

# Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Dengan Metode *Vehicle Routing Problem With Time Window* Menggunakan *Binary Integer Programming*

Dwi Sutrisno<sup>1</sup>, M. Adha Ilhami<sup>2</sup>, Evi Febianti<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

[sutrizinhere@gmail.com](mailto:sutrizinhere@gmail.com)<sup>1</sup>, [adha@ft-untirta.ac.id](mailto:adha@ft-untirta.ac.id)<sup>2</sup>, [evifebianti@yahoo.com](mailto:evifebianti@yahoo.com)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Perkembangan suatu daerah ditandai bertambahnya masyarakat pada suatu daerah tersebut, demikian pula bertambahnya aktifitas keseharian di dalam lingkungannya. Sehingga secara fisik dapat terlihat dari sampah yang dihasilkan. Transportasi sampah adalah sub-sistem persampahan yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Penelitian ini bertujuan menentukan rute pengangkutan sampah Kota Cilegon oleh armroll dengan metode *Vehicle Routing Problem (VRP)* dengan batasan waktu (*Time Window*). Titik yang diangkut berjumlah 36 titik dan jumlah kendaraan armroll yang tersedia adalah 10 unit. Penelitian ini menggunakan formulasi model *Binary Integer Programming* untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Formulasi ini dilakukan dengan cara menetapkan fungsi tujuan yaitu meminimasi waktu tempuh kendaraan dengan batasan waktu kerja tersedia dari setiap kendaraan adalah 420 menit dikurangi waktu tempuh kendaraan dari TPA ke depot selama 53 menit, sehingga batasan waktu kerja yang tersedia adalah 367 menit (*Time Window*). Hasil perhitungan dengan bantuan software WinQSB menghasilkan rute untuk 10 kendaraan yang tidak melebihi waktu kerja tersedia. Kendaraan 1 mampu mengunjungi 4 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 360 menit. Kendaraan 2 mampu mengunjungi 4 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 361.4 menit. Kendaraan 3 mampu mengunjungi 4 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 358.4 menit. Kendaraan 4 mampu mengunjungi 3 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 345 menit. Kendaraan 5 mampu mengunjungi 3 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 322.8 menit. Kendaraan 6 mampu mengunjungi 3 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 323.4 menit. Kendaraan 7 mampu mengunjungi 3 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 327 menit. Kendaraan 8 mampu mengunjungi 3 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 345 menit. Kendaraan 9 mampu mengunjungi 4 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 365 menit. Kendaraan 10 mampu mengunjungi 5 lokasi TPS dengan total waktu tempuh 365.8 menit.

**Kata kunci :** *Rute, Vehicle Routing Problem, VRPTW, Integer Linear Programming, Binary Integer Programming, Formulasi Model.*

## PENDAHULUAN

Transportasi sampah adalah sub-sistem persampahan yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Dengan optimasi sub-sistem ini diharapkan pengangkutan sampah menjadi mudah, cepat, serta biaya relatif murah. Minimasi jarak dan waktu tempuh merupakan solusi utama dari perencanaan rute pengangkutan sampah. Rute pengangkutan sampah yang dibuat haruslah efektif dan efisien sehingga didapatkan rute pengangkutan yang optimum (Christian, J.S, 2011).

Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Cilegon memiliki 4 jenis jasa pelayanan masyarakat dalam menanggulangi sampah, 3 (tiga) di antaranya menggunakan kendaraan seperti *dump truck, Armroll & CATOR (Becak Motor)*. Sedangkan, jasa tambahan yang disediakan oleh DKP Kota Cilegon yaitu operator penyapu jalan. Pada penelitian ini, peneliti memfokuskan penelitian pada jasa kendaraan untuk jenis kendaraan *armroll*.

Berdasarkan data inventaris kendaraan DKP Kota Cilegon, jenis kendaraan *armroll* yang dimiliki oleh DKP Kota Cilegon sebanyak 10 unit (sumber: DKP Kota Cilegon). Saat ini dengan waktu operasional kendaraan *armroll* selama 7 jam kerja hanya mampu beroperasi 2-3 ritase. Dengan keadaan tersebut

kendaraan *armroll* belum mampu untuk memenuhi target 36 TPS ini, untuk memenuhi target tersebut kendaraan *armroll* membutuhkan waktu kerja lembur (*overtime*). Kendala tersebut dikarenakan belum adanya suatu metode untuk penentuan rute angkut pada jenis kendaraan *armroll*.

