

**MAKALAH**

**SEMINAR DAN MUSYAWARAH NASIONAL**

**MODEL PERSAMAAN MATEMATIS**  
**ALOKASI KENDARAAN ANGKUTAN SAMPAH**  
**BERDASARKAN**  
**METODE PENGGABUNGAN BERURUT**

**OLEH :**

**HORAS SAUT MARINGAN M**

Fakultas Teknik Universitas Riau  
Email : horassaut@yahoo.co.id

## **MODEL PERSAMAAN MATEMATIS ALOKASI KENDARAAN ANGKUTAN SAMPAH BERDASARKAN METODE PENGGABUNGAN BERURUT**

Horas Saut Maringan Marpaung  
Fakultas Teknik Universitas Riau  
Email : horassaut@yahoo.co.id

### *ABSTRAK*

Permasalahan transportasi pada umumnya merupakan permasalahan alokasi kendaraan pada sistim jaringan jalan antara beberapa sumber dan beberapa tujuan. Namun ada juga antara beberapa sumber dan satu tujuan seperti pada *Hauled Container System (HCS)*, atau sebaliknya. Penyelesaian permasalahan transportasi bertujuan untuk meminimumkan jumlah kendaraan.

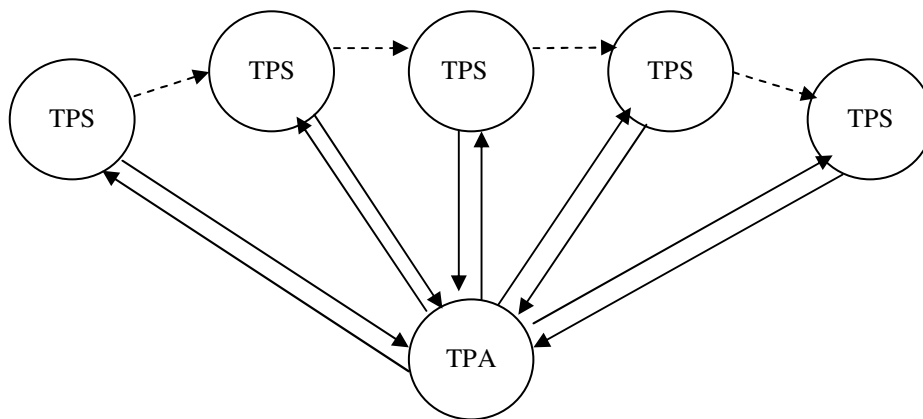
Metoda Penggabungan Berurut merupakan metode penyelesaian permasalahan transportasi tentang alokasi kendaraan angkutan sampah. Penentuan satu unit kendaraan berdasarkan total jarak tempuh perjalanan selama waktu operasional. Kecepatan perjalanan dan kapasitas muatan kendaraan yang ditentukan mempengaruhi jumlah kendaraan yang dihasilkan. Model persamaan matematis merupakan gambaran karakteristik dari permasalahan alokasi kendaraan angkutan sampah.

Kata kunci: Alokasi Kendaraan, Metoda Penggabungan Berurut, Model Persamaan Matematis

