]. Solusi dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah rute terpendek (optimal), sehingga dapat menghemat jarak tempuh kendaraan, biaya transportasi dan juga termasuk biaya bahan bakar serta waktu [3]. Tujuan dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah menentukan rute optimal yang akan dilewati oleh kendaraan yaitu rute dengan jarak minimum untuk melakukan pengambilan sampah dari konsumen ke tempat pembuangan akhir/ pengolahan sampah [4] [5]. Metode *Branch and Bound* dan *Nearest Neighbour* ini digunakan dengan harapan dapat menentukan dan mendapatkan rute pengangkutan sampah yang paling optimal khususnya di KUB Peduli Sampah Tanah Abang [6][7][8]. *Branch and Bound* dan *Nearest neighbour* dipilih karena metode ini merupakan metode untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dengan kualitas waktu penyelesaian relatif sederhana dan cepat sehingga mampu menghasilkan solusi seperti yang diharapkan [9][10].

Metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959 [11]. Metode ini digunakan untuk mendapatkan jarak terpendek pada saat pendistribusian barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya [12]. Distribusi barang itu sendiri merupakan bagian dari konsep manajemen rantai pasok (*supply chain management*) [13] [14]. Suatu rute yg optimal merupakan rute yg memenuhi aneka macam hambatan operasional, yaitu mempunyai total jeda & ketika bepergian yg ditempuh terpendek pada memenuhi permintaan customer dan memakai tanggungan pada jumlah yg terbatas [15]. Menurut Toth dan Vigo [2], terdapat beberapa karakteristik dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang perlu diperhatikan, yang pertama yaitu komponen- komponen yang berkaitan dalam *Vehicle Routing Problem* seperti pelanggan (rumah warga), depot (tempat pengolahan sampah), pengemudi dan rute kendaraan. Ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu *Sequential Insertion*, *Local Search*, Algoritma Semut, *Saving matrix*, Hybrid Genetika Algoritma, *Branch and Bound* dan *Nearest Neighbour* [16].

*Branch and Bound* pertama kali dikemukakan oleh A. H. Land dan A. G. Doig pada tahun 1960 [17]. Menurut Fajar [18], Algoritma *Branch and Bound* adalah metode pencarian sistematis dalam ruang solusi. Ruang solusi diatur ke dalam pohon ruang keadaan. Metode *Branch and Bound* menggunakan diagram pohon untuk komputasinya. Pohon ruang status dibangun menggunakan skema *Breadth First Search* (BFS). Untuk mempercepat menemukan node solusi, setiap node diberi nilai biaya. Node berikutnya yang akan dikembangkan adalah node dengan biaya terendah di antara node hidup lainnya. Sementara node lainnya tidak aktif. Algoritma *Branch and Bound* adalah algoritma yang membagi masalah menjadi submasalah yang lebih kecil menuju solusi dengan cara mencabang dan menutupi untuk mendapatkan solusi optimal [19].

Metode *Nearest Neighbour* adalah bagian dari metode heuristic yang sering digunakan dalam pemecahan VRP [20] [21]. Metode heuristic merupakan metode penentuan rute optimal untuk persoalan kombinatorial [22]. Berbeda dengan solusi eksak yang menentukan nilai solusi tercepat, metode ini mencari solusi permasalahan dengan mendapatkan nilai yang paling optimal dari suatu bagian tertentu dari masalah utama. Langkah menyelesaikan masalah dengan *Nearest Neighbour* menurut Wulandari [8] adalah dengan membuat peta aliran yang menggambarkan letak antar daerah, melihat daerah dengan jarak terpendek dilanjut dengan jarak yang paling minimum lalu melakukan perhitungan nilai optimal dengan menjumlah jarak dari awal sampai akhir perjalanan.

