

OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH DOMESTIK DI KABUPATEN BOJONEGORO

ISMY ANNISA A

Taruna Program Studi Sarjana
Terapan Transportasi Darat
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia – STTD
Jl. Raya Setu Km. 3,5 Cibitung,
Bekasi Jawa Barat 17520
email:
ismy200073@gmail.com

ASRIZAL

Dosen Program Studi Sarjana
Terapan Transportasi Darat
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia – STTD
Jl. Raya Setu Km. 3,5 Cibitung,
Bekasi Jawa Barat 17520

ELI JUMAELI

Dosen Program Studi Sarjana
Terapan Transportasi Darat
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia – STTD
Jl. Raya Setu Km. 3,5 Cibitung,
Bekasi Jawa Barat 17520

ABSTRACT

The process of transporting waste must be able to maximize the capacity of the vehicle appropriately so that it can be completed optimally. The amount of garbage that is transported every day in Bojonegoro Regency is 78.64% and as much as 21.36% has not been transported. The greater the amount of waste production, it must be balanced with adequate transportation facilities as well. This waste transportation using Dump Truck and Armroll Truck has not been achieved and is optimally distributed to the TPA. Problem solving using Vehicle Routing Problem with Clarke and Wright Method assisted by Visual Basic Editor application. The results of the calculation of the number of effective and efficient fleets are 13 units of Armroll Trucks, while for Dump Trucks there are 5 units of vehicles. The amount of growth in the waste pile is 2.21% for the next 5 years, namely in 2026 it will be 673.5 m³ in the waste pile.

Keywords: *Vehicle Routing Problem, Waste Transportation, Optimization of Waste Transportation*

ABSTRAK

Proses pengangkutan sampah harus dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan secara tepat sehingga dapat diselesaikan secara optimal. Jumlah sampah tiap hari di Kabupaten Bojonegoro yang terangkut sebesar 78,64% dan sebanyak 21,36% belum terangkut. Semakin besarnya jumlah produksi sampah, haruslah diimbangi dengan kendaraan pengangkut yang memadai juga. Pengangkutan sampah menggunakan Dump Truck dan Armroll Truck ini belum tercapai dan terdistribusikan ke TPA secara optimal. Pemecahan masalah menggunakan Vehicle Routing Problem dengan Metode Clarke and Wright dibantu aplikasi Visual Basic Editor. Hasil perhitungan jumlah armada efektif dan efisien 13 unit Armroll Truck sedangkan untuk Dump Truck sebanyak 5 unit kendaraan. Jumlah pertumbuhan timbunan sampah sebesar 2,21% untuk 5 tahun yang akan datang yakni tahun 2026 sebanyak 673,5 m³ timbunan sampah.

Kata Kunci : *Vehicle Routing Problem, Transportasi Sampah, Optimasi Pengangkutan Sampah*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem pengangkutan sampah yang bersasaran membawa sampah dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA) akan mempermudah proses tidak terjadinya penumpukan sampah. Pada sistem pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro dilakukan dengan 51 unit armada yang tersedia dengan rata-rata produksi sampah sekitar 535,916 ton perhari. Akan tetapi yang terangkut hanya sebesar 78,64% atau sebesar 421,444 ton perhari, sebanyak 21,36% belum terangkut. Proses pengangkutan sampah harus dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan secara tepat sehingga pengangkutan sampah dapat diselesaikan secara optimal dengan tujuan akhir meminimalkan penumpukan sampah yang akan memberi dampak langsung bagi kesehatan masyarakat dan keindahan kota. Minimasi jarak dan waktu tempuh merupakan solusi utama dari perencanaan rute pengangkutan sampah.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana sistem dan pola pergerakan pengangkutan sampah domestik di Kabupaten Bojonegoro mulai dari jumlah dan kondisi kendaraan pengangkutan sampah domestik, waktu operasi, tata cara pemuatan dan pengangkutan sampah domestik Kabupaten

- Bojonegoro dan bagaimana solusi pemecahannya ?
2. Bagaimana cara mengoptimalkan rute pengangkutan sampah diukur dari jarak tempuh dan volume sampah dengan memperhatikan kapasitas armada pengangkutan yang tersedia di Kabupaten Bojonegoro?
 3. Berapakah jumlah timbunan sampah di tahun 2026, dan adakah TPS dan TPA serta armada yang perlu ditambahkan di tahun 2026?

