

Optimasi Pemakaian Alat Berat untuk Pekerjaan *Sanitary Landfill* di TPA Samarinda

Dharma Aviva, Hidayat, Mangkona

Jurusan Teknik Mesin, Prog. Studi Teknik Alat Berat Politeknik Negeri Samarinda
e-mail : darmaaviva70@gmail.com

Abstrak. *Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk mengakibatkan produksi sampah meningkat setiap harinya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui penerapan penggunaan alat-alat berat, sesuai dengan kriteria teknik penimbunan sampah secara sanitary landfill pada TPA Samarinda. Setelah diadakan optimasi alat maka akan diketahui jenis serta jumlah alat yang akan dipergunakan. Kegiatan penelitian meliputi pengumpulan data, observasi lapangan, analisa regresi dan kajian variabel optimasi unjuk kerja alat-alat berat untuk pekerjaan sanitary landfill TPA. Hasil analisis didapat; tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 1,966%, pertumbuhan PDRB sebesar 1,893%, tingkat pertumbuhan timbulan sampah per tahun sebesar 1,89%, volume sampah yang masuk ke TPA Samarinda pada tahun 2013 sebesar 4.410,958 m³ / hari naik menjadi 6.769,424 m³ /hari pada tahun 2014. Berdasarkan optimasi unjuk kerja Alat Berat untuk pengelolaan sampah secara sistem sanitary landfill di TPA Samarinda dengan jumlah volume sampah sebanyak 4.411 m³ /hari, yang dikerjakan selama 10 jam kerja perhari memerlukan jumlah alat berat sebanyak 7 buah terdiri dari : 4 buah bulldozer 1 buah backhoe 1 buah Dump truck dan 1 buah roller.*

Kata Kunci : *Alat berat, optimasi, sanitary landfill*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan dan penambahan penduduk yang semakin pesat di kota-kota besar di seluruh Indonesia, berdampak terhadap lingkungan baik fisik maupun non fisik di berbagai bidang, dan salah satunya yang berhubungan dengan masalah kebersihan dan keindahan. Indikator kebersihan kota dapat dilihat pada aspek pengelolaan limbah padat (sampah) perkotaannya. Untuk menanggulangi permasalahan pengelolaan sampah hampir seluruh kota besar di Indonesia termasuk kota Samarinda membentuk suatu Perusahaan Daerah (PD) Kebersihan yang menangani kebersihan kota dan bertugas melakukan pengelolaan sampah perkotaan. Mempertimbangkan manajemen pengelolaan sampah terdiri atas berbagai subsistem seperti subsistem kelembagaan, teknis operasional, keuangan, hukum dan peraturan juga peran serta masyarakat maka perlu dilakukan optimasi didalam semua aspek tersebut. Terutama pada aspek teknis operasional yang dimulai dari tahapan pewadahan, pengumpulan, pengangkutan dan pengolahan sampah di lokasi TPA. Operasional pengolahan tanah termasuk pengolahan sampah di TPA akan efektif bila dilakukan dengan menggunakan peralatan berat sebagaimana konsep efektifitas secara ekonomi teknik (Kodoatie, 2003).

Pengolahan limbah padat (sampah) di TPA yang paling baik dan berwawasan lingkungan (Damanhuri, 1994) adalah dengan sistem *sanitary landfill* disamping ada sistem lain yang tidak direkomendasi seperti *open dumping* dan *controlled landfill*. Suatu keharusan yang mutlak dilakukan pada sistem *sanitary landfill* adalah penyiapan lahan (*land clearing* dan *land stripping*), pekerjaan penghamparan limbah, perataan limbah, pemadatan limbah, serta penutupan lahan TPA. Semua pekerjaan tersebut tidak bisa dilakukan secara manualisasi tentunya membutuhkan peralatan berat sesuai dengan kebutuhan dan tipe serta fungsinya.

Berpijak pada kondisi yang ada di TPA Samarinda, maka perlu dilakukan peningkatan pengelolaan sampah dengan mengoptimalkan penggunaan dan pemilihan alat berat sesuai kebutuhan. Hal ini diharapkan dapat membantu mempercepat proses pengolahan sampah sehingga volume timbunan sampah dapat dikurangi, disamping mengurangi tingkat pencemaran yang mungkin terjadi di sekitar lingkungan TPA Samarinda.