## Metode Penelitian

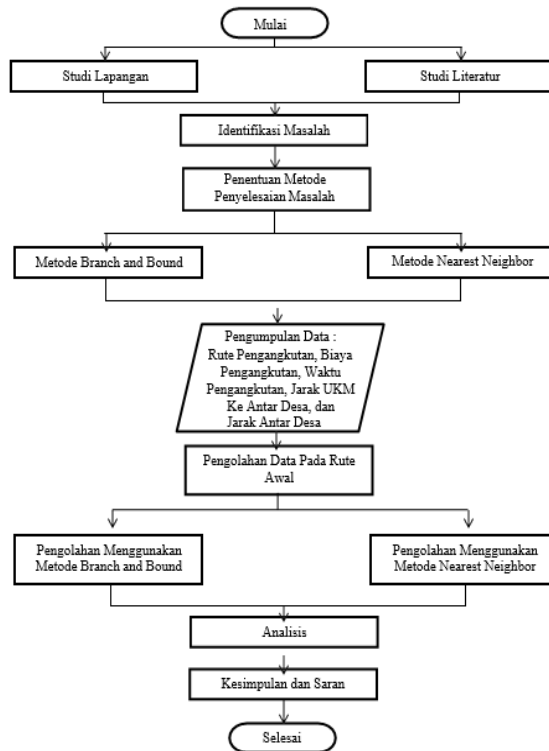
Pada permasalahan ini metode *Branch and Bound* dan *Nearest Neighbour* dipilih untuk menyelesaikan masalah. Penentuan metode ini dimaksudkan untuk penggunaan cara atau metode dalam pemecahan masalah ini. Metode ini dipilih karena sesuai dengan permasalahan yang ada yaitu penentuan rute dengan waktu tempuh terpendek untuk meminimasi biaya transportasi.

Langkah langkah untuk menjalankan algoritma *Branch and Bound* sebagai berikut [23]:

1. Masukkan simpul akar ke dalam antrian Q. Jika simpul akar adalah simpul solusi (*goal node*), maka solusi telah ditemukan. Stop.
2. Jika Q kosong, tidak ada solusi. Stop.
3. (i). Jika Q tidak kosong, pilih dari antrian Q simpul i yang mempunyai  $c(i)$  paling kecil. (ii). Jika terdapat beberapa simpul i yang memenuhi, pilih salah satu simpul sembarang.
4. (i). Jika simpul i adalah simpul solusi, maka solusi ditemukan, stop. (ii).
5. Untuk setiap anak j dari i, hitung  $c(i)$  dan masukkan semua anak-anak tersebut ke dalam Q.
6. Kembali kedalam Q

Langkah-langkah pengolahan data metode *Nearest Neighbour* yaitu sebagai berikut [24][25]:

1. Buat peta aliran yang menggambarkan letak-letak daerah yang terdapat bahaya antar daerah.
2. Proses pengerjaan dengan melihat daerah dengan jarak terpendek. Setiap mencapai satu daerah algoritma ini akan memilih daerah selanjutnya yang belum dikunjungi dan memiliki jarak yang paling minimum.
3. Perhitungan nilai optimal dengan menjumlah jarak dari awal sampai akhir perjalanan.



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

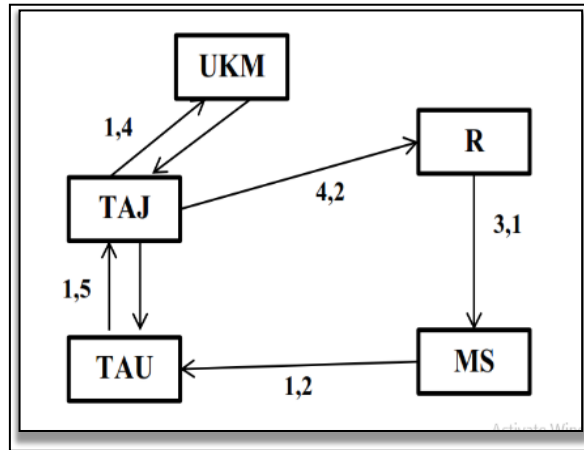
### Hasil Dan Pembahasan

Dalam melakukan kegiatan pengangkutan sampah, UKM Kelompok Usaha Bersama Peduli Sampah menggunakan kendaraan beroda empat berupa truk yang berjumlah 1 buah. Sampah-sampah diangkut dari desa-desa di Kecamatan Tanah Abangan diangkut ke tempat pengolahan sampah. Lokasi pengangkutan dialokasikan untuk 8 desa yang dapat dilihat dari tabel 1.