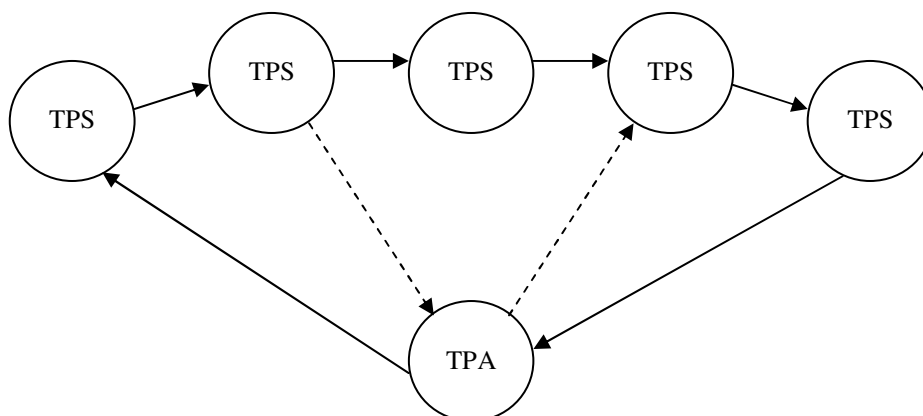
## PENDAHULUAN

Kendaraan angkutan sampah merupakan jenis transportasi barang yang bersifat utilitas. Sistem pengambilan, pengangkutan dan pembuangan sampah diklasifikasikan menurut cara operasinya yaitu (Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. 1993): 1). *Hauled Container System (HCS)*, sistem pengumpulan dan pengangkutan dimana kontainer untuk menyimpan sampah diangkut (hauled) ke tempat pembuangan, dikosongkan dan dikembalikan ke lokasi semula, 2). *Stationary Container System (SCS)*, sistem pengumpulan dan pengangkutan dimana kontainer untuk menyimpan sampah tetap dititik penimbunan sampah.

Kegiatan yang dilakukan kendaraan angkutan sampah pada sistem pengambilan dan pengangkutan sampah yaitu: 1). Pengambilan (*Pick Up*), 2). Pengangkutan (*Haul*), 3). Tempat pembuangan (*At-site*), 4). Perjalanan (*Off-route*)



(a). Hauled Container System (HCS)



(b). Stasionary Container System (SCS)

Gambar 1. Sistem pengambilan dan pengangkutan sampah  
Sumber : Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. 1993

Metoda pelaksanaan pembuangan sampah antara lain, yaitu (Maringan Marpaung, H.S., 2004): 1). *Open Dumping*, merupakan cara pembuangan sederhana dimana sampah hanya dihamparkan pada suatu lokasi, dibiarkan terbuka tanpa pengamanan dan ditinggalkan setelah lokasi tersebut penuh, 2). *Control Landfill*, merupakan peningkatan dari *open dumping* dimana secara periodik sampah yang telah tertimbun ditutup lapisan tanah untuk mengurangi potensi gangguan lingkungan yang ditimbulkan, 3). *Sanitary Landfill*, merupakan peningkatan dari *control landfill* dimana penutupan sampah dilakukan setiap hari sehingga potensi gangguan yang timbul dapat diminimalkan.

Sistim pengelolaan sampah antara lain, yaitu (Hadiwiyoto, 1983): 1). Komposting adalah pembusukan bahan organik yang terkontrol dalam lingkungan hangat dan lembab dengan memanfaatkan aktifitas bakteri biologis, dimana berbagai mikroorganisme aerob dan anaerob memegang peranan yang penting sehingga diperlukan suatu kondisi ideal agar proses tersebut dapat berlangsung optimal, 2). Daur Ulang adalah kegiatan untuk memanfaatkan kembali sampah yang telah dibuang seperti plastik, kaleng dan logam. Keberhasilan daur ulang sangat ditentukan oleh upaya pemilahan sampah dengan perwadhahan yang tepat dilokasi sumber/transfer.

Klasifikasi Penentuan Rute dan Penjadwalan Kendaraan harus berdasarkan karakteristiknya agar dapat digunakan untuk membantu menganalisa dan mengidentifikasi jenis dari permasalahan yang berbeda. Masalah Penjadwalan Kendaraan (*Vehicle Scheduling Problem*) dapat diartikan sebagai permasalahan rute dengan tambahan fungsi-fungsi pembatas yang berhubungan dengan waktu dimana berbagai aktifitas berlangsung. Pada Permasalahan Penjadwalan Kendaraan, aspek-aspek temporal dalam pergerakan kendaraan harus dipertimbangkan secara eksplisit. Urutan dari aktifitas-aktifitas kendaraan dalam ruang dan waktu merupakan inti dari Permasalahan Penjadwalan Kendaraan.