2. Kajian Teori

H. Sistem Lahan Urug Saniter (Sanitary landfill)

Teknik pengolahan sampah dengan sistem *sanitary landfill* merupakan metode penimbunan akhir sampah yang paling baik dari ketiga metode penimbunan akhir yang ada. Metode yang diterapkan pada sistem *sanitary landfill* lebih sulit dan kompleks dibandingkan dengan kedua sistem terdahulu karena memerlukan perlakuan khusus dan konstruksi tertentu. Pada sistem ini penutupan sampah dengan lapisan tanah dilakukan pada setiap akhir hari operasi, sehingga setelah operasi berakhir tidak akan terlihat adanya timbunan sampah. Dengan cara ini, pengaruh timbunan sampah terhadap lingkungan akan sangat kecil.

Kebaikan dari sistem *Sanitary landfill* :

1. Sistem ini sangat *fleksibel* dalam penanganan saat terjadi fluktuasi dalam jumlah timbunan sampah.
2. Mampu menerima segala jenis sampah sehingga mengurangi pekerjaan pemisahan awal sampah.
3. Memberikan dampak positif bagi estetika kota, yang mungkin timbul akibat adanya sampah dapat dieliminasi.
4. Adanya penanganan khusus untuk lindi dan gas hasil dekomposisi sampah agar tidak mencemari lingkungan.
5. Luas lahan yang dibutuhkan untuk sistem *sanitary landfill* lebih kecil dari pada sistem *open dumping* karena pengurangan volume akibat pemadatan

Kekurangan dari Sistem *Sanitary landfill* :

1. Metode yang diterapkan cukup komplek, sehingga memerlukan peralatan dan konstruksi khusus.
2. Biaya pembangunan awal cukup mahal.

II. Kegiatan Operasional Alat Berat

Berbagai kegiatan operasional penimbunan sampah di lahan penimbunan terdiri dari beberapa kegiatan dibawah ini sesuai dengan kebutuhan peralatannya :

A. 1. Penghamparan.

Kegiatan operasi penimbunan sampah diawali dengan kegiatan penghamparan sampah yang bertujuan untuk memindahkan sampah menuju ke dalam lokasi kerja penimbunan yang terdiri subpekerjaan pengambilan dan subpenyebaran sampah (*feeding* dan *spreading-in*). Jenis kegiatan ini dilakukan oleh alat berat *bulldozer*.

B. 2. Perataan/Penataan.

Perataan atau penataan sampah yang sudah berada di lokasi penimbunan dilakukan oleh alat berat *bulldozer*.

3. Pemadatan.

Alat yang digunakan untuk pekerjaan pemadatan sampah yaitu *Bulldozer* dengan cara sebagai berikut:

- Lapisan timbunan sampah dipadatkan dengan cara digiling sebanyak 5-7 kali sehingga didapatkan kepadatan optimum 600-650 kg/m³.
- Operasi kerja *bulldozer* harus diatur dengan baik agar tidak mengganggu lalu lintas operasi pengangkutan.

C. 4. Penutupan lapisan sampah

Penutupan lapisan sampah dilakukan setiap akhir operasi pada sel harian yaitu sebagai berikut:

- Pada akhir penimbunan sampah harus dilakukan penutupan timbunan tersebut dengan tanah urugan yang sudah disiapkan sebelumnya.
- Tanah penutup disiapkan dan diambil dari bukit sebagai quarry (sumber material) dari lokasi TPA. Pengangkutan tanah penutup dilakukan dengan menggunakan *Dump truck*.
- Penggalian dan penumpukan tanah penutup menggunakan *excavator*.
- Setelah lapisan tanah penutup dihamparkan kemudian langsung dipadatkan kembali dengan *Roller 2 – 3* sehingga diperoleh kepadatan dan ketebalan.