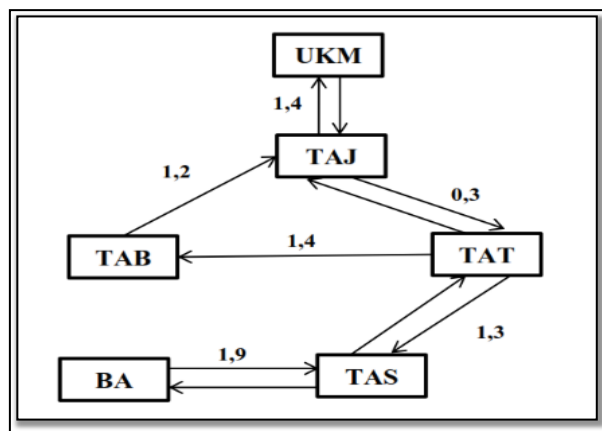
Tabel 1. Lokasi pengangkutan

No.	Lokasi Desa	Kode
1.	Tanah abang jaya	TAJ
2.	Tanah abang barat	TAB
3.	Tanah abang timur	TAT
4.	Tanah abang selatan	TAS
5.	Tanah abang utara	TAU
6.	Bumi ayu	BA
7.	Muara sungai	MS
8.	Raja	R

Dalam satu minggu dilakukan 4 kali pengangkutan sampah yaitu pada hari senin, rabu, jumat, dan minggu. Terdapat 2 rute pada tiap jadwal pengangkutan. Rute 1: UKM-TAJ-TAT-TAS-BA- TAS-TAT-TAB-TAJ-UKM. Rute 2: UKM-TAJ-TAU-TAJ-R-MS-TAU-TAJ-UKM. Berikut gambar rute awal beserta jarak tempuhnya (Km).



Gambar 2. Rute awal 1



Gambar 3. Rute awal 2

Waktu tempuh antar desa dapat dilihat dari tabel 2.

Tabel 2. Waktu tempuh (menit)

Dari	Ke	UKM	TAJ	TAB	TAT	TAU	TAS	BA	MS	R
UKM			3	6	4	7	7	11	10	12
TAJ		3		2	1	4	5	10	7	10
TAB		6	2		3	6	6	8	9	11
TAT		4	1	3		3	3	7	6	10
TAU		7	4	6	3		4	7	3	13
TAS		7	5	6	3	4		5	5	13
BA		11	10	8	7	7	5		9	17
MS		10	7	9	6	3	5	9		6
R		12	10	11	10	13	13	17	6	

Dengan rute yang sudah ada maka total jarak tempuh dan waktu tempuh dapat dihitung dengan menjumlahkan dari urutan rute tersebut. Untuk konsumsi bahan bakar yang digunakan adalah 3 Km per liter untuk kendaraan truk sehingga per kilometer dibutuhkan 0,333 liter bahan bakar. Rekapitulasi total jarak tempuh, waktu dan biaya kebutuhan bahan bakar dapat dilihat dari tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi jarak, waktu dan biaya transportasi

No.	Periode	Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Biaya (Rp)
1.	Per-hari	27,9	65	60.389,55
2.	Per-minggu	111,6	260	241.558,2
3.	Per-bulan	446,4	1.040	966.232,8
4.	Per-tahun	5.356,8	12.480	11.594.793

Usulan perbaikan rute pengangkutan sampah menggunakan *Branch and Bound* dengan *software* Winqsb dapat dilihat dari gambar 4 dan 5.

04-30-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node6	2.5	4	Node4	Node3	1.3
2	Node6	Node5	3.1	5	Node3	Node2	0.3
3	Node5	Node4	1.9	6	Node2	Node1	1.4
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	10.50
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

Gambar 4. Rute 1 *branch and bound*

04-30-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	1.4	4	Node4	Node5	3.1
2	Node2	Node3	1.5	5	Node5	Node1	5.5
3	Node3	Node4	1.2				
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	12.70
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Gambar 5. Rute 2 *branch and bound*

Usulan perbaikan rute pengangkutan sampah menggunakan *Nearest Neighbour* dengan *software* Winqsb dapat dilihat dari gambar 6 dan 7.

04-30-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	1.4	4	Node4	Node5	1.9
2	Node2	Node3	0.3	5	Node5	Node6	3.1
3	Node3	Node4	1.3	6	Node6	Node1	2.5
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	10.50
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Gambar 6. Rute 1 *nearest neighbour*

04-30-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	1.4	4	Node4	Node3	1.2
2	Node2	Node5	4.2	5	Node3	Node1	2.8
3	Node5	Node4	3.1				
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	12.70
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

Gambar 7. Rute 2 *nearest neighbour*

Dari dua upaya optimalisasi menggunakan metode *branch and bound* dan *nearest neighbour* dalam upaya meminimasi biaya transportasi pengangkutan sampah di Kecamatan Tanah Abang, PALI maka didapatkan perbandingan jarak dan waktu tempuh sebagai berikut.