Penelitian di DKP Kota Cilegon mengenai penentuan rute sudah pernah dilakukan oleh Yudha A. K (2012), namun penelitian tersebut hanya pada kendaraan berjenis *dump truck*, sedangkan untuk kendaraan berjenis *armroll* belum ada peneliti yang melakukannya. Untuk penelitian tentang penentuan rute khususnya dengan metode VRP (*Vehicle Routing Problem*) dilakukan oleh Septian N. (2011) yang membahas tentang usulan rute pendistribusian air galon di PT. A dengan VRP yang memiliki kendala pada kapasitas dan waktu kerja menggunakan algoritma *sequential insertion*. Sedangkan Christian J. S. (2011) membahas tentang penentuan rute penagngkutan sampah dikota Makassar dengan algoritma *saving matrix*.

VRP (*Vehicle Routing Problem*) secara umum didefinisikan sebagai masalah penentuan rute bagi sejumlah kendaraan yang bertujuan meminimasi ongkos total dan memenuhi sejumlah batasan yang mencerminkan karakteristik dari situasi nyata. *Vehicle Routing Problem with TimeWindow* atau VRPTW, hampir sama dengan VRP, namun memiliki batas tambahan yaitu sebuah jangka waktu, yang berhubungan dengan setiap pelanggan. Metode ini dapat menyelesaikan masalah yang ada di DKP kota Cilegon yang memiliki kendala waktu kerja untuk memenuhi 36 TPS.

Pada permasalahan optimasi penentuan rute dengan adanya kendala linier dan terdapat beberapa variabel yang di batasi bernilai biner, maka masalah optimasi untuk penentuan rute pada penelitian ini dinyatakan sebagai *binary integer programming*.

Metode VRPTW (*Vehicle Routing Problems with Time Windows*) menggunakan *binary integer programming* dapat menghasilkan formulasi model optimasi rute angkut untuk kendaraan *armroll* sehingga tidak ada kendaraan yang melebihi waktu normal kerja.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi rute atau waktu tempuh setiap kendaraan dalam pengangkutan sampah. Dimana terdapat beberapa kendaraan yang mengalami *overtime*.

Selanjutnya mengidentifikasi masalah dengan VRPTW (*Vehicle Routing Problem with Time Window*) dan VRPIF (*Vehicle Routing Problem with Intermediate Facility*). Terdapat batasan-batasan pada

penentuan rute pengangkutan sampah di Kota Cilegon.

*Time Window* juga merupakan batasan yang ada dalam proses pengangkutan sampah. *Time Window* merupakan batasan waktu dimana dalam proses pengangkutan sampah waktu yang menjadi batasan adalah waktu kerja selama 420 menit. Waktu kerja ini ditentukan dari 8 jam kerja dipotong waktu istirahat selama 1 jam dan waktu perjalanan dari TPA ke depot selama 53 menit sehingga waktu yang tersedia adalah 367 menit. Pengangkutan akan dihentikan apabila waktu yang digunakan untuk pengangkutan (waktu angkut) memenuhi waktu kerja yang disediakan.

Pada proses pengangkutan, sampah yang ada pada tiap titik (TPS) akan diangkut menggunakan *armroll*. Apabila sampah telah diangkut maka harus dilakukan pembuangan agar *armroll* dapat digunakan kembali untuk mengangkut sampah pada TPS yang belum didatangi. Karena adanya proses pembuangan tersebut, maka dibutuhkan satu lokasi yang dijadikan sebagai tempat pembuangan. Dalam hal pengangkutan sampah lokasi tersebut adalah Tempat Pembuangan Akhir (TPA). TPA inilah yang disebut dengan *Intermediate Facility*.

Setelah itu dilakukan pengolahan data dengan metode algoritma *Binary Integer Programming* menggunakan *software WinQSB*. Data yang digunakan dalam pengolahan ini adalah data waktu tempuh, waktu angkut di TPS, waktu pembuangan di TPA, jumlah kendaraan dan titik-titik TPS yang telah diperoleh.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Waktu Tempuh dari TPS ke TPA

Penelitian ini diawali dengan mengetahui lokasi-lokasi TPS yang diangkut oleh kendaraan *armroll* dan pengambilan data jarak tempuh dari TPS ke TPA dengan bantuan *Google Map* kemudian jarak tempuh yang sudah didapat dikonversi menjadi waktu tempuh dengan asumsi kecepatan kendaraan adalah 20 km/jam.