D. Pemilihan Penggunaan Jenis Alat Berat.

Sesuai dengan tahapan pada pekerjaan pengelolaan sampah di lokasi TPA pada umumnya, termasuk TPA Samarinda maka beberapa peralatan yang diperlukan adalah :

1. Bulldozer merupakan peralatan yang sangat baik untuk operasi penghamparan perataan/penata, pemadatan serta penimbunan.
2. Backhoe dipergunakan untuk operasi penggalian dan penimbunan.
3. Dump truck digunakan untuk mengangkut tanah urugan sebagai penutup sampah.
4. Roller (Landfill Compactor) digunakan untuk pemadatan tanah diatas timbunan sampah pada lokasi TPA.

Tabel 1: Matrik Fungsi Alat-Alat Berat yang dipergunakan dalam pengelolaan sampah untuk pekerjaan system *Sanitary landfill* TPA.

Jenis Pekerjaan	Jenis Alat Berat			
	Bulldozer	Backhoe	Roller	Dump truck
Galian Tanah	-	X ₂	-	-
Penataan Sampah	X ₁	-	-	-
Perataan Sampah	X ₁	-	-	-
Pemadatan Sampah	X ₁	-	-	-
Penutupan Sampah	-	-	-	X ₄
Pemadatan Tanah	-	-	X ₃	-

Tidak semua jenis alat-alat berat dapat digunakan untuk mencapai tujuan-tujuan diatas. Untuk itu dibutuhkan pengetahuan tentang teknik pemilihan dan penggunaan alat berat agar dalam suatu pekerjaan diperoleh jenis alat berat yang tepat sesuai dengan kondisi pekerjaan, dan mampu berproduksi tinggi dengan biaya yang relatif rendah. Sebelum memilih jenis alat yang akan dipakai harus diketahui terlebih dahulu sifat-sifat teknis dan kapasitas produksinya dari alat-alat berat tersebut.

3. Prosedur Penelitian

Model Matematis Optimasi Unjuk Kerja Alat Berat

Untuk dapat menyelesaikan masalah optimasi salah satu caranya adalah dengan menggunakan program linier dengan terlebih dahulu harus dibuat model matematis, yang terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi kendala, dengan fungsi tujuan meminimumkan jumlah alat berat pada fungsi tujuan.

1. Minimumkan

$$Z = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan

Z = Jumlah alat yang diperoleh

a_1 sampai a_5 = koefisien X

X_1 sampai X_5 = Jenis alat berat

Fungsi pembatas permasalahan dibagi menjadi :

1. Batasan ini ditentukan dengan jumlah jam waktu kerja dalam satu hari

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \leq H_p \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan;

H_p = Penyediaan waktu kerja (jam/hari)

2. Fungsi pembatas biaya (cost)

$$C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + C_5 X_5 \leq C_P \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan;

C = Biaya operasional alat berat (Rp/m³)

C_P = Biaya Satuan Pekerjaan *Sanitary landfill* (Rp/m³)

3. Fungsi pembatas produktivitas alat berat.

$$P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3 + P_4 X_4 + P_5 X_5 \geq V_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan

P = Produktivitas Alat Berat (m³/jam)

V_s = Volume sampah (m³/hari)

Batasan-batasan optimasi unjuk kerja alat berat untuk mencapai kondisi ideal, dalam pengelolaan persampahan di lokasi TPA terutama untuk penimbunan sistem *sanitary landfill* adalah : Alat mampu mengelola jumlah volume timbunan sampah, biaya murah dan sesuai kapasitas kemampuan, dan mudah pemeliharaan dan pengoperasional peralatannya.

Untuk mencapai kondisi ideal dilakukan dengan memaksimalkan nilai Y yang selanjutnya diperoleh persamaan optimasi fungsi Y terhadap fungsi X sedemikian rupa yang merupakan persamaan optimal unjuk kerja alat yang dipergunakan di lokasi penimbunan TPA dengan sistem *sanitary landfill*.

E.**F. Variabel Penelitian**

Variabel-variabel penelitian sesuai dengan yang terdapat pada permasalahan adalah seperti diperlihatkan pada tabel 1.

