LAPORAN PENELITIAN
DOSEN MUDA

PROTOTIPE RANCANGAN
PENENTUAN JUMLAH KENDARAAN
PADA ZONA PENYANGGA TPA SAMPAH

Oleh:
Andi Susilo, S.Kom
Syamsul Abbas Ras, M.Eng

DIBIYAI PROYEK PENGKAJIAN DAN PENELITIAN
ILMU PENGETAHUAN TERAPAN
DENGAN SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN
NOMOR: 103/SP3/PP/DP2M/ADD.I/V/2006
DIREKTORAT PEMBINAAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN
PADA MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS RESPATI INDONESIA
JANUARI 2007

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. a. Judul Penelitian : Prototipe Rancangan Penentuan Jumlah
Kendaraan pada Zona Penyangga TPA Sampah
- b. Kategori Penelitian : II (Pemecahan Masalah Pembangunan)
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Andi Susilo, S.Kom
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. Pangkat/Golongan/NIP : 102703104
- d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- e. Fakultas/Jurusan : Teknologi Informasi/Sistem Komputer
- f. Universitas : Universitas Respati Indonesia
- g. Bidang Ilmu yang Diteliti : Teknologi
3. Jumlah Tim Peneliti : 1 orang
4. Lokasi Penelitian : Jakarta, Bekasi, dan Banten
5. Bila penelitian ini merupakan peningkatan kerjasama kelembagaan sebutkan:
 - a. Nama Instansi : -
 - b. Alamat : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 10 bulan
7. Biaya yang Diperlukan : Rp. 10.000.000,-
(Sepuluh Juta Rupiah)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknologi Informasi

Jakarta, 22 Januari 2007
Ketua Peneliti

Dr. Eko Syamsuddin Hasrito, M.Eng.
NIP. 102702072

Andi Susilo, S.Kom.
NIP. 102703104

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat

Dr. Hamdani Zain, M.Eng.
NIP. 130422577

RINGKASAN DAN SUMMARY

Prototipe Perancangan Penentuan Jumlah Kendaraan pada Zona Penyangga TPA Sampah. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah di Indonesia umumnya menggunakan sistem sanitary landfill dan tidak memiliki zona penyangga, sehingga sampah menumpuk pada suatu tempat pembuangan. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan luas area, pemanfaatan zona penyangga sebagai lokasi antrean Dump Truck, jumlah lokasi dropping, dan jumlah Dump Truck yang dapat ditampung pada zona penyangga, sehingga Dump Truck pengangkut sampah tidak mengganggu lalu-lintas di sekitar TPA sampah. Hasil perhitungan simulasi diperoleh bahwa untuk luas area TPA sampah 15 hektar dengan sistem antrean tunggal dapat menampung 150 Dump Truck di zona penyangga, sehingga TPA sampah dapat menampung sampah sebanyak 500 ton per hari. Sementara untuk luas area TPA sampah 15 hektar dengan sistem antrean ganda dapat menampung 250 Dump Truck di zona penyangga, sehingga TPA sampah dapat menampung sampah sekitar 1.000 ton per hari. Pemanfaatan zona penyangga sebagai lokasi antrean Dump Truck pengangkut sampah dapat mengatasi masalah kemacetan lalu-lintas dan masalah sosial di sekitar TPA sampah. Prototipe Perancangan Penentuan Jumlah Kendaraan pada Zona Penyangga TPA Sampah ini diharapkan dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan dalam pembuatan tempat pengolahan sampah.

PRAKATA

Dengan mengucapkan Alhamdulillah kepada Allah swt akhirnya kami berhasil menyelesaikan penelitian dan laporan hasil Penelitian Dosen Muda (PDM) berjudul ‘Prototipe Rancangan Penentuan Jumlah Kendaraan pada Zona Penyangga TPA Sampah’ yang didanai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.

Penelitian yang kami tekankan kepada pemodelan TPA Sampah berukuran 15 hektar, dimana untuk sistem antrean tunggal dapat menampung total 150 Dump Truck pada zona penyangga, dengan 500 ton sampah per hari yang akan diolah dan untuk sistem antrean ganda dapat menampung total 250 Dump Truck pada zona penyangga, dengan daya tampung 1000 ton sampah per hari. Penentuan Jumlah lokasi dropping (titik buang sampah) yang sesuai juga menjadi perhatian kami, agar keseluruhan proses dari saat Dump Truck memasuki zona penyangga, membuang sampah pada lokasi dropping, sampai keluar dari TPA Sampah berjalan maksimal sesuai dengan waktu yang ditetapkan saat simulasi dan mencapai tujuan yang diharapkan di lapangan. Seluruh perhitungan untuk pengolahan data mentah dan simulasi, kami tulis menggunakan Bahasa Pemrograman Microsoft Visual Basic Versi 6. Dengan kekayaan tipe data, kesederhanaan sintaks, dan kelengkapan fungsi untuk perhitungan matematika dalam kasus kami ternyata sangat membantu, sehingga pekerjaan kami menjadi lebih mudah.