Ruang Lingkup

Ruang Lingkup Penelitian ini adalah :

1. Kondisi sampah domestik yang dimaksud adalah seluruh TPS dan TPA di Kabupaten Bojonegoro dan titik-titik sumber sampah.
2. Kendaraan yang digunakan adalah *dump truck* dan *armroll truck* kendaraan operasional untuk pengangkutan sampah domestik milik Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro.
3. Masalah manajemen pengangkutan yang diteliti menggunakan metode *Vehicle Routing Problem*.
4. Truk pengangkut hanya melalui jalan-jalan yang ditetapkan.

KAJIAN PUSTAKA

Sistem Pengangkutan Sampah

Sampah domestik adalah sampah rumah tangga yang dibuang dari pemukiman penduduk, pasar, dan pertokoan, serta perkantoran yang merupakan sumber utama pencemaran di perairan pantai (Menurut Tchobanoglous dalam Suhartono). Contohnya ialah pakaian lama atau buruk, botol, kaca, kertas, beg plastik, tin aluminium dan juga sisa makanan serta bahan-bahan buangan ini terdiri dari berbagai jenis termasuk sisa jualan, sisa pembungkusan dan sisa dari proses pengilangan.

Pengelolaan Sampah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga menerangkan rencana induk paling sedikit memuat :

1. Pembatasan timbunan sampah;
2. Pendaaur ulang sampah;
3. Pemanfaatan kembali sampah;
5. Pemilahan sampah;
6. Pengumpulan sampah;
7. Pengangkutan sampah;
8. Pemrosesan akhir sampah; dan
9. Pendanaan.

Tertulis pada PM PU RI Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga menerangkan terkait pengangkutan sampah dari TPS ke TPA atau TPST dilaksanakan dengan ketentuan:

1. Memaksimalkan kapasitas kendaraan angkut yang digunakan;
2. Rute pengangkutan sependek mungkin dan dengan hambatan sekecil mungkin;
3. Frekuensi pengangkutan dari TPS dan/atau TPS 3R ke TPA atau TPST dilakukan sesuai dengan jumlah sampah yang ada; dan
4. Ritasi dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas pengangkutan.

Analisis Peramalan Permintaan

$$Pt = Po \times (1 + i)^n$$

Keterangan:

- Pt = Jumlah variabel tahun rencana
- Po = Jumlah variabel tahun dasar
- I = Tingkat pertumbuhan
- n = Jumlah tahun

Waktu Ritasi dari Sumber ke TPS atau ke TPA

$$t_A = \frac{\text{Jarak (SG)}}{(V1+V0)/2} + t_{in} + t_{out} + t_w$$

Keterangan:

- t_A = Waktu angkut (jam)
- t_{in} = Waktu menaikkan dan mengosongkan kontainer (jam)
- t_{out} = Waktu menurunkan kontainer (jam)
- t_w = Waktu tunggu sampah terkumpul (jam)
- S = Jarak dari pool-TPS-TPA (Km)
- V1 = Kecepatan isi (Km/jam)
- V0 = Kecepatan kosong (Km/jam)

$$P = Vs / Vb$$

Keterangan :

- P = Jumlah pengambilan (rit)
- Vs = Volume sampah (m³)
- Vb = Kapasitas truk (m³/rit)

Waktu Operasi

$$t_o = P \times t_A$$

Keterangan :

- t_o = Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA per hari (jam)
- P = Jumlah pengambilan (rit)
- t_A = Waktu angkut (jam)