G. Proyeksi penduduk dan PDRB

Proyeksi penduduk dan PDRB diperlukan untuk mengetahui besarnya timbulan sampah Kota Samarinda. Rumus yang digunakan adalah (Kodoatie, 1995m):

$$P_t = P_o * (1 + n)^t \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

P_t = Jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk saat ini (jiwa)

n = Pertumbuhan penduduk rata-rata (%)

t = tahun

$$F_t = P_o * (1 + r)^t \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

F_t = Besarnya PDRB tahun ke t (Rp)

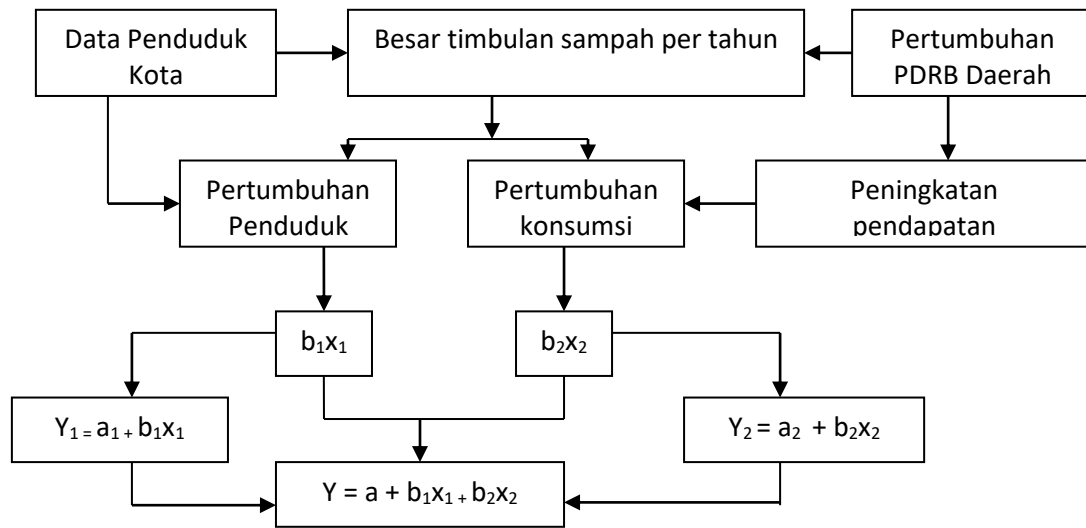
P_o = Besarnya PDRB saat ini (Rp)

r = Pertumbuhan PDRB rata-rata (%)

t = tahun

Besarnya pertumbuhan timbulan sampah dapat dicari dengan rumus persamaan regresi berikut : $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \dots\dots\dots (7)$

Selanjutnya analisis timbulan sampah dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar.1. Diagram alir analisis timbulan sampah

Obyek Penelitian

Lokasi TPA Samarinda terletak di poros Jalan Samarinda - Tenggarong. TPA ini mempunyai luas total kurang lebih 17 Ha. Disebelah barat daya dari lokasi TPA pada jarak kurang lebih 400 meter terdapat perkampungan penduduk yang termasuk dalam kecamatan Samarinda Utara. Pada awal operasinya tahun 1987 TPA Samarinda memiliki luas lahan ± 8 ha. Sampai saat ini TPA Samarinda telah mengalami dua kali perluasan lahan. Perkerjaan pertama adalah seluas $\pm 2,5$ Ha pada tahun 1992 dan terakhir ditambah lagi seluas $\pm 6,6$ Ha sehingga total luas menjadi ± 17 Ha.

III. 4. Pembahasan Hasil Penelitian

A. Prediksi volume timbulan sampah

Untuk mengetahui besarnya volume timbulan sampah terlebih dahulu dicari prediksi tingkat pertumbuhan timbulan sampah per tahun dan prediksi pertumbuhan timbulan sampah perkapita.

1) a. Prediksi tingkat pertumbuhan timbulan sampah

Tingkat pertumbuhan timbulan sampah dapat dicari dengan persamaan regresi berganda (persamaan 7). Hasil perhitungan diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5: Rerata Jumlah Penduduk, PDRB dan Sampah