Atas selesainya kegiatan penelitian ini, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Mochammad Munir, MS., selaku Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan kesempatan kepada dosen-dosen di institusi kami untuk melakukan kegiatan penelitian sebagai salah satu bagian utama dari Tridharma Perguruan Tinggi.
2. Prof. Dr. A. Dahana, selaku Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Universitas Indonesia yang telah menindaklanjuti pelaksanaan monitoring terhadap laporan kemajuan Penelitian Dosen Muda kami yang diselenggarakan pada tanggal 11 Desember 2006.

3. Dr. Hamdani Zain, selaku ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Respati Indonesia yang telah memberikan bimbingan, pemantauan, dan dorongan semangat selama pelaksanaan penelitian, dari pengalaman-pengalaman beliau selama ini dalam melaksanakan kegiatan penelitian.
4. Dr. Eko Syamsuddin Hasrito, M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Informasi Universitas Respati Indonesia yang telah banyak memberikan saran-saran dan memacu kami untuk terus mencari informasi dan berpartisipasi dalam kegiatan penelitian, karena juga dalam aktivitas keseharian beliau yang sarat dengan kegiatan penelitian.
5. Bapak Suwardi Atmo Sentono, selaku Dewan Pimpinan Pusat Lembaga Swadaya Masyarakat Tapak Biru yaitu sebuah LSM yang bergerak di bidang penyelamatan lingkungan, yang telah mengarahkan kami dalam kegiatan observasi ke lokasi TPA Sampah Bantar Gebang, Bekasi.

Akhir kata dari laporan hasil penelitian ini diharapkan dapat langsung ditindaklanjuti dengan membangun TPA sampah sesuai dengan prototipe rancangan kami untuk menyelesaikan masalah kemacetan lalu-lintas, krisis lahan, dan perbaikan lingkungan demi keberlanjutan kehidupan di masa depan.

Jakarta, 22 Januari 2007

Ketua Peneliti,

Andi Susilo, S.Kom.

	Halaman
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	2
III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	9
IV. METODE PENELITIAN	9
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	12
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	17
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A. PERSONALIA TENAGA PENELITIAN	
LAMPIRAN B. LAYOUT PROGRAM PERHITUNGAN PERANCANGAN	
PROTOTYPE TPA SAMPAH	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Perhitungan Simulasi Jalur Antrean Tunggal	13
Tabel 2. Hasil Perhitungan Simulasi Jalur Antrean Ganda	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Dropping Sampah Bantar Gebang Bekasi . . .	1
Gambar 2. Dump Truck yang sedang antre di luar TPA sampah . . .	3
Gambar 3. Sistem Antrean Dump Truck dengan Kedatangan dan Kepergian Tunggal	6
Gambar 4. Sistem Antrean Kedatangan Ganda dan Kepergian Tunggal . .	7
Gambar 5. Model Prototipe Antrean Tunggal Instalasi Pengolahan Sampah	14
Gambar 6. Model Prototipe Antrean Ganda Instalasi Pengolahan Sampah .	15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Personalia Tenaga Peneliti

Lampiran B. Layout Program Perhitungan Perancangan Prototipe TPA Sampah

I. PENDAHULUAN

Sebagian kota besar di Indonesia mempunyai masalah dengan sampah kota, utamanya lokasi pembuangan sampah, yang lebih dikenal dengan tempat pembuangan akhir (TPA) sampah. Memang tidak mudah untuk menentukan TPA sampah, karena keberadaan TPA sampah dapat menimbulkan dampak negatif bagi sistem transportasi, perkembangan ekonomi dan sosial, kesehatan, serta lingkungan masyarakat sekitarnya. Oleh karena itu, keberadaan TPA sampah harus diperhitungkan dengan cermat baik luas area maupun lokasinya, sehingga keberadaan TPA sampah dapat meminimalkan dampak negatif tersebut di atas.

Selain itu sistem sanitary landfill yang diterapkan pada TPA sampah dapat menimbulkan masalah pada lokasi dropping (titik pembuangan di TPA sampah). Sampah menumpuk pada lokasi dropping sehingga menyulitkan dump truck untuk membuang sampah, seperti terlihat pada gambar 1. Di sekitar lokasi dropping dapat terjadi pencemaran plastik dan logam berat pada tanah, pencemaran logam berat pada air tanah, dan pencemaran udara akibat keluarnya gas metan, gas amoniak, dan gas sulfida. Pencemaran tersebut dapat mengganggu kesehatan dan lingkungan.

Gambar 1. Lokasi Dropping Sampah Bantar Gebang Bekasi

Sebagian TPA sampah yang ada di Indonesia belum memiliki zona penyangga. Padahal zona penyangga tidak hanya dapat berfungsi sebagai peredam aroma tak sedap sampah dan sebagai lokasi antrean Dump Truck (kendaraan angkutan sampah) tetapi juga dapat berfungsi sebagai pelindung masyarakat sekitar terhadap longsoran sampah [Sinar Harapan, 2005]. Pemanfaatan zona penyangga sebagai jalan antrean Dump Truck dapat mencegah kemacetan arus lalu-lintas di sekitar suatu TPA sampah. Umumnya kemacetan lalu-lintas dapat menimbulkan masalah ekonomi, kesehatan, sosial, dan keamanan masyarakat sekitar wilayah suatu TPA sampah. Masalah tersebut di atas dapat memicu ketidaksetujuan masyarakat yang wilayahnya akan dijadikan TPA sampah.