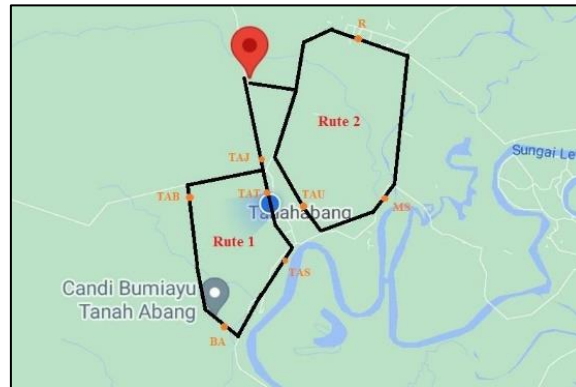
Tabel 4. Perbandingan jarak tempuh rute

Periode	Perhitungan rute (Km)			Penghematan Jarak (Km)	
	Rute awal	Branch and bound	Nearest neighbour	Rute awal – Branch and bound	Rute awal – nearest neighbour
Perhari	27,9	23,2	23,2	4,7	4,7
Perminggu	111,6	92,8	92,8	18,8	18,8
Perbulan	446,4	371,2	371,2	75,2	75,2
Pertahun	5356,8	4454,4	4454,4	902,4	902,4

**Tabel 5.** Perbandingan waktu tempuh rute

Periode	Perhitungan rute (Km)			Penghematan (Km)	Jarak
	Rute awal	Branch and bound	Nearest neighbour	Rute awal – Branch and bound	Rute awal – nearest neighbour
<b>Perhari</b>	65	55	54	10	11
<b>Perminggu</b>	260	220	216	40	44
<b>Perbulan</b>	1040	880	864	160	176
<b>pertahun</b>	12480	10560	10368	1920	2112

Dari hasil pengolahan data rute awal diperoleh jarak tempuh per tahun sebesar 5.356,8 Km, waktu tempuh sebesar 12.480 Menit dan biaya transportasi per tahun sebesar Rp11.594.793,6. Sedangkan rute menggunakan *Branch and Bound* diperoleh hasil jarak tempuh per tahun sebesar 4.454,4 Km, waktu tempuh per tahun sebesar 10.560 Menit, biaya transportasi per tahun sebesar Rp9.641.548,8. Sedangkan rute menggunakan *Nearest Neighbour* diperoleh jarak tempuh sebesar 4.454,4 Km, waktu tempuh per tahun sebesar 10.368 Menit dan biaya transportasi per tahun sebesar Rp9.641.548,8. Maka didapat usulan perbaikan yang paling optimal yaitu menggunakan metode *Nearest Neighbour* dengan persentase penghematan waktu tempuh per tahun sebesar 16,92%, penghematan jarak per tahun sebesar 16,84% dan penghematan biaya transportasi per tahun sebesar Rp1.953.244,8.



**Gambar 7.** Lintasan rute terpilih

### Simpulan

Metode terpilih yaitu *Nearest Neighbour* yang memiliki waktu tempuh lebih cepat dibandingkan metode *Branch and Bound* dengan penghematan biaya transportasi per tahun sebesar Rp1.953.244,8. Jarak tempuh per minggu sebesar 92,8 Km, per bulan sebesar 371,2 Km dan per tahun sebesar 4.454,4 Km. Waktu tempuh per minggu sebesar 216 Menit, per bulan sebesar 864 Menit dan per tahun sebesar 10.368 Menit. Biaya transportasi per minggu sebesar Rp200.865,6, per bulan sebesar Rp803.462,4, dan per tahun sebesar Rp9.641.548,8.

### Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup, “Kementerian Lingkungan Hidup,” 2020. ppkl.menlhk.go.id (accessed May 20, 2021).
- [2] Toth and Vigo, *Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Application., 2002.
- [3] I. Indrawati, N. Eliyati, and A. Lukowi, “Penentuan Rute Optimal pada Pengangkutan Sampah di Kota Palembang dengan Menggunakan Metode Saving Matrix,” *J. Penelit. Sains*, vol. 18, no. 3, p. 168493, 2016.
- [4] W. L. Winston, *Operations research: Applications and algorithms*, Fourth Edi. California: Wads-worth Publishing, 2004.
- [5] E. Armandi, A. Purwani, and U. Linarti, “Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kota Yogyakarta Menggunakan Hybrid Genetic Algorithm,” 2013, doi: 10.23917/jiti.v18i2.8744.
- [6] A. Riyanto and F. Herni Mustofa, “Usulan Perbaikan Rute Pengiriman Dengan Menggunakan Metode