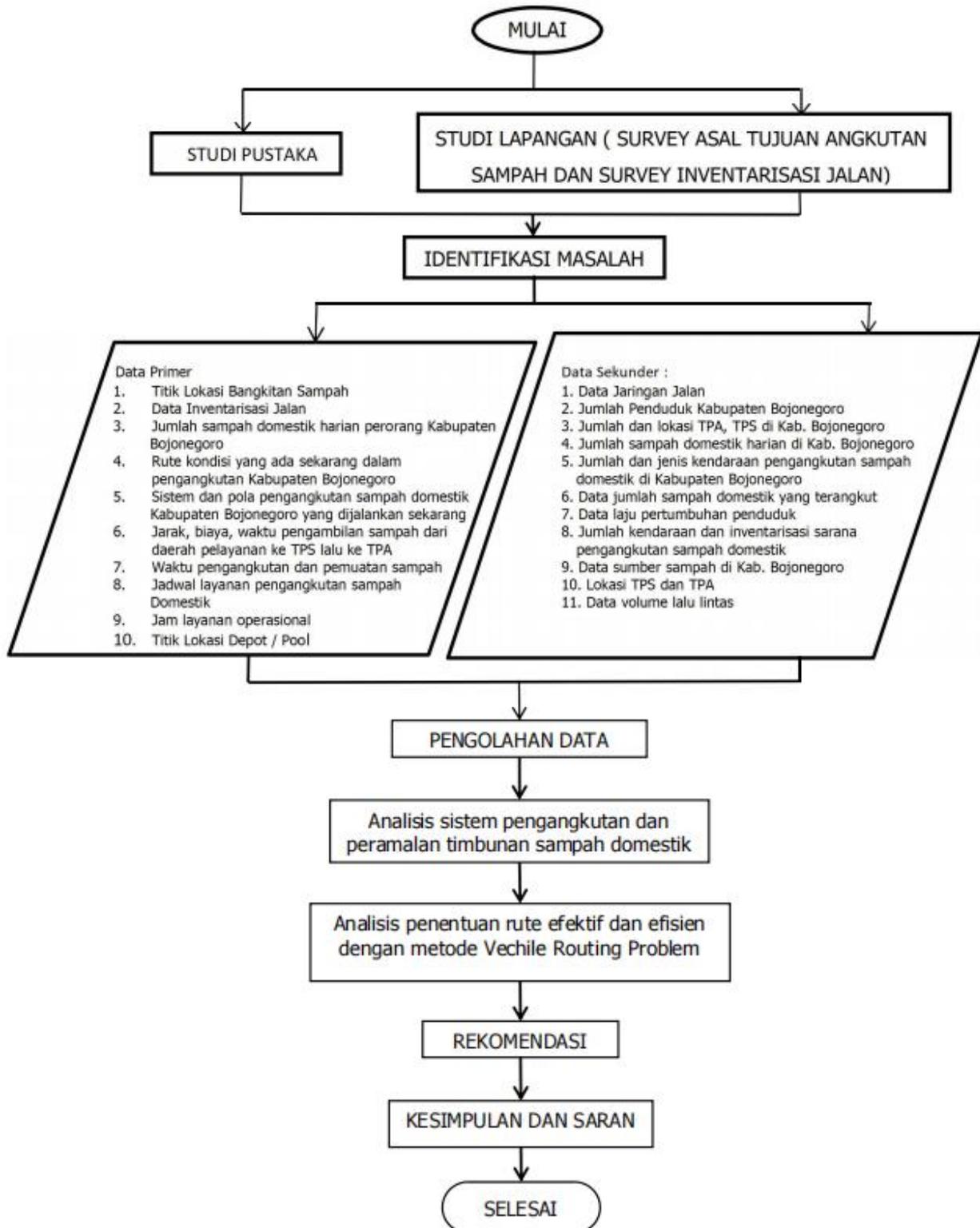
Jumlah Truk Sampah yang Diperlukan

$$nt = t_o / t_b$$

Keterangan :