**Tabel 1 Waktu Tempuh dari TPS ke TPA**

TPS	Waktu Tempuh ke TPA (menit)
01	33.3
02	45.9
03	37.2
04	36.6
05	44.4
06	24
07	36.9
08	28.8
09	24.3

**Tabel 1 Waktu Tempuh dari TPS ke TPA (Lanjutan)**

TPS	Waktu Tempuh ke TPA (menit)
10	46.8
11	29.1
12	38.1
13	49.8
14	33.6
15	31.5
16	33
17	26.1
18	40.8
19	37.8
20	40.8
21	45
22	45.6
23	62.1
24	39.6
25	22.8
26	39.9
27	60.9
28	69.3
29	57.6
30	23.1
31	46.8
32	31.2
33	27
34	26.4
35	29.7
36	33.6

**Data Lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir)**

Lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) yang telah diangkat oleh kendaraan angkut sampah dikota Cilegon berlokasi di TPA Bagendung dengan luas 10 ha dan daya tampung lebih dari 10000 ton.

**Data Waktu Pengangkutan di TPS dan Waktu Pembuangan di TPA**

Sistem pengangkutan sampah untuk kendaraan armroll yaitu dengan mengangkut kontainer di setiap lokasi TPS yang sudah terisi penuh sampah lalu langsung dibawa ke tempat pembuangan akhir atau TPA. Waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut kontainer di TPS yaitu selama 10 menit dan untuk waktu pembuangan di TPA selama 10 menit.

Untuk merancang model optimasi rute pengangkutan sampah dibutuhkan beberapa tahapan yaitu identifikasi variabel keputusan, perumusan fungsi tujuan, dan identifikasi batasan-batasan (*Constraint*). Model tersebut dapat digunakan untuk menemukan solusi fungsi tujuan yang optimal. Pada penelitian ini

optimasi yang dilakukan adalah meminimumkan atau meminimasi total jarak tempuh perjalanan kendaraan *armroll* pada pengangkutan sampah dengan mempertimbangkan batasan waktu kerja yang tersedia. Model yang digunakan merupakan model yang bersifat *Binary Integer Programming*, artinya variabel keputusan yang dihasilkan harus bersifat bilangan biner (0, 1).

**Variabel Keputusan**

Variabel keputusan dalam formulasi adalah  $X_{ki}$  yang berjumlah 360 variabel, dimana variabel tersebut adalah hasil kombinasi dari jumlah kendaraan yang tersedia sebanyak 10 unit dan lokasi TPS yang harus dilayani sebanyak 36 titik. Variabel-variabel tersebut hanya mempunyai 2 nilai yaitu 0 dan 1. Variabel keputusan akan bernilai 1 jika TPS dikunjungi oleh kendaraan dan bernilai 0 jika TPS tidak dikunjungi oleh kendaraan.

**Fungsi Tujuan**

Tujuan pembuatan model ini adalah meminimasi total waktu tempuh kendaraan pada pengangkutan sampah, sehingga fungsi tujuan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Z = \sum_{i=1}^{36} \sum_{k=1}^{10} X_{ki} \cdot (2T_i + a_i + b)$$

**Batasan (*Constraint*)**

Batasan-batasan dalam model ini berkaitan dengan jumlah waktu kerja yang tersedia, jumlah kendaraan, dan jumlah TPS.

$$\sum_{i=1}^{36} \sum_{k=1}^{10} X_{ki} \cdot (2T_i + a_i + b) \leq WH$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, 10$$

Batasan tersebut untuk memastikan bahwa setiap kendaraan tidak melebihi waktu kerja yang disediakan.

$$\sum_{k=1}^{10} X_{ki} \geq 1, \forall i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

Batasan tersebut untuk memastikan bahwa setiap kendaraan digunakan 1 kali.

$$\sum_{i=1}^{36} X_{ki} = 1, \forall i = 1, 2, 3, \dots, 36$$

Batasan tersebut untuk memastikan bahwa setiap TPS dikunjungi 1 kali.

Dimana :

- $X$  = variabel keputusan
- $k$  = kendaraan, dimana kendaraan yang tersedia hanya 10 unit
- $i$  = TPS- $i$ , dimana TPS yang harus dikunjungi sebanyak 36 titik
- $T_i$  = waktu tempuh kendaraan dari  $i$  ke TPA dan sebaliknya
- $\alpha_i$  = waktu pengangkut di TPS- $i$
- $b$  = waktu pemuatan di TPA
- $WH$  = waktu kerja tersedia, dimana waktu kerja tersedia 420 menit dikurangi waktu tempuh kendaraan dari TPA ke depot selama 53 menit, sehingga jumlah waktu kerja tersedia adalah 367 menit.