No	Tahun	Jml. Penduduk (jiwa)	Jml. Penduduk (dalam ribuan)	PDRB Perkapita (dalam ribuan)	Volume sampah (m ³ /hari)
1	1993	1.802.993	1.803	2.618	6.469,00
2	1994	1.816.385	1.816	2.861	6.760,98
3	1995	1.814.885	1.815	2.999	7.022,44
4	1996	1.817.939	1.818	3.156	6.890,00
5	1997	1.782.466	1.782	3.239	7.034,68
6	1998	1.806.409	1.806	3.196	7.689,99
7	1999	1.868.913	1.869	3.353	7.775,28
8	2000	2.036.260	2.036	3.099	7.930,02
9	2001	2.087.777	2.088	3.167	8.011,68
10	2002	2.140.598	2.141	3.127	8.606,56

Berdasarkan hasil analisis data dengan bantuan program SPSS diperoleh persamaan regresi sebagai berikut: $Y = 0,751X_1 + 0.428X_2 - 3960,622$. Adapun besarnya koefisien korelasi ganda (R) = 0,942 dan koefisien determinasi (R^2) = 0,888 atau sebesar 88,8%. Hal ini menunjukkan bahwa timbulan sampah sangat dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan PDRB. Dari persamaan regresi $Y = 0,751X_1 + 0.428X_2 - 3960,622$, dengan $X_1 = 1,966\%$ (tingkat pertumbuhan penduduk per tahun) dan $X_2 = 1,893\%$ (tingkat pertumbuhan PDRB), maka besarnya tingkat pertumbuhan timbulan sampah per tahun, yaitu sebesar 1,89%.

2) b. Prediksi timbulan sampah perkapita dan Kota Samarinda

Besarnya timbulan sampah perkapita yang ada diperoleh dari hasil penelitian PD. Kebersihan bekerjasama dengan LIPI dan ITB tahun 2002, yaitu 3,021 l/or/hr. Tabel 6 memperlihatkan hasil prediksi timbulan sampah perkapita. Dimana pada tahun 2003 besarnya timbulan sampah perkapita 3,224 l/or/hr, naik menjadi 3,377 l/or/hr pada tahun 2012.

Pertumbuhan Eksponensial : $PS_t = PS_0 (1 + i)^n$

$$i = 1,89\%$$

$$PS_0 = 3,021 \text{ lt/or/hr}$$

$$PS_t = PS_0 (1 + 0,0189)^n = 3,021 (1,0189)^n$$

Keterangan:

PS_t = Besarnya timbulan sampah pada tahun ke t (lt/org/hari)

PS_0 = Besarnya timbulan sampah pada tahun ke 0 (lt/org/hari)

i = Rerata tingkat pertumbuhan timbulan sampah per tahun (%)

n = Tahun

Tabel 6: Prediksi Timbulan Sampah Per Kapita (lt/or/hr)

Tahun	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Timbulan Sampah	3,224	3,279	3,335	3,392	3,450	3,509	3,569	3,630	3,692	3,755

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya prediksi volume timbulan sampah Kota Samarinda dapat dicari. Dimana tahun 2003 besarnya volume timbulan sampah 7.035,977 m³/hari, naik menjadi 9.765,250 m³/hari pada tahun 2012.

1. Volume Sampah Masuk Material Recovery Facilities (MRF)

Besarnya volume sampah masuk MRF dapat dicari yaitu dengan terlebih dahulu mengetahui besarnya tingkat pelayanan pengelolaan sampah. Besarnya tingkat pelayanan saat sekarang untuk Kota Samarinda antara 72% - 74.7% (PD.Kebersihan, 2002).

Sampah yang termasuk dalam konsep MRF terdiri dari sampah basah dan sampah kering dengan perbandingan dari tahun 1993 sampai 2002 diperoleh rerata 62% : 38%. Tabel 7 menunjukkan bahwa sampah yang masuk RMF pada tahun 2003 besarnya 5.255,875 m³/hari, naik menjadi 8.274,734 m³/hari pada tahun 2012. Sampah kering pada tahun 2003 diperoleh 1.979,57 m³/hari dan sampah basah 3.276,31 m³/hari, sedangkan pada tahun 2012 diperoleh 3.116,59 m³/hari dan 5.158,15 m³/hari.