- nt = Jumlah truk yang diperlukan (unit)
- t_o = Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA perhari (jam)
- t_b = Jumlah jam kerja per hari (jam) Stationary container system (SCS)

METODOLOGI PENELITIAN



ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Sistem Pengangkutan Sampah Domestik

Pengangkutan sampah untuk kendaraan sampah *dump truck* dan *arm roll truck* diangkut sebanyak 2 kali ritasi. Jumlah terangkut ritasi pertama sejumlah 238,56 m³ yang diangkut menuju ke TPA dan ritasi kedua sejumlah 165,29 m³. Menurut survei mengikuti kendaraan angkutan sampah yang telah dilakukan rata-rata pada ritasi pertama mulai berangkat menuju ke TPA mulai pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 10.00 WIB. Sedangkan ritasi kedua pukul 11.00 WIB – 15.00 WIB. Jumlah terangkut dan tidak terangkut sampah domestik Kabupaten Bojonegoro yang menggunakan *dump truck* dan *arm roll truck* terdapat pada tabel dibawah ini :

No	Jenis Kendaraan	Terangkut ke TPA (m ³)	Tidak Terangkut ke TPA (m ³)	Yang Seharusnya Terangkut (m ³)
1	Arm Roll Truck	312,45	13,37	325,82
2	Dump Truck	91,4	10,78	102,18
Jumlah		403,85	24,15	428
Persentase		94%	6%	100%

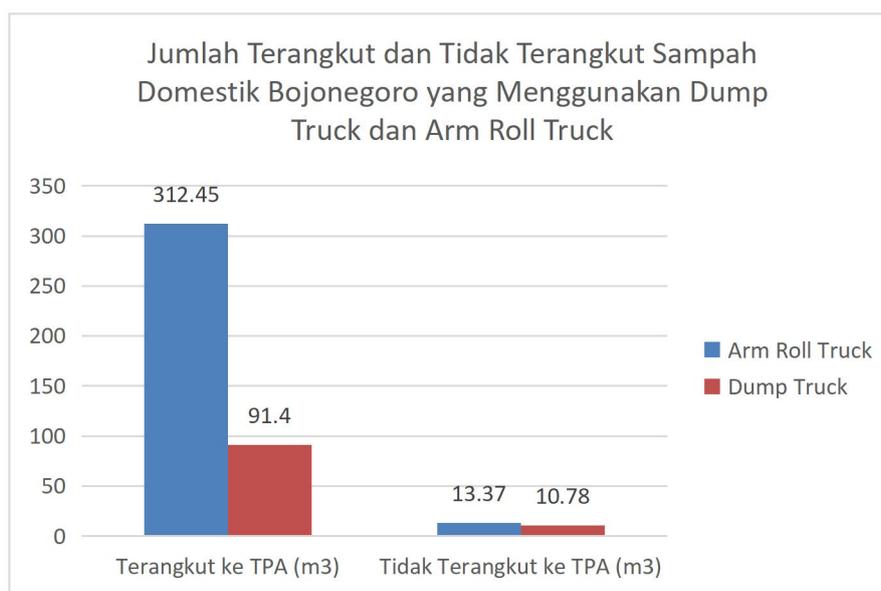


Diagram Batang Jumlah Terangkut dan Tidak Terangkut Sampah Domestik Bojonegoro yang Menggunakan *Dump Truck* dan *Arm Roll Truck*

Analisa Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kendaraan *Arm Roll Truck* Menggunakan Metode VRP

$$\begin{aligned}
 PSCS &= V_s / V_b \\
 &= 325,82 / 10 \\
 &= 33 \text{ ritasi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 nt &= t_o / t_b \\
 &= 125,78 / 8 \\
 &= 16 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{to total} &= \text{to1} + \text{to2} \\
&= 54,13 + 53,57 \\
&= 107,7
\end{aligned}$$