Pada penelitian ini, pengkajian difokuskan untuk menentukan luas area suatu TPA sampah yang dikombinasikan dengan pemanfaatan daerah penyangga sebagai wadah antrean kendaraan angkutan sampah, sehingga keberadaan TPA sampah mengatasi masalah sampah dan tidak mengganggu sistem transportasi di sekitarnya. Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan dan simulasi antrean. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu para pengambil keputusan untuk menentukan keberadaan suatu TPA sampah, sehingga permasalahan sampah sebagian kota besar dapat diatasi secara maksimal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sebagian besar TPA sampah di Indonesia tidak memiliki zona penyangga. Padahal zona penyangga dibuat sebagai pembatas antara TPA sampah dan jarak terdekat penduduk di sekitar lokasi TPA sampah. Zona penyangga berfungsi sebagai peredam aroma tak sedap sampah yang berasal dari TPA sampah dan pelindung keselamatan warga sekitar bila terjadi 'musibah' pada suatu TPA sampah, seperti

ledakan yang berasal dari tumpukan sampah yang terjadi di TPA sampah Leuwi Gajah Cimahi, Bandung pada tahun 2005 [Referensi 4].

Pada suatu TPA sampah yang tidak memiliki zona penyangga, Dump Truck harus menunggu giliran masuk ke TPA. Truck pengangkut sampah tersebut antre di sekitar TPA sampah. Antrean Dump Truck tersebut dapat menimbulkan polusi, kemacetan lalu-lintas, masalah sosial di sekitar lokasi TPA sampah.

2.1. Antrean Dump Truck di Sekitar TPA Sampah

Pada suatu TPA sampah, Dump Truck dapat membentuk barisan penunggu giliran untuk membuang sampah di lokasi dropping [Gupta and Hira, 1999]. Kecepatan Dump Truck membuang sampah di lokasi dropping bergantung pada kecepatan alat berat untuk memindahkan sampah pada suatu dumping area. Sehingga sampah tidak menumpuk pada lokasi dropping di suatu TPA sampah.

Gambar 2. Dump Truck yang sedang antre di luar TPA sampah

Sampah yang menumpuk pada suatu lokasi dapat terfermentasi secara alami. Dalam proses fermentasi tersebut terjadi gas metan, gas sulfida, gas amoniak, dan gas lainnya. Gas yang terjadi tersebut dapat menimbulkan ledakan seperti yang terjadi di TPA sampah Leuwi Gajah Cimahi, Bandung [Referensi 4].

Umumnya TPA sampah tidak memanfaatkan zona penyangga sebagai tempat antrean dump truck. Sehingga pada TPA sampah dengan kapasitas 1.000 ton per hari akan didatangi sekitar 500 dump truck pengangkut sampah sehari. Dump truck tersebut dapat membentuk antrean panjang dan menimbulkan kemacetan lalu-lintas di sekitar TPA sampah, seperti terlihat pada gambar 2.

Antrean Dump Truck pada zona penyangga suatu TPA sampah dapat muncul karena 2 (dua) masalah di bawah ini:

- a. Dump Truck yang datang terlalu banyak pada suatu dropping sampah yang terbatas sehingga Dump Truck tersebut harus menunggu giliran untuk membuang sampah di suatu dropping sampah.
- b. Dump Truck yang datang terlalu sedikit pada beberapa dropping sampah; dropping sampah banyak yang tidak terpakai, karena dropping sampah yang tersedia terlalu banyak.

Dalam hal ini masalah jadwal kedatangan Dump Truck dan/atau penyediaan fasilitas pelayanan (Lokasi Dropping Sampah) harus diatur untuk memperoleh keseimbangan optimum antara biaya yang berkaitan dengan waktu menunggu dan waktu idle (belum dimanfaatkan).

2.2. Karakteristik Model Antrean

Suatu model antrean dapat ditentukan melalui 6 (enam) karakteristik utama yang meliputi:

1. Input (distribusi kedatangan Dump Truck)
2. Output (distribusi keberangkatan Dump Truck)
3. Jumlah lokasi dropping sampah
4. Jumlah lintasan antrean Dump Truck
5. Jumlah maksimum Dump Truck yang diijinkan dalam sistem
6. Pola kedatangan yang terbagi secara terbatas (finite) atau tak terbatas (infinite)

2.3. Elemen Sistem Antrean

Antrean merupakan suatu fenomena yang sering terjadi dalam kehidupan kita sehari-hari. Beberapa karakteristik dasar pada suatu fenomena antrean adalah

- a. Jumlah kedatangan Dump Truck pada interval waktu beraturan atau random (tidak beraturan) ke service centre (Lokasi Dropping sampah).
- b. Satu atau lebih lintasan antrean yang dapat digunakan untuk menuju ke lokasi dropping sampah, seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

2.4. Antrean Kelompok (Bulk Queue)

1. Peraturan Umum

Peraturan umum yang berlaku dalam Model Antrean adalah DPDP (Datang Pertama, Dilayani Pertama atau first come, first served). Begitu juga dalam masalah antrean Dump Truck, untuk membuang sampah di lokasi dropping pada

suatu TPA sampah. Dump Truck sampah datang dan pergi mengikuti prosedur antrean yang umum berlaku [Gupta and Hira, 1999].