## **BAHAN DAN METODE.**

Sistim pengambilan, pengangkutan dan pembuangan sampah yang ditinjau adalah *Hauled Container System (HCS)*, dengan asumsi yaitu: 1). Satu wilayah terdiri atas satu TPA dan beberapa TPS, 2). Volume dan frekuensi pengambilan sampah tidak sama setiap TPS, 3). Periode pelaksanaan harus selesai dalam satu hari kerja yaitu mulai jam 06.00 – 18.00 wib, 4). Penggunaan Ukuran Kapasitas Kendaraan yang berbeda dimungkinkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa yang digunakan adalah analisis kuantitatif yang bersifat deterministik (Horas Saut Maringan Marpaung, 2006), karena karakteristik permasalahan tersebut adalah solusinya berbentuk linier, bilangan bulat dan berupa alokasi atau jaringan dengan tujuan mencari jumlah kendaraan (truk) minimum atau menghitung jumlah trayek (rute) minimum. Satuan Biaya Pengangkutan Kendaraan Sampah untuk setiap kapasitas kendaraan seperti pada Tabel 1. Metoda penyelesaian pada permasalahan transportasi ini menggunakan Metoda Penggabungan Berurut (lihat Tabel 2.a dan Tabel 2.b)

Tabel 1. Biaya Pengangkutan Sampah (c) berdasarkan metode PCI

Kec. (km/jam)	Kapasitas Kendaraan	BOK (Rp./1000 km)	B. Angkut (Rp./km/m <sup>3</sup> )
40	Truk 8 m <sup>3</sup>	1,969,586.86	246.20
40	Truk 10 m <sup>3</sup>	2,177,506.83	217.75
40	Truk 12 m <sup>3</sup>	2,355,804.56	196.32
40	Truk 14 m <sup>3</sup>	2,848,025.95	203.43
40	Truk 16 m <sup>3</sup>	3,308,946.82	206.81

Tabel 2.a. Contoh Perhitungan Metode Penggabungan Berurut  
(Rmaks = 660 menit ; v = 40 km/jam)

No. TPS	Jarak TPS (km)	Volume Sampah (m <sup>3</sup> )	Kapasitas Kendaraan (m <sup>3</sup> )	V/K	Jumlah Trip (trip)	Waktu Per Trip (menit)						Waktu Jumlah Trip
						Trip ke 1	Trip ke 2	Trip ke 3	Trip ke 4	Trip ke 5	Trip ke 6	
1	5	8	8	1.0	1	45						45
2	8	12	8	1.5	2	54				54		108
3	10	45	8	5.6	6	60	60	60	60	60	60	360
4	12	20	8	2.5	3	66				66	66	198
5	15	24	8	3.0	3	75				75	75	225
6	18	16	8	2.0	2					84	84	168
7	21	35	8	4.4	5		93	93	93	93	93	465
8	25	28	8	3.5	4	105	105	105	105			420
9	30	40	8	5.0	5	120	120	120	120	120		600
10	35	32	8	4.0	4	135	135	135	135			540
Total Waktu Tempuh (menit) ≤ Rmaks :						660	513	513	513	552	378	3129
Total Trayek / Kendaraan (unit) :						1	1	1	1	1	1	6

Tabel 2.b. Contoh Perhitungan Metode Penggabungan Berurut (Rmaks = 11 jam == 660 menit)

No. TPS	Jarak TPS (km)	Volume Sampah (m <sup>3</sup> )	Kapasitas Kendaraan (m <sup>3</sup> )	V/K	Jumlah Trip (trip)	v = 30 km/jam						v = 40 km/jam							
						Waktu Tempuh Per Trip						Total Waktu Trip	Waktu Tempuh Per Trip						Total Waktu Trip
						Trip ke 1	Trip ke 2	Trip ke 3	Trip ke 4	Trip ke 5	Trip ke 6		Trip ke 1	Trip ke 2	Trip ke 3	Trip ke 4	Trip ke 5	Trip ke 6	
1	5	8	16	0.5	1		50					50			45				45
2	8	12	16	0.8	1	62						62			54				54
3	10	45	16	2.8	3	70	70	70				210	60	60	60				180
4	12	20	16	1.3	2	78		78				156	66	66					132
5	15	24	16	1.5	2			90	90			180	75	75					150
6	18	16	16	1.0	1		102					102			84				84
7	21	35	16	2.2	3		114	114	114			342	93	93	93				279
8	25	28	16	1.8	2	130		130				260	105	105					210
9	30	40	16	2.5	3	150	150	150				450	120	120	120				360
10	35	32	16	2.0	2	170	170					340	135	135					270
		260			20							2152							1764
Total Waktu Tempuh (menit) ≤ Rmaks:						660	656	632	204			2152	654	654	456				1764
Total Trayek / Kendaraan (unit):						1	1	1	1			4	1	1	1				3

dimana :  $T_1 = t_{21} + t_{31} + t_{41} + t_{81} + t_{91} + t_{101} \leq R_{maks} = 1$  unit kendaraan