Kemudian formulasi model tersebut dilakukan pengolahan data dengan bantuan *software WinQSB*

**Tabel 2 Solusi Pembentukan Rute dengan Software WinQSB**

Kendaraan	Rute (TPS)				T1 (menit)	T2 (menit)	T3 (menit)	T4 (menit)	T5 (menit)	Waktu Total (menit)
	02	06	16	24						
Kendaraan 1	02	06	16	24	111.8	63	86	99.2		360
Kendaraan 2	04	10	17	32	93.2	113.6	72.2	82.4		361.4
Kendaraan 3	07	22	33	35	93.8	111.2	74	79.4		358.4
Kendaraan 4	23	31	36		144.2	113.6	87.2			345
Kendaraan 5	13	18	20		119.6	101.6	101.6			322.8
Kendaraan 6	03	14	27		94.4	87.2	141.8			323.4
Kendaraan 7	12	19	29		96.2	95.6	135.2			327
Kendaraan 8	05	08	28		108.8	77.6	158.6			345
Kendaraan 9	01	09	21	26	86.6	68.6	110	99.8		365
Kendaraan 10	11	15	25	30	78.2	83	65.6	66.2	72.8	365.8
Total										3473.8

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa total waktu tempuh yang dihasilkan atau nilai Z adalah 3473.8 menit dan rute setiap kendaraan yang terbentuk tidak melebihi waktu kerja yang tersedia.

#### Perbandingan Rute Awal dengan Rute Usulan

Dengan mengetahui rute awal yang sudah ada di DKP Kota Cilegon maka dapat diketahui apakah rute usulan lebih optimal dari rute awal.

**Tabel 3 Rute dan Jumlah Kendaraan Awal**

Kendaraan	Rute (TPS)				T1 (menit)	T2 (menit)	T3 (menit)	T4 (menit)	Waktu Total (menit)
	30	26	07						
Kendaraan 1	30	26	07		66.2	99.8	93.8		259.8
Kendaraan 2	08	29	09	01	77.6	135.2	68.6	86.6	368
Kendaraan 3	27	15	24	33	141.8	83	99.2	74	398
Kendaraan 4	25	19	22	05	65.6	95.6	111.2	108.8	381.2
Kendaraan 5	18	20	04		101.6	101.6	93.2		296.6
Kendaraan 6	10	21	11		113.6	110	78.2		301.8
Kendaraan 7	02	12	13	16	111.8	96.2	119.6	86.6	413.6
Kendaraan 8	06	03	28		63	94.4	158.6		321
Kendaraan 9	17	34	14	32	72.2	72.8	87.2	82.4	314.6
Kendaraan 10	23	31	35	36	144.2	113.6	79.4	87.2	424.4
Total									3479

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui beberapa kendaraan melebihi waktu kerja yang tersedia (*overtime*) yaitu kendaraan 3, kendaraan 4, kendaraan 7, dan kendaraan 10.

Sehingga dapat dipastikan rute usulan hasil perhitungan dengan *software WinQSB* lebih optimal karena tidak ada kendaraan yang *overtime*.

**Tabel 4 Perbandingan Rute Awal dan Rute Usulan**

Kendaraan	Waktu Tempuh Rute Awal (menit)	Waktu Tempuh Rute Usulan (menit)
Kendaraan 1	259.8	360
Kendaraan 2	368	361.4
Kendaraan 3	398	358.4
Kendaraan 4	381.2	345
Kendaraan 5	296.6	322.8
Kendaraan 6	301.8	323.4
Kendaraan 7	413.6	327
Kendaraan 8	321	345
Kendaraan 9	314.6	365
Kendaraan 10	424.4	365.8
Total	3479	3473.8
Rata-rata	347.9	347.38
Standar deviasi	56.315	17.426

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa rute awal memiliki standar deviasi sebesar 56.315 menit dan standar deviasi untuk rute usulan sebesar 17.426 menit. Hal ini menunjukkan bahwa waktu tempuh setiap kendaraan rute usulan lebih merata dibandingkan dengan rute awal dikarenakan rute usulan memiliki standar deviasi yang lebih kecil.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Pemodelan matematika atau formulasi model yang digunakan untuk menentukan rute pengangkutan sampah kota Cilegon oleh kendaraan *armroll* bersifat *Binary Integer Programming* dimana variabel keputusan yang dihasilkan harus menghasilkan bilangan biner (0, 1). Dengan fungsi tujuan yaitu meminimasi atau meminimumkan waktu tempuh kendaraan, batasan yang harus diperhitungkan adalah jumlah waktu kerja yang tersedia, jumlah kendaraan yang tersedia dan jumlah TPS yang dilayani.