- Nearest Neighbour Dan Branch And Bound Di Home Industry Donat Enak Bandung,” vol. 02, no. 02, 2014.
- [7] D. Moriza, H. Adiyanto, and Y. Nurdiansyah, “Rute Pendistribusian Air Mineral Dalam Kemasan Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Branch and Bound Di PT Agronesia BMC,” *Reka Integr. Itenas*, vol. 4, no. 2, pp. 195–205, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/1101>
- [8] D. P. T. X and C. B. K. Wulandari, “Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Nearest Neighbors dan Metode Branch,” vol. 02, no. 01, pp. 7–12, 2020.
- [9] F. Triyanto, H. Adianto, and S. Susanty, “Usulan Rancangan Rute Distribusi Gas LPG 3 Kg Menggunakan Metode Heuristik dan Metode Branch and Bound,” *J. Online Insitut Teknol. Nas.*, vol. 03, no. 03, pp. 194–205, 2015.
- [10] M. Amri, A. Rahman, and R. Yuniarti, “Penyelesaian Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour ( Studi Kasus : MTP Nganjuk Distributor PT . Coca Cola ),” *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 36–45, 2014.
- [11] G. Dantzig and J. Ramser, *The Truck Dispatching Problem*. Management Science, 1959.
- [12] P. G. Pakusadewa, C. Dewi, and R. C. Wihandika, “Penerapan Hibridisasi Algoritme Genetika dan Simulated Annealing untuk Optimasi Vehicle Routing Problem pada Kasus Pengangkutan Sampah Kota Denpasar Putu,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 9, pp. 3215–3223, 2018.
- [13] T. Chandra, “Penerapan Algoritma North West Corner Dalam Penyelesaian Masalah Transportasi,” *J. TIMES*, vol. 5, no. 1, pp. 12–16, 2016, [Online]. Available: <http://stmik-time.ac.id/ejournal/index.php/jurnalTIMES/article/view/393/106>
- [14] M. Tamannaei and M. R. Barzoki, “Mathematical Programming and Solution approaches for Minimizing Tardiness and Transportation Costs in The Supply Chain Scheduling Problem,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 127, pp. 643–656, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.003>.
- [15] R. Yuniarti and M. Astuti, “Penerapan Metode Saving Matrix dalam Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Premium di SPBU Kota Malang,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 17–26, 2013.
- [16] B. Santosa and P. Willy, *Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi*. Surabaya: Guna Widya, 2011.
- [17] Suyanto, *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [18] I. Fajar, G. Siregar, and D. Tarwidi, “Algoritma Mencari Lintasan Terpendek,” Bandung, 2005.
- [19] M. Mataija and M. R. Segic, “Solving The Travelling Salesman Problem Using The Branch And Bound Method,” *J. Polytech. Rijeka*, vol. 4, no. 1, pp. 259–270, 2016.
- [20] S. Martono and H. L. H. S. Warnars, “Penentuan Rute Pengiriman Barang Dengan Metode Nearest Neighbor,” *Petir*, vol. 13, no. 1, pp. 44–57, 2020, doi: [10.33322/petir.v13i1.869](https://doi.org/10.33322/petir.v13i1.869).
- [21] A. Suyudi, A. Imran, and S. Susanty, “Usulan Rancangan Rute Pendistribusian Air Galon Hanaang Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour Dan Local Search \*,” *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 03, no. 04, pp. 264–272, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/924>
- [22] O. Braysy and M. Gendreau, “Vehicle Routing Problem With Time Windows,” *Transp. Sci.*, vol. 39, no. 1, pp. 104–118, 2005.
- [23] E. Balas and P. Toth, *Branch and Bound Methods for the Travelling Salesman Problem*. University of Pittsburgh PA Manajement Sciences Research, 1983.
- [24] S. Laaksonen, “Regression-based nearest neighbour hot decking,” *Comput. Stat.*, vol. 15, pp. 65–71, 2000.
- [25] J. L. Vermeulen, A. Hillebrand, and R. Geraerts, “A comparative study of k-nearest neighbour techniques in crowd simulation,” *Comput. Animat. Virtual Worlds*, vol. 28, no. 3–4, 2017.