



Optimasi Jumlah Alat Berat Dengan Metode *Integer Linier Programming* Pada Pekerjaan Penanganan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bukit Pinang Kota Samarinda

Optimization of the Number of Heavy Equipment Using the Integer Linear Programming Method for Waste Handling Works at the Bukit Pinang Final Disposal Site (TPA) Samarinda City

*Riezky Fajar Shaleh¹⁾, Dharma Widada²⁾, Farida Djumiati Sitania³⁾
^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Mulawarman, Indonesia

Diterima: Juli 2022; Disetujui: Agustus 2022; Dipublikasi: November 2022

*Corresponding author: riezkyfajarshaleh@gmail.com

Abstrak

Sesuai dengan observasi peneliti pada TPA Bukit Pinang mempunyai permasalahan dimana jumlah alat berat yang ada tidak sesuai dengan volume sampah yang ditangani setiap harinya. Maka dari itu pada penelitian ini peneliti akan berfokus pada pengoptimalkan pemakaian alat berat dengan menggunakan metode *integer linier programming* dengan fungsi tujuan meminimasi jumlah alat berat berdasarkan skala produktivitas. Nilai variabel keputusan adalah 3 unit dan 5 unit. Kesimpulan yang dapat diambil yaitu jumlah alat berat Excavator yang optimal sebesar 3 unit dan jumlah alat berat Bulldozer yang optimal sebesar 5 unit. Variabel keputusan pada output LINGO ditandai dengan label variabel. X1 adalah jumlah alat berat excavator dan X2 adalah jumlah alat berat bulldozer. Nilai value dan variabel X1 yaitu 3 dan untuk variabel X2 yaitu 5. Kesimpulan yang dapat di ambil yaitu untuk memperoleh alat berat maksimal Excavator sebanyak 3 unit, dan alat berat maksimal Bulldozer sebanyak 5 unit.

Kata Kunci : Pemrograman Linier, Lingo, Nilai Fungsi Objektif, Pengurangan Biaya, Harga Ganda

Abstract

In accordance with the observations of researchers at the TPA Bukit Pinang, there is a problem where the amount of heavy equipment available does not match the volume of waste that is handled every day. Therefore, in this study, researchers will focus on optimizing the use of heavy equipment by using the *integer linear programming* with the objective function of minimizing the number of heavy equipment based on the productivity scale. The decision variable values are 3 and 5. The conclusions that can be drawn are the optimal number of excavators is 3 and the optimal number of bulldozers is 5. The decision variables on the LINGO output are marked with variable labels. X1 is the number of excavators and X2 is the number of bulldozers. The values for the X1 variable are 3 and the X2 variable is 5. The conclusion that can be drawn is to obtain a maximum of 3 excavators and 5 bulldozers.

Keywords : Linear Programming, Lingo, Objective Function Value, Reduce Cost, Dual Prices

How to Cite: Shaleh, R.F, Widada, D, dan Sitania, F.D, (2022), Optimasi Jumlah Alat Berat Dengan Metode Integer Linier Programming Pada Pekerjaan Penanganan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bukit Pinang Kota Samarinda. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*. 6 (2): 153-164

PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk di Kota Samarinda merupakan salah satu parameter yang berhubungan secara langsung dengan aspek pengelolaan limbah padat (sampah) perkotaan. Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Samarinda jumlah penduduk Kota Samarinda pada tahun 2020 sebesar 886.806 jiwa dengan kenaikan sebesar 11,6 % setiap tahunnya. Kota Samarinda merupakan salah satu kota yang hingga saat ini masih menghadapi masalah persampahan. Persoalan sampah setiap tahunnya bertambah parah salah satu yang menjadi masalah adalah terkait menumpuknya sampah pada tempat pembuangan akhir (TPA). Produksi sampah harian di Kota Samarinda tahun 2020 ialah sebesar 2.386,84 m³/hari dengan kenaikan rata-rata 11,2% per tahun. Terdapat 2 TPA di Kota Samarinda yaitu TPA Bukit Pinang dan TPA Sambutan. TPA Bukit Pinang menerima sampah dari seluruh Kota Samarinda sebesar 500 Ton setiap harinya.

TPA Bukit Pinang sendiri yang merupakan salah satu TPA di Kota Samarinda mempunyai luas lahan 10,5 hektar, diprediksi masih bisa digunakan hingga dua tahun lagi. Untuk membuang sampah di lokasi TPA itu, Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP)

menggunakan 21 unit truk pengangkut dengan petugas sampah sebanyak 45 orang. Meninjau manajemen pengelolaan sampah yang terdiri dari kelembagaan, keuangan, teknis operasional, hukum hingga peraturan dan juga peran serta masyarakat agar optimumnya semua aspek. Pada aspek operasional khususnya yang merupakan inti dari penelitian ini yang akan dimulai dari tahapan pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, serta pengolahan sampah menuju lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Cara penanganan sampah yang dilakukan oleh TPA Bukit Pinang adalah dengan menggunakan metode *Open Dumping*. Metode *Open Dumping* adalah cara pembuangan sampah pada suatu cekungan atau legokan metode ini tidak menggunakan tanah sebagai penutup sampah.

Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan penanganan sampah di TPA adalah bulldozer, excavator, dan dump truck. Alat berat sendiri ialah salah satu faktor yang paling penting serta dibutuhkan di dalam sebuah proyek selain dalam proyek konstruksi juga pada beberapa proyek lainnya salah satunya ialah TPA dengan tujuan dapat memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya dengan harapan

hasil yang didapat tercapai dengan mudah dengan biaya dan waktu yang singkat.

Alat berat yang optimal akan tercapai jika pada faktor pekerjaan alat berat dilaksanakan secara efisien. Beberapa faktor yang harus dicapai diantaranya adalah jumlah, kapasitas, waktu dan lain-lain yang dibutuhkan serta kapasitas produksi alat berat yang perlu dihasilkan. Maka dari itu pada penelitian ini peneliti akan berfokus pada pengoptimalkan jumlah pemakaian alat berat dengan menggunakan metode *integer linier programming*. *Integer linier programming* adalah suatu cara atau teknik aplikasi matematika untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber terbatas di antara beberapa aktivitas yang bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu, atau dikenal juga dengan teknik optimalisasi. dan sistem kendala linier. Hal ini diharapkan dapat membantu mempercepat proses pengolahan sampah di TPA Bukit Pinang.

Definisi Sampah

Menurut Rachmad & Ciptomulyono (2011), pembahasan sampah selalu dikaitkan dengan komposisi, sumber, dan karakteristiknya. Hal ini sangat penting karena berkaitan dengan teknis

operasional mengenai pengelolaan dan pengolahan sampah di suatu wilayah, khususnya untuk menentukan sistem yang tepat serta fasilitas yang diperlukan. Sampah pemukiman merupakan jumlah terbesar dari total timbulan sampah di kota-kota besar. Sampah yang berasal dari kegiatan manusia, hewan dan alam akan mengakibatkan timbulan sampah di tempat sampah ataupun TPA. Timbulan sampah yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan beragamnya aktifitas ditengah semakin terbatasnya lahan merupakan masalah yang dihadapi oleh hampir sebagian kota-kota besar.

Sumber Sampah

Menurut Dani Sucipto Cecep (2012), pada metode ini pengoperasiannya cukup sederhana yaitu dengan membuang sampah pada suatu cekungan atau legokan metode ini tidak menggunakan tanah sebagai penutup sampah, metode ini sudah tidak direkomendasi lagi oleh Pemerintah karena metode ini tidak memenuhi syarat teknis suatu TPA, metode dumping sangat potensial dalam mencemari lingkungan, baik itu dari pencemaran air tanah oleh Leachate (air sampah yang dapat menyerap kedalam tanah), lalat, bau serta binatang seperti kecoa, tikus, nyamuk dll.

Kegiatan Operasional Alat Berat

Menurut Aviva (2019), berbagai kegiatan operasional penimbunan sampah yang dilakukan pada lahan penimbunan terdiri dari beberapa kegiatan dibawah ini sesuai dengan kebutuhan peralatannya:

1. Penghamparan.

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

2. Perataan/Penataan.

Perataan atau penataan sampah yang sudah berada dilokasi penimbunan dilakukan oleh alat berat bulldozer.

3. Pemadatan.

Alat yang digunakan pada pekerjaan pemadatan sampah yaitu Bulldozer dengan cara lapisan timbunan sampah dipadatkan dengan cara digiling sebanyak 5-7 kali sehingga didapatkan kepadatan optimum 600-650 kg/m³, dan operasi kerja bulldozer harus diatur dengan baik agar tidak mengganggu lalu lintas operasi pengangkutan.

4. Penutupan lapisan sampah.

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

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

Integer Linier Programming

Menurut Hilman (2017), pemrograman linier bulat (*integer linier programming*) adalah solusi yang didapat optimal, tetapi mungkin tidak integer (bulat). Pemrograman linier bulat dibutuhkan ketika keputusan harus dilakukan dalam bentuk bilangan bulat (bukan pecahan yang sering terjadi bila kita gunakan metode penyelesaian biasa).

Jadi perhitungan menggunakan pemrograman linier bulat hanya dilakukan hanya bila hasilnya adalah bilangan bulat saja. Terdapat tiga macam permasalahan dalam pemrograman linier bulat, yaitu pemrograman bulat murni, yaitu kasus dimana semua variabel keputusan harus berupa bilangan bulat, pemrograman bulat campuran, yaitu kasus dimana beberapa, tapi tidak semua, variabel keputusan harus berupa bilangan bulat, dan pemrograman bulat biner, yaitu kasus dengan permasalahan khusus dimana semua variabel keputusan harus bernilai 0 dan 1.

Pendekatan ini mudah dan praktis dalam hal usaha, waktu dan biaya. Pendekatan pembulatan dapat merupakan cara yang sangat efektif untuk masalah integer programming yang besar dimana biaya