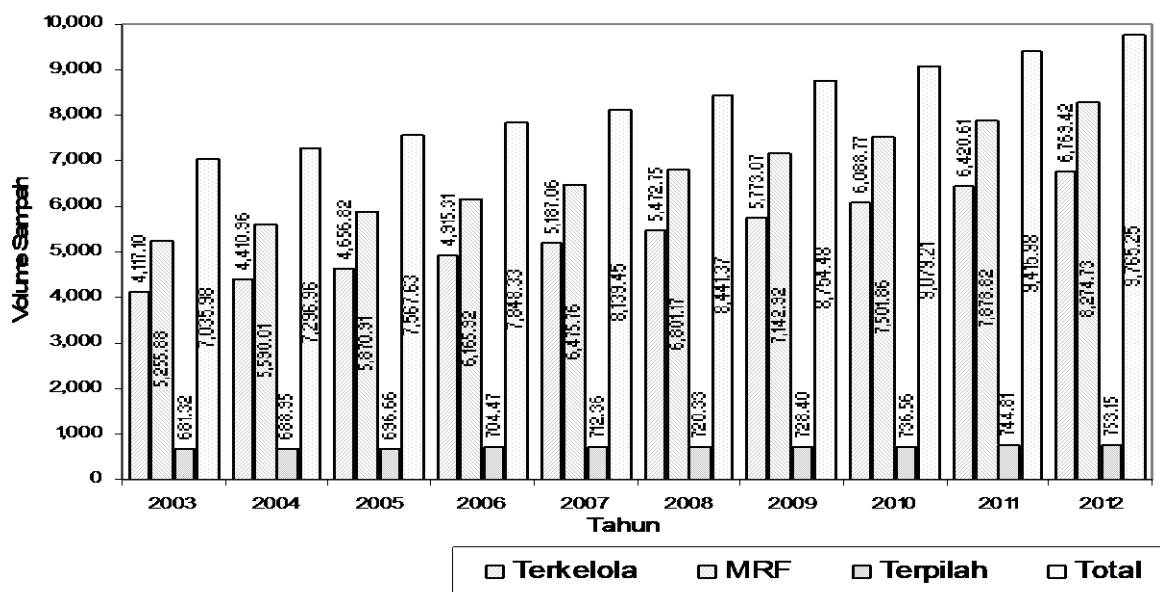
Tabel 7. Volume Sampah Masuk Material Recovery Facilities (MRF)

No.	Tahun	Jumlah Sampah (m ³ /hr)	Tingkat Pelayanan (%)	Sampah Masuk MRF (m ³ /hr)	Sampah Basah (m ³ /hr)	Sampah Kering (m ³ /hr)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)x(4)	(6)=0,62*(5)	(7)=0,38*(5)
1	2003	7.035,98	74,70	5.255,87	3.276,31	1.979,57
2	2004	7.296,96	76,61	5.590,01	3.484,60	2.105,41
3	2005	7.567,63	77,58	5.870,91	3.659,70	2.211,21
4	2006	7.848,33	78,56	6.165,92	3.843,60	2.322,32
5	2007	8.139,45	79,56	6.475,76	4.036,74	2.439,02
6	2008	8.441,37	80,57	6.801,17	4.239,58	2.561,58
7	2009	8.754,48	81,59	7.142,92	4.452,62	2.690,30
8	2010	9.079,21	82,63	7.501,86	4.676,37	2.825,49
9	2011	9.415,98	83,67	7.878,82	4.911,35	2.967,47
10	2012	9.765,25	84,74	8.274,73	5.158,15	3.116,59

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Prediksi Volume Sampah Terkelola di TPA

Sampah terkelola adalah sampah yang masuk MRF dikurangi sampah terpilah, yang dibuang ke TPA. Untuk itu perlu dihitung dulu prediksi sampah terpilah, dalam hal ini prediksi didasarkan data hasil survey lapangan yang dilakukan oleh PD Kebersihan Kota Samarinda pada tahun 2002. Dari data terpilah ini dapat diprediksikan untuk waktu 10 tahun kedepan. Grafik 1. memperlihatkan jumlah sampah terkelola yang masuk ke TPA Samarinda pada tahun 2003 sebanyak 4.117,102 m³ per hari diprediksi meningkat menjadi 6.769,424 m³ per hari pada tahun 2012.