2. Gabungan Antrean Kedatangan dan Kepergian

Gabungan antrean kedatangan dan kepergian dalam suatu sistem antrean Dump Truck pada suatu TPA sampah dapat ditentukan dengan antrean kedatangan dan kepergian tunggal atau antrean ganda dan kepergian tunggal [Hamdy, 1997], seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4, yang merupakan ilustrasi hubungan antara Antrean Dump Truck dan Instalasi Lokasi Dropping Sampah yang tertera pada Gambar 1 di atas. Pada sistem antrean tersebut di atas, baik pada jalur antrean Dump Truck tunggal maupun ganda dapat menggunakan Lokasi Dropping sampah sebanyak 4 sampai 10 Lokasi Dropping sampah, sehingga sistem antrean dapat diperpendek dan penggunaan Lokasi Dropping sampah dapat digunakan secara optimal [Printezis and Detlefs, 2000].

Gambar 3. Sistem Antrean Dump Truck dengan Kedatangan dan Kepergian Tunggal

Gambar 4. Sistem Antrean Kedatangan Ganda dan Kepergian Tunggal

2.5. Kinerja Sistem

Parameter kinerja sistem meliputi jumlah Dump Truck dalam sistem antrean [Hamdy, 1997], tingkat kegunaan lokasi dropping, jumlah Dump Truck dalam jalur antrean, waktu menunggu setiap dump Truck dalam sistem, dan waktu menunggu setiap Dump Truck dalam jalur antrean yang didefinisikan sebagai berikut:

1. Rerata Kedatangan Dump Truck per jam di TPA Sampah,

$$\lambda = \frac{JDT}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana JDT = Jumlah Dump Truck

T = Periode Maksimum Total Dump Truck (Periode Puncak)

2. Tingkat Kedatangan Dump Truck per jam di TPA Sampah,

$$\mu = \frac{60}{Wp} \dots\dots\dots (2)$$

3. Jumlah Lokasi Dropping S (3)

4. Tingkat Kegunaan Lokasi Dropping Sampah,

$$p = \frac{\lambda}{\mu S} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots (4)$$

5. Probabilitas tiada kedatangan Dump Truck, $n = 0 - (S-1)$,

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \left\{ \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} \right\} + \frac{(\lambda / \mu)^S}{S!(1 - \frac{\lambda}{S\mu})}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

6. Jumlah rerata Dump Truck menunggu untuk dilayani,

$$N_q = \frac{\frac{\lambda}{\mu} (\frac{\lambda}{\mu})^S}{(S-1)!(S\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

7. Jumlah Dump Truck dalam sistem antrean,

$$N_t = N_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad \dots\dots\dots (7)$$

8. Waktu Tunggu rerata Dump Truck dalam sistem antrean,

$$t_q = \frac{P_0}{\mu S(S-1)!(1 - \frac{\lambda}{S\mu})^2} \cdot (\frac{\lambda}{\mu})^S \quad \dots\dots\dots (8)$$

9. Total Waktu Tunggu rerata semua Dump Truck dalam sistem antrean,

$$t_t = t_q + \frac{1}{\mu} \quad \dots\dots\dots (9)$$

10. Probabilitas Dump Truck menunggu,

$$P_w = (\frac{\lambda}{\mu})^S \frac{P_0}{S!(1 - \frac{\lambda}{S\mu})} \quad \dots\dots\dots (10)$$

III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian Prototipe Rancangan Penentuan Jumlah Dump Truck pada Zona Penyangga TPA Sampah dilakukan untuk menentukan luas dan sistem antrean kendaraan angkutan sampah pada zona penyangga suatu TPA sampah, supaya zona penyangga dapat dimanfaatkan secara maksimal. Sehingga keberadaan TPA sampah dapat berfungsi secara optimal dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat sekitarnya.

3.2. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian Prototipe Rancangan Penentuan Jumlah Kendaraan Pada Zona Penyangga TPA Sampah ini diharapkan dapat menentukan luas lokasi TPA sampah minimal dan pemanfaatan daerah penyangga secara maksimal. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu model TPA sampah sesuai dengan tingkat kepadatan penduduk suatu kota serta dapat dijadikan sebagai suatu acuan dalam pengambilan keputusan bagi para Kepala Daerah untuk membuat TPA sampah di wilayahnya masing-masing.

IV. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk meneliti penentuan luas area dan pemanfaatan daerah penyangga sebagai wadah antrean kendaraan angkutan sampah meliputi rancangan penelitian, teknik pengumpulan dan analisis data, cara penafsiran, dan penyimpulan hasil penelitian.

1. Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pemodelan dan simulasi antrean menggunakan perangkat lunak Visual Basic versi 6. Rancangan penelitian ditentukan melalui tahapan sebagai berikut:

a. Pengumpulan Informasi

Informasi awal meliputi data jumlah penduduk dan sampah, luas wilayah, rencana tata ruang dan wilayah, serta peta lokasi suatu kota. Informasi akan dikumpulkan melalui berbagai sumber, seperti buku, Peraturan Daerah, media cetak dan elektronik, serta sumber lain yang terkait.

b. Peninjauan TPA Sampah dan Calon Lokasi

Peninjauan ke beberapa TPA sampah dilakukan untuk memperoleh data kendaraan (berat dan volume angkutan), kecepatan penurunan sampah dari suatu kendaraan angkutan, kecepatan pemilahan sampah, sistem pengolahan sampah, dan data yang diperlukan lain.

2. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

a. Teknik Pengumpulan Data

- 1). Pengumpulan data awal dilakukan melalui referensi, jurnal, interview, media cetak, dan elektronik mengenai permasalahan TPA sampah.
- 2). Pengumpulan data hasil penelitian akan disusun secara tabulasi dengan menggunakan komputer.

b. Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis melalui pendekatan suatu teori dan keadaan lapangan. Analisis data akan dilakukan dengan bantuan komputer.

Berdasarkan data tersebut akan dibuat pemodelan dan simulasi antrean menggunakan software Visual Basic versi 6.

c. Simulasi Model Antrean dan Pemodelan

1). Simulasi Model Antrean

Simulasi Model Antrean digunakan untuk menentukan luas lokasi daerah penyangga yang dapat dimanfaatkan sebagai antrean kendaraan angkutan sampah yang akan masuk ke TPA sampah. Perhitungan Simulasi Model Antrean akan dilakukan dengan menggunakan software Visual Basic versi 6. Parameter yang digunakan antara lain panjang dan lebar kendaraan angkutan sampah, kecepatan kendaraan mulai masuk, membuang, dan keluar dari lokasi pembuangan sampah, jumlah titik pembuangan sampah, dan kecepatan pemilahan petugas sampah.

2). Pemodelan

Hasil perhitungan Model Antrean akan digunakan untuk menentukan luas area daerah penyangga dan jumlah kendaraan yang dapat diparkir untuk menunggu giliran dalam pembuangan sampah di suatu lokasi pembuangan. Pemodelan TPA Sampah Ideal akan disesuaikan dengan luas wilayah dan jumlah penduduk suatu kota, supaya permasalahan sampah dapat diselesaikan secara maksimal.

c. Cara Penafsiran dan Penyimpulan Hasil Penelitian

1). Cara Penafsiran

Cara penafsiran dilakukan dengan pendekatan hasil pemodelan dan simulasi dengan kenyataan lapangan. Apabila hasil pemodelan TPA sampah berbeda dengan suatu TPA sampah yang ada, maka pemodelan

akan disesuaikan dengan pendekatan parameter yang dimiliki oleh TPA sampah yang bersangkutan.

2). Penyimpulan Hasil Penelitian

Hasil penelitian akan disimpulkan dengan mengacu pada permasalahan, tujuan, metode penelitian, hasil yang diperoleh, serta pendekatan dengan TPA sampah yang sudah ada di suatu kota. Dengan demikian Pemodelan TPA sampah memenuhi syarat ideal untuk kota yang bersangkutan.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan tingkat kegunaan lokasi dropping, Probabilitas tiada kedatangan Dump Truck, Jumlah rerata Dump Truck menunggu untuk dilayani, Jumlah Dump Truck dalam sistem antrean, Waktu Tunggu rerata Dump Truck dalam sistem antrean, Total Waktu Tunggu rerata semua Dump Truck dalam sistem antrean, dan Probabilitas Dump Truck menunggu menggunakan persamaan 1 sampai persamaan 10 di atas. Sementara data luas area TPA sampah, jumlah lokasi dropping, waktu pelayanan lokasi dropping, jumlah kedatangan puncak Dump Truck dalam 4 jam menggunakan data simulasi yang disesuaikan dengan kejadian di TPA sampah Bantar Gebang Bekasi, TPA sampah Galuga Bogor, dan TPA Sampah Situbondo.

Perhitungan simulasi untuk Luas TPA sampah (area) 15 hektar, jumlah garis antrean (JGA) 1 (satu) jalur, jumlah Dump Truck (JDT) 150 kendaraan dalam periode puncak 4 jam, jumlah lokasi dropping (S) 4 sampai 6 menit, waktu pelayanan lokasi dropping (Wp) 2 sampai 7 menit; hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil perhitungan simulasi pada Tabel 1, untuk Luas TPA sampah (area) 15 hektar, jumlah garis antrean (JGA) 1 jalur, jumlah Dump Truck (JDT) 150

kendaraan dalam periode puncak 4 jam, waktu pelayanan lokasi dropping 6 menit; kita dapat memilih jumlah lokasi dropping 4 titik. Sebab menurut perhitungan nilai tingkat kegunaan lokasi dropping (p) sebesar 93,75 %, nilai probabilitas tiada kedatangan Dump Truck adalah 65,42 %, jumlah rerata Dump Truck menunggu untuk dilayani sebanyak 1 Dump Truck, jumlah Dump Truck dalam sistem antrean sebanyak 4 Dump Truck, waktu rerata Dump Truck dalam sistem antrean selama 0,35 menit, total waktu rerata semua Dump Truck dalam sistem antrean selama 0,45 menit, dan nilai probabilitas Dump Truck menunggu adalah 86,26 %. Dengan kata lain nilai tersebut merupakan ketentuan ideal untuk pembangunan suatu TPA sampah dengan sistem antrean Dump Truck tunggal.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Simulasi Jalur Antrean Tunggal