$T_2 = t_{12} + t_{32} + t_{62} + t_{72} + t_{92} + t_{102} \leq R_{maks} = 1$  unit kendaraan

$t = \text{Waktu Tempuh} = (2 \frac{d}{v} \times 60) + W_L$  (menit)

d = jarak TPS – TPA (km)

v = kecepatan rata-rata trip pengangkutan kendaraan (km/jam)

$W_L = \text{waktu loading di TPS dan Unloading di TPA} = 30$  menit

Sehingga dari contoh tersebut dapat ditulis persamaan matematis sebagai berikut:

$$T_z = \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^m t_{ij} \leq R_{maks} \quad \text{dan} \quad t_{ij} \geq 0 \quad \dots(1)$$

dimana: i menyatakan trayek / rute perjalanan

j menyatakan jumlah trip pengangkutan / jumlah kendaraan (truk)

Untuk penggunaan kapasitas kendaraan (K) yang sama adalah:

$$\text{Minimumkan } z = c \sum T_z \quad \dots(2.a)$$

Untuk penggunaan variasi penggabungan kapasitas kendaraan (K) adalah:

$$\text{Minimumkan } z = c_1 (\sum T_{z1}) + c_2 (\sum T_{z2}) + \dots + c_s (\sum T_{zs}) \quad \dots(2.b)$$

dengan fungsi kendala:

$$c_1 \leq c_2 \leq c_s \quad \dots(2.c)$$

$$T_{z1} \cap T_{z2} \cap T_{zs} \quad \dots(2.d)$$

## KESIMPULAN

1. Metode Penggabungan Berurut merupakan metode penyelesaian permasalahan transportasi angkutan sampah.
2. Model persamaan matematis yang dihasilkan merupakan karakteristik permasalahan transportasi angkutan sampah.
3. Kecepatan perjalanan dan kapasitas muatan kendaraan mempengaruhi jumlah truk dan biaya pengangkutan yang dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hadiwiyoto, S.** (1983) *Penanganan dan Pemanfaatan Sampah*, Yayasan Idayu, Jakarta.
- Horas Saut Maringan Marpaung**, 2006, Model Permasalahan Transportasi Antara Beberapa Sumber dan Satu Tujuan, Studi Kasus Transportasi Angkutan Sampah, Jurnal Natur Indonesia, Volume 9, Nomor 1, Lembaga Penelitian Universitas Riau
- Maringan Marpaung, H.S.**, 2004, *Optimasi Kebutuhan Kendaraan Angkutan Sampah di Kota Surabaya*. Thesis Magister Manajemen Rekayasa Transportasi. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S.** (1993) *Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues*, International Edition, Mc. Graw Hill, New York.

---

**DATA PRIBADI PENYAJI MAKALAH**

**Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Riau**

**N a m a** : Horas Saut Maringan Marpaung, ST., MT.  
**Tempat / Tgl. Lahir** : Airmolek , 20 Oktober 1967  
**Pendidikan** : S1 : Institut Sains dan Teknologi Nasional – Jakarta  
S2 : Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya  
**Alamat Kantor** : Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293  
**Alamat Rumah** : Jl. Budi Utomo I no.5 Labuh Baru Timur Payung Sekaki  
Pekanbaru, 28291

Karya Ilmiah dan Tulisan yang Pernah dipublikasikan :

**Maringan Marpaung, H.S.**, 2004, *Optimasi Kebutuhan Kendaraan Angkutan Sampah di Kota Surabaya*. Thesis Magister Manajemen Rekayasa Transportasi. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

**Horas Saut Maringan Marpaung**, 2006, Model Permasalahan Transportasi Antara Beberapa Sumber dan Satu Tujuan, Studi Kasus Transportasi Angkutan Sampah, Jurnal Natur Indonesia, Volume 9, Nomor 1, Lembaga Penelitian Universitas Riau