Sehingga didapat jumlah kendaraan yaitu 107,7 dibagi dengan 8 jam untuk waktu harian kerja hasilnya dibulatkan menjadi 13 kendaraan. Tabel selanjutnya merupakan table waktu operasi tiap kendaraan yang tidak melebihi jam kerja 8 jam :

No	Waktu Perjalanan Terangkut (Eksisting)	Waktu Perjalanan Menggunakan VRP (Perencanaan)
1	125,78	107,7

Analisa Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kendaraan *Dump Truck* Menggunakan Metode VRP

$$\begin{aligned}
\text{PHCS} &= V_s / V_b \\
&= 102,18 / 6 \\
&= 17 \text{ ritasi}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{nt} &= \text{to} / \text{tb} \\
&= 55,89 / 8 \\
&= 7 \text{ kendaraan}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{to total} &= \text{to1} + \text{to2} \\
&= 25,12 + 25,12 \\
&= 39,39
\end{aligned}$$

Sehingga didapat jumlah kendaraan yaitu 39,39 dibagi dengan 8 jam untuk waktu harian kerja hasilnya dibulatkan menjadi 5 kendaraan. Tabel selanjutnya merupakan table waktu operasi tiap kendaraan yang tidak melebihi jam kerja 8 jam :

No	Waktu Perjalanan Terangkut (Eksisting)	Waktu Perjalanan Menggunakan VRP (Perencanaan)
1	55,89	39,39

Analisa Prediksi Timbunan Sampah Tahun Rencana 2026

Rata-rata pertumbuhan timbunan sampah sebesar 2,21%. Didapat dari rata-rata dari pertumbuhan timbunan sampah 5 tahun yang lalu, tahun 2016 sampai 2021. Maka jumlah timbunan sampah tahun 2026 yaitu 673,5 m³.



PENUTUP

Kesimpulan

1. Sampah yang ada di Bojonegoro pewartahannya secara langsung dan tak langsung. Sedangkan pola pengumpulannya individual langsung yang langsung diangkut menuju TPA dari sumber sampah, individual tidak langsung dan penyapu jalan. Mekanisme pengangkutan sampah di rumah tangga sampah akan diambil petugas yang menggunakan gerobak sampah maupun motor sampah diangkut menuju ke TPS. Dari TPS diangkut menuju ke TPA menggunakan dump truck dan armroll truck. Dimana sarana yang tersedia terdiri dari 3 dump truck, 16 armroll truck, 1 roadsweeper, 2 konvektor, dan 25 tosa. Dengan waktu operasi pada pukul 06.00 WIB sampai 15.00 WIB.
2. Analisa menggunakan VRP untuk zona 2-46 menggunakan armroll truck sebanyak 33 ritasi. Perbandingan perhitungan jumlah kendaraan jika 100% sampah akan terangkut sebanyak 16 kendaraan sedangkan menggunakan VRP sebanyak 13 unit. Sedangkan jika menggunakan dump truck sebanyak 17 ritasi. Jumlah kendaraan dengan rute eksisting sebanyak 3 kendaraan sedangkan menggunakan VRP 5 kendaraan.
3. Jumlah timbunan sampah tiap jiwa tahun 2021 sebanyak 2,105 liter/jiwa/hari. Rata-rata pertumbuhan timbunan sampah sebesar 2,21%. Didapat dari rata-rata dari pertumbuhan timbunan sampah 5 tahun yang lalu, tahun 2016 sampai 2021. Maka jumlah timbunan sampah tahun 2026 yaitu 673,5 m³.