Rute untuk 10 kendaraan yang tidak mengalami *overtime* adalah sebagai berikut :

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 1 mampu mengunjungi 4 TPS dengan total waktu 360 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 02 kemudian ke TPS 06 lalu ke TPS 16 dan lokasi TPS terakhir dikunjungi adalah TPS 24.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 2 mampu mengunjungi 4 TPS dengan total waktu 361.4 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 04 kemudian ke TPS 10 lalu ke TPS 17 dan lokasi TPS terakhir dikunjungi adalah TPS 32.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 3 mampu mengunjungi 4 TPS dengan total waktu 358.4 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 07 kemudian ke TPS 22 lalu ke TPS 33 dan lokasi TPS terakhir dikunjungi adalah TPS 35.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 4 mampu mengunjungi 3 TPS dengan total waktu 345 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 23 kemudian ke TPS 31 lalu ke TPS 36.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 5 mampu mengunjungi 3 TPS dengan total waktu 322.8 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 13 kemudian ke TPS 18 lalu ke TPS 20.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 6 mampu mengunjungi 3 TPS dengan total waktu 323.4 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 03 kemudian ke TPS 14 lalu ke TPS 27.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 7 mampu mengunjungi 3 TPS dengan total waktu 327 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 12 kemudian ke TPS 19 lalu ke TPS 29.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 8 mampu mengunjungi 3 TPS dengan total waktu 345 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 05 kemudian ke TPS 08 lalu ke TPS 28.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 9 mampu mengunjungi 4 TPS dengan total waktu 365 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 01

kemudian ke TPS 09 lalu ke TPS 21 dan lokasi TPS terakhir dikunjungi adalah TPS 26.

Dari jumlah jam kerja yang tersedia kendaraan 10 mampu mengunjungi 5 TPS dengan total waktu 365.8 menit. Berawal dari depot menuju ke TPS 11 kemudian ke TPS 15 lalu ke TPS 25 setelah itu ke TPS 30, dan lokasi TPS terakhir dikunjungi adalah TPS 34.

Dimana untuk setiap kendaraan jika sudah melakukan pengangkutan sampah di tiap TPS kendaraan harus melakukan pembuangan di TPA dan setelah mengunjungi TPS-TPS tersebut kendaraan harus kembali ke depot.

Hal ini menandakan bahwa rute usulan lebih optimal dibandingkan dengan rute awal karena tidak ada kendaraan yang *overtime*.

Standar deviasi untuk waktu tempuh rute awal sebesar 56.315 menit sedangkan standar deviasi untuk rute usulan sebesar 17.426 menit. Sehingga rute usulan lebih merata dalam hal waktu tempuh per kendaraan dibandingkan dengan rute awal. Hal ini diindikasikan oleh standar deviasi waktu tempu rute usulan yang lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

Yudha, A. K., 2012, Penentuan Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem Dengan Capacitated, Time Window, Dan Intermediate Facility, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (tidak publikasi)

Nurhayati, A., 2011, Penentuan Lokasi Smoking Area di Fakultas Teknik Menggunakan Software WinQSB, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (tidak publikasi)

Christian, J.,S., 2011, Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makassar dengan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP), *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasannudin, Makassar. (tidak publikasi)

Suprayogi. Dkk., 2009. Penentuan Rute Truk Pengumpulan Dan Pengangkutan Sampah Di Bandung, *Jurnal Teknik Industri, Vol.11, No.1:51-60*.

Wayan, I. S. Dkk., Optimasi Pengalokasian Sampah Wilayah ke Tempat Pembuangan Sementara dengan Model Integer Linear Programming, *Jurnal Performa, Vol,8 No.1:14-22*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Prana, R.A. 2011. Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem. *Jurnal Jurusan Teknik Informatika ITB*.

Priyandari, Y. Dkk., 2011. Penentuan Rute Pengiriman Pupuk Urea Bersubsidi di Karanganyar, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 13, No. 1:11-18.

Septian, N., 2011, Algoritma Sequential Insertion untuk Penyelesaian Vehicle Routing Problem dengan Capacitated dan Time Windows, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (tidak publikasi)

Suprayogi, Y.P. 2008. Algoritma Sequential Insertion untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem dengan Multiple Trips, Time Window dan Simultaneous Pickup Delivery. *Jurnal Performa*, Vol 7, No.1:88-96.