No.	W _p (menit)	p (%)	P _o (%)	N _q (DT)	N _t (DT)	t _q (Menit)	t _t (Menit)	P _w (%)	Keterangan
1. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 2 menit									
	4	31,25	28,56	2,37	1,25	5,70	3,39	4,70	
	5	25,00	32,96	4,39	1,25	9,93	3,34	1,12	
	6	20,83	33,26	6,51	1,25	1,56	3,33	0,22	
2. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 3 menit									
	4	46,87	14,35	3,07	1,88	3,27	5,33	13,91	
	5	37,50	13,68	6,34	1,88	6,76	5,07	4,23	
	6	31,25	14,11	1,41	1,88	1,50	5,02	1,24	
3. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 4 menit									
	4	62,50	6,97	2,24	2,50	1,34	8,01	30,27	
	5	50,00	7,3380	5,31	2,50	3,18	6,98	11,94	
	6	41,67	7,3630	1,36	2,50	8,15	6,75	4,28	
4. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 5 menit									
	4	78,12	3,1089	1,40	3,14	5,38	0,14	56,47	
	5	62,50	4,0612	3,11	3,13	1,19	9,53	26,90	
	6	52,08	4,4053	8,98	3,13	3,45	8,68	11,89	
5. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 6 menit									
	4	93,75	65,42	0,13	3,88	0,35	0,45	86,26	Hasil ideal
	5	75,00	1,8610	1,38	3,76	0,04	0,14	46,02	
	6	62,50	2,2075	3,79	3,75	1,01	0,11	22,74	
6. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 7 menit									
	4	109,37	- 74,72	-0,19	4,1817	-0,3785	-0,2618	121,67	
	5	87,50	66,28	6,75	4,4428	0,1332	0,2486	70,84	
	6	72,92	107,57	0,01	4,3891	2,7773	0,1444	38,68	

Model prototipe rancangan TPA sampah dapat ditentukan dengan luas 15 hektar, 1 jalur antrean Dump Truck yang dapat menampung 150 Dump Truck dalam 4 jam sekaligus dengan 4 lokasi dropping dan dapat dapat menampung sampah 500 ton per hari. Prototipe rancangan TPA sampah tersebut dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 5. Model Prototipe Antrean Tunggal Instalasi Pengolahan Sampah

Sementara perhitungan simulasi untuk Luas TPA sampah (area) 15 hektar, jumlah garis antrean (JGA) 2 (dua) jalur, jumlah Dump Truck (JDT) 150 kendaraan dalam periode puncak 4 jam, jumlah lokasi dropping (S) 4 sampai 6 menit, waktu pelayanan lokasi dropping (Wp) 2 sampai 7 menit; hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil perhitungan simulasi pada Tabel 2, untuk Luas TPA sampah (area) 15 hektar, jumlah garis antrean (JGA) 2 jalur, jumlah Dump Truck (JDT) 250 kendaraan dalam periode puncak 4 jam, waktu pelayanan lokasi dropping 6 menit; kita dapat memilih jumlah lokasi dropping 3 titik.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Simulasi Jalur Antrean Ganda

No.	W _p (menit)	p (%)	P _o (%)	N _q (DT)	N _t (DT)	t _q (Menit)	t _t (Menit)	P _w (%)	Keterangan
1. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 2 menit									
	4	52,08	11,58	2,29	2,08	3,30	3,66	18,96	
	5	41,67	11,68	5,20	2,08	7,48	3,41	6,55	
	6	34,72	12,23	1,26	2,08	1,81	3,35	2,13	
2. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 3 menit									
	4	78,12	3,11	5,04	3,13	3,23	8,23	56,47	Hasil ideal
	5	62,50	4,06	1,12	3,13	7,17	5,72	26,90	
	6	52,08	4,41	3,23	3,13	2,07	5,21	11,89	
3. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 4 menit									
	4	104,17	-0,36	-0,12	4,05	-0,44	-0,37	109,44	
	5	83,33	0,98	1,37	4,18	4,93	0,12	61,69	
	6	69,44	1,37	3,30	4,17	1,189	7,85	32,68	
4. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 5 menit									
	4	130,20	-1,74	-0,05	5,16	-0,12	-3,84	176,52	
	5	104,17	-0,14	-0,19	5,02	-0,44	-0,36	110,85	
	6	86,81	0,32	0,03	5,24	6,97	0,15	66,26	
5. Hasil Perhitungan dengan Waktu Pelayanan Lokasi Dropping 6 menit									
	4	156,25	-2,22	-6,97	6,18	-0,11	-1,16	251,02	
	5	125,00	-0,54	-8,55	6,16	-0,14	-3,68	171,01	
	6	104,17	-5,63	-0,28	5,97	-0,45	-0,35	111,88