Saran

1. Kajian mengenai jumlah penambahan TPS di 5 tahun kedepan perlu dikaji lebih mendalam mengenai jumlahnya, lokasi yang tepat hingga analisis ekonominya.
2. Saran kepada bidang operasional instansi Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup mengenai diperlukannya pemindahan lokasi pool yang cukup jauh dari TPA.
3. Kendaraan pengangkutan sampah yang sudah tidak layak pakai harus segera diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggun, Y. 2014. Optimalisasi Pengangkutan Sampah Di Kabupaten Sleman Menggunakan Metode Saving Matrix. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Anis, S. N. 2013. Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Bontang Dengan Metode Saving Heuristic (Kecamatan Bontang). Universitas Mulawarman.
- Byung-In Kim. 2005. Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows. University of Vienna, Austria.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Bojonegoro Dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik, Kabupaten Bojonegoro.
- Ballou H., Ronald. 1999. Bissiness Logistic Management. Prentice-Hall, USA.
- Clifford, Tom. 2008. Waste Collection Optimisation Tools for Waste Managers. Indecon Ltd., UK.
- Dana S. A. 2021. Analisis Operasional Angkutan Sampah Kota Pangkalpinang. Universitas Bangka Belitung.
- Dewa, K. S. 2009. Manajemen Pengangkutan Sampah di Kota Amlapura. Denpasar: Universitas Udayana.
- Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-Undangan. 2008. Undang - undang Nomor 18 tentang Pengelolaan Sampah.
- Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-Undangan. 2009. Undang - undang Nomor 32 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 1993. Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 69 tentang Penyelenggaraan Barang Berbahaya dan Beracun. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 2004. Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor 725/AJ 302/DRJD. Tentang Penyelenggaraan Barang Berbahaya dan Beracun. Jakarta.
- Eminugroho, Dwi, & Lestari. 2014. Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kota Yogyakarta Dengan Model Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Sequential Insertion. Jurnal Ilmiah, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Enri, Damanhuri, Padmin. 2010. Pengelolaan Sampah. ITB, Bandung.
- Enri, Damanhuri. 2009. Makalah Kebijakan Pengelolaan Sampah di Indonesia. ITB, Bandung.
- Fisher, M.L. 1995. Vehicle Routing in Operations Research and Management Science, Vol.8. Amsterdam, New York, Elsevier.
- Gelbert, M . al, 1996, Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup. wall chart, Buku Panduan Pendidikan Lingkungan Hidup, PPPGT/VEDC, Malang.
- Habanono, A. E. D. 2018. Optimalisasi Jalur Pengangkutan Sampah di Kota Kupang. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Kusdarwanto, Heru. 2010. Optimasi Rute Penerbangan untuk Penjadwalan Kalibrasi Terhadap Alat Bantu Navigasi Udara dengan Metode Algoritma Saving-Ants. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Jhon, Walkenbach. 2013. Exle VBA Programming For Dummier, Wiley Publish. American.
- Joseph, Cristian. 2011. Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makasar dengan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP) Studi Kasus Kecamatan Mamajang. Jurnal ilmiah, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Kementerian Dalam Negeri. 2010. Peraturan Menteri Dalam Negeri no 33 tentang Pedoman Pelayanan Pengangkutan Angkutan Sampah.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. Peraturan Menteri PU No 03/PRT/M2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga.
- Morlok, E. K. 1991. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga, Jakarta.

- Mossab, A. A. 2019. Evaluasi Produktivitas Angkuran Sampah di Kecamatan Lowokwaru. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Peraturan Daerah. 2017. Peraturan Daerah Kabupaten Bojonegoro Nomor 5 tentang Pengelolaan Sampah.
- Slamet, Juli Soemirat. 2002. Kesehatan Lingkungan Yogyakarta: Gajah Mahda University Press.
- Tamin, O.Z. 2000. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. ITB, Bandung.
- Toth P, Vigo D. 2002. An Overview of Vehicle Routing Problems. Di dalam Toth, P et al., editor. The Vehicle Routing Problem. Philadelphia: Siam. Hlm 1-26.
- Yuda, S. 2018. Optimalisasi Rute Angkutan Sampah Dalam Upaya Menurunkan Ongkos Angkut dengan Pendekatan Algoritma Genetika (Studi Kasus : Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Subang). Universitas Pasundan.
- Zainuddin, Z. 2019. Optimasi Rute Menggunakan Algoritma Greedy pada Pengangkutan Sampah di Kota Makassar. Universitas Hasanuddin.