Grafik 1: Prediksi Sampah Terkelola di TPA Samarinda dari tahun 2003-2012

3. Perhitungan Volume Pekerjaan Untuk Sistem Sanitary landfill TPA Samarinda.

Pada kondisi ini, TPA Samarinda akan menerima volume sampah kota, yang merupakan pengurangan volume timbunan sampah kota yang dibuang TPA sebelumnya pada tahun 2017. Beban sampah TPA Samarinda (th.2017) = 4.410,96 m³/hari

- Tingkat pemadatan = 70%
- Volume sampah setelah dipadatkan = 30 % * 4.410,96 = 1.323,29 m³/hari
- Tanah penutup setelah dipadatkan = 1/3 volume sampah padat
- Volume tanah penutup = 1/3 * 1.323,29m³/hari = 441,10 m³ /hari
- Volume sampah+tanah harian = 1.764,38 m³/hari
- Volume lahan zona 4 sel 1 = 4.800 m³
- Tinggi sel harian = 2,4 m
- Luas sel harian = 2.000 m²
- Daya tampung lahan zona 4 sel 1 = 4.800 m³ / 1.764,38 m³/hari = 2,72 hari ~ 3 hari

Dalam perencanaan Lahan Urug Saniter (*sanitary landfill*) di TPA Samarinda setiap sel terdiri dari tiga lapis, dimana masing-masing lapis meliputi sampah (60 cm) dan tanah penutup (20 cm) dalam keadaan padat. Dengan demikian maka luas yang dibutuhkan untuk menampung volume sampah satu hari adalah 1.764,38 m³ / 0,8 m = 2.205,48 m².

4. Perhitungan Optimasi Alat Berat

3) a. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Tujuan optimasi dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan jumlah alat-alat berat yang optimum dalam menangani pekerjaan *sanitary landfill* dalam satu hari (menangani volume sampah harian di TPA Samarinda), dengan fungsi tujuan berdasarkan kemampuan produktivitas alat-alat berat yang digunakan (m³/jam) sebagai koefisien dan alat berat sebagai variabel.

Fungsi tujuan ini dapat diformulasikan sebagai berikut: (m³/hari)

$$Z = 1.316,5 X_1 + 541,9 X_2 + 5.084,8 X_3 + 1.012,7 X_4 + 264,6 X_5$$

Keterangan:

X_1 = Σ Bulldozer (spreading & compacting of garbage), X_2 = Σ Backhoe (cutting soil), X_3 = Σ Roller (compacting soil), X_4 = Σ Bulldozer (spreading soil), X_5 = Σ Dumptruck (dumping soil + hauling)

4) b. Batasan (*Constraint*)

Batasan ini ditentukan berdasarkan jumlah volume pekerjaan *sanitary landfill* harian dan kemampuan produktivitas alat-alat berat yang digunakan, dengan persamaan sebagai berikut: (m³/hari)

$$1.316,5 X_1 \geq 4.411 ; \quad 541,9 X_2 \geq 441$$

$$5.084,8 X_3 \geq 588 ; \quad 1.012,7 X_4 \geq 588$$

$$264,6 X_5 \geq 588$$

5) c. Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan program Lindo 6.1 diperoleh jumlah alat berat yang optimal untuk menangani pekerjaan pengelolaan sampah secara sistem *sanitary landfill* di TPA Samarinda adalah sebagai berikut : Bulldozer (X_1) = 3,351 buah, Backhoe (X_2) = 0,814 buah, Roller (X_3) = 0,116, dan Bulldozer (X_4) = 0,551, dan Dumptruck (X_5) = 2,109 buah. Optimasi jumlah alat berat selengkapnya Bulldozer ($X_1 + X_4$) = 4 buah, Backhoe (X_2) = 1 buah, Roller (X_3) = 1, dan Dumptruck (X_5) = 2 buah.

6) d. Prediksi kebutuhan Alat Berat sampai tahun 2014

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi timbunan sampah Kota Samarinda pada tahun 2018 sebanyak 4.411 m³ dan tahun 2026 meningkat menjadi 6.769,424 m³ per hari, maka dapat diprediksi kebutuhan alat berat seperti pada tabel 8.