Gambar 6. Model Prototipe Antrean Ganda Instalasi Pengolahan Sampah

Keterangan:

- 1 : Lokasi Dropping
- 2 : Belt conveyor Pemindah Sampah
- 3 : Instalasi Pengolahan Pupuk Cair

- 4 : Instalasi Pembuatan Pakan Ternak
- 5 : Instalasi Pengolahan Pupuk Padat
- 6 : Instalasi Pengolahan Gas Methan
- 7 : Instalasi Pengolahan Bijih Plastik
- 8 : Lokasi Pengumpulan Logam & Seng
- 9 : Lokasi Pengumpulan Aluminium & Kaca
- 10 : Lokasi Pengumpulan Karet dan Kain
- 11 : Lokasi Pengangkutan Produksi
- 12 : Lokasi Tungku Berfilter
- 13,14 : Lokasi Pengolahan Bata dan Blok Beton
- 15 : Kantor

Sebab menurut perhitungan nilai tingkat kegunaan lokasi dropping (p) sebesar 78,12 %, nilai probabilitas tiada kedatangan Dump Truck adalah 65,42 %, jumlah rerata Dump Truck menunggu untuk dilayani sebanyak 5 Dump Truck, jumlah Dump Truck dalam sistem antrean sebanyak 3 Dump Truck, waktu rerata Dump Truck dalam sistem antrean selama 3,23 menit, total waktu rerata semua Dump Truck dalam sistem antrean selama 8,23 menit, dan nilai probabilitas Dump Truck menunggu adalah 56,47 %. Dengan kata lain nilai tersebut merupakan ketentuan ideal untuk pembangunan suatu TPA sampah dengan sistem antrean Dump Truck ganda.

Model prototipe rancangan TPA sampah dapat ditentukan dengan luas 15 hektar, 2 jalur antrean Dump Truck yang dapat menampung 250 Dump Truck dalam 4 jam sekaligus dengan 3 lokasi dropping dan dapat dapat menampung sampah 1.000 ton per hari. Prototipe rancangan TPA sampah tersebut dapat dilihat pada gambar 6.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian penelitian Prototipe Rancangan Penentuan Jumlah Kendaraan pada Zona Penyangga TPA Sampah dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. TPA sampah perlu dikelilingi dengan zona penyangga supaya dapat memperindah lokasi TPA sampah dan dapat meredam aroma tak sedap dari TPA sampah.
2. Zona penyangga selain dapat berfungsi sebagai jarak pemisah antara pusat pengolahan sampah dan rumah penduduk juga dapat berfungsi sebagai penampungan antrean Dump Truck pengangkut sampah.
3. Pembangunan TPA sampah untuk kapasitas sampah 500 ton per hari dapat menggunakan zona penyangga dengan sistem antrean tunggal, sehingga zona penyangga dapat menampung 150 Dump Truck sekaligus.
4. Sementara pembangunan TPA sampah untuk kapasitas sampah 1.000 ton per hari dapat menggunakan zona penyangga dengan sistem antrean ganda, sehingga zona penyangga dapat menampung 250 Dump Truck sekaligus.
5. TPA sampah yang dilengkapi dengan sistem antrean Dump Truck pada zona penyangga diharapkan dapat mengatasi masalah transportasi dan sosial di sekitar TPA sampah.

6.2. Saran

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengambil keputusan untuk membuat TPA sampah di Pemerintah Daerah Tingkat II/Kabupaten.

2. TPA sampah yang menggunakan sistem sanitary landfill sebaiknya diganti dengan Instalasi Pengolahan Sampah Berwawasan Lingkungan (PSBL), karena sistem PSBL dapat mengolah seluruh sampah menjadi barang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Gupta, P.K. and Hira, P.S. (1999), **Introduction to Operations Research**, S. Chand & Company Ltd., New Delhi.
- Hamdy, A. Toha (1997), **Riset Operasi Suatu Pengantar**, Jilid 2, Edisi Kelima, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Printezis, T. and Derlefs, D. (2000), **A Generational Mostly-concurrent Garbage Collector**, Email Address: tony@dcs.gla.ac.uk, david.detlefs@sun.com.
- Sinar Harapan (2005), **8 Tewas, 139 Hilang Tertimbun Sampah di Bandung**, Surat Kabar Sinar Harapan, Edisi 21 Februari 2005, Bandung.
- Taylor III, B.W. (1990), **Introduction to Management Science**, Allyn and Bacon, Toronto.

Lampiran A. Personalia Tenaga Peneliti

1. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Andi Susilo S.Kom
- b. Golongan/Pangkat/NIP : 102703104
- c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- d. Jabatan Struktural : Kepala Program Studi Teknik Informatika dan Sistem Komputer
- e. Fakultas/Program Studi : Fak. Teknologi Informasi/Teknik Informatika
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Respati Indonesia, Jakarta
- g. Bidang Keahlian : Komputer
- h. Waktu untuk Penelitian ini : 10 jam/minggu

2. **Susunan Tim Peneliti** : 1. Syamsul Abbas Ras, M.Eng
(maksimum 2 orang) 2. -

3. **Tenaga Laboran/Teknisi** : 1. Triyono
(maksimum 2 orang) 2. Dody Ikmal

4. **Pekerja Lapangan/Pencacah** : Tidak Ada

5. **Tenaga Administrasi** : Tidak Ada
(1 orang)

Lampiran B. Layout Program Perhitungan Perancangan Prototipe TPA Sampah

Layout Program Perhitungan Perancangan Prototipe TPA Sampah ditulis menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic Versi 6 (Program lengkap disertakan pada CD laporan), dengan tampilan sederhana yang hanya terdiri dari dua window yaitu Tampilan Awal (PrototipeIntro) (gambar L.1.) dan Form Utama (gambar L.2.) sebagai berikut:

Gambar L.1. Tampilan awal (PrototipeIntro)

Window PrototipeIntro berisi judul Penelitian Dosen Muda, identitas peneliti, dan nomor surat perjanjian penelitian, sedangkan window Form Utama terdiri dari Frame Input dan Frame Output. Frame Input berisi variabel-variabel yang harus dientrikan pertama kali sebelum melaksanakan eksekusi pada tombol proses, variabel-variabel tersebut adalah

- ⊕ Area (Luas Instalasi Pengolahan Sampah),
- ⊕ JGA (Jalur Garis Antrean),
- ⊕ JDT (Jumlah Dump Truck),
- ⊕ S (Jumlah Lokasi Dropping Sampah),
- ⊕ T (Periode Maksimum Total Dump Truck), dan
- ⊕ W_p (Waktu Rerata Pelayanan Dump Truck di Lokasi Dropping).

Gambar L.2. Form Utama

Sedangkan Frame Output berisi variabel-variabel hasil dari proses, setelah tombol proses ditekan. Variabel-variabel tersebut antara lain

- ⊕ λ (Jumlah Rerata Dump Truck per Jam),
- ⊕ μ (Tingkat Kedatangan Dump Truck per Jam),
- ⊕ p (Tingkat Kegunaan Lokasi Dropping),
- ⊕ P_0 (Probabilitas Tiada Kedatangan Dump Truck),
- ⊕ N_q (Jumlah Rerata Dump Truck Menunggu untuk Dilayani),
- ⊕ N_t (Jumlah Dump Truck dalam Sistem Antrean),
- ⊕ t_q (Waktu Rerata Dump Truck dalam Sistem Antrean),
- ⊕ t_t (Total Waktu Rerata Semua Dump Truck dalam Sistem Antrean), dan
- ⊕ P_w (Probabilitas Dump Truck Menunggu).

Rumus perhitungan variabel-variabel pada Frame Output (gambar L.2.) sesuai dengan persamaan 1-10 (hal. 7-8) sebagai berikut:

1. Rerata Kedatangan Dump Truck per jam di TPA Sampah,

$$\lambda = \frac{JDT}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana JDT = Jumlah Dump Truck

T = Periode Maksimum Total Dump Truck (Periode Puncak)

2. Tingkat Kedatangan Dump Truck per jam di TPA Sampah,

$$\mu = \frac{60}{Wp} \dots\dots\dots (2)$$

3. Jumlah Lokasi Dropping S $\dots\dots\dots (3)$

4. Tingkat Kegunaan Lokasi Dropping Sampah,

$$p = \frac{\lambda}{\mu S} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots (4)$$

5. Probabilitas tiada kedatangan Dump Truck, $n = 0 - (S-1)$,

$$P_o = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S-1} \left\{ \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} \right\} + \frac{(\lambda / \mu)^S}{S!(1 - \frac{\lambda}{S\mu})}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

6. Jumlah rerata Dump Truck menunggu untuk dilayani,

$$N_q = \frac{\frac{\lambda}{\mu} (\frac{\lambda}{\mu})^S}{(S-1)!(S\mu - \lambda)^2} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (6)$$

7. Jumlah Dump Truck dalam sistem antrean,

$$N_t = N_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad \dots\dots\dots (7)$$

8. Waktu Tunggu rerata Dump Truck dalam sistem antrean,

$$t_q = \frac{P_o}{\mu S(S-1)!(1 - \frac{\lambda}{S\mu})^2} \cdot (\frac{\lambda}{\mu})^S \quad \dots\dots\dots (8)$$

9. Total Waktu Tunggu rerata semua Dump Truck dalam sistem antrean,

$$t_t = t_q + \frac{1}{\mu} \quad \dots\dots\dots (9)$$

10. Probabilitas Dump Truck menunggu,

$$P_w = (\frac{\lambda}{\mu})^S \frac{P_o}{S!(1 - \frac{\lambda}{S\mu})} \quad \dots\dots\dots (10)$$