Tabel 8: Prediksi Kebutuhan Alat Berat

No.	Tahun	Volume Sampah	Jenis Alar Berat							
			Bulldozer		Backhoe		Roller		Dumptruck	
1	2018	4.410,958	3,902	(4,0)	0,814	(1,0)	0,116	(1,0)	2,109	(3,0)
2	2019	4.656,821	4,119	(5,0)	0,859	(1,0)	0,122	(1,0)	2,227	(3,0)
3	2020	4.915,310	4,348	(5,0)	0,907	(1,0)	0,129	(1,0)	2,350	(3,0)
4	2021	5.187,063	4,588	(5,0)	0,957	(1,0)	0,136	(1,0)	2,480	(3,0)
5	2022	5.472,748	4,841	(5,0)	1,010	(2,0)	0,143	(1,0)	2,617	(3,0)
6	2023	5.773,070	5,106	(6,0)	1,065	(2,0)	0,151	(1,0)	2,760	(3,0)
7	2024	6.088,766	5,386	(6,0)	1,123	(2,0)	0,160	(1,0)	2,911	(3,0)
8	2025	6.420,612	5,679	(6,0)	1,185	(2,0)	0,168	(1,0)	3,070	(4,0)
9	2026	6.769,424	5,988	(6,0)	1,249	(2,0)	0,177	(1,0)	3,237	(4,0)

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan: () = Hasil Pembulatan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Persamaan tingkat pertumbuhan timbulan sampah $Y = 0,751X_1 + 0,428X_2 - 3960,622$, dengan koefisien korelasi ganda (R) = 0,942 dan koefisien determinasi (R^2) = 0,888. Dengan besarnya tingkat pertumbuhan penduduk $X_1 = 1,966\%$ dan tingkat pertumbuhan PDRB $X_2 = 1,893\%$, dari persamaan regresi tersebut diperoleh tingkat pertumbuhan timbulan sampah per tahun sebesar 1,89%. Prediksi pertumbuhan timbulan sampah per kapita sebesar 3,224 l/or/hr pada tahun 2018 naik menjadi 3,755 l/or/hr pada tahun 2026.
2. Sampah terkelola yang masuk ke TPA Samarinda pada tahun 2018 rata-rata sebesar 4.411 m³/hari, dengan tingkat pemadatan 70% maka volume sampah menjadi 1.323,29 m³/hari sedangkan tanah penutup harian 1/3 dari volume sampah setelah dipadatkan, yaitu sebesar 441,10 m³/hari. Sehingga volume sel harian menjadi 1.764,38 m³/hari.
6. Kebutuhan alat berat hasil optimasi untuk pengelolaan sampah sebanyak 4.411 m³ per hari secara sistem *sanitary landfill* di TPA Samarinda pada tahun 2011 sebanyak 7 buah terdiri dari: Bulldozer 4 buah, Backhoe 1 buah, Dumptruck 1 buah dan Roller 1 buah. Dengan jumlah alat berat tersebut diharapkan mampu menerapkan operasional pengelolaan sistem *sanitary landfill*, untuk mengelola sampah secara optimal

Daftar Pustaka

- [1]. Anas Aly Moch. (1978). *Pengenalan Dan Perencanaan Alat-Alat Besar*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [2]. BPS Kota Samarinda, (2002). *Kota Samari ndadalam Angka* (Samarinda City in Figures).
- [3]. Bapeda Kota Samarinda,(1994). *Laporan Akhir Design TPA Samarinda*
- [4]. Damahuri,Enri,(1994). *Teknik Pembuangan akhir Sampah*, Jurusan Teknik Lingkungan ITB
- [5]. Kodoatie,Robert J.,(2003), *Manajemen & Rekayasa Infrastruktur*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- [6]. PD Kebersihan Kota Samarinda (2000). *Laporan Bulanan Pengelolaan Sampah kota Samarinda*
- [7]. PT United Tractors, (1984). *Teknik Dasar Pemilihan Alat-Alat Besar*, Jakarta
- [8]. Rochmanhadi, (1992). *Alat-Alat Berat Dan Penggunaannya*, Dunia Grafika Indonesia.
- [9]. Syafrudin, 1997, *Model Linear Peramalan Kebutuhan Lahan TPA Kota Brebes*, Jurusan Teknik Sipil – FT- UNDIP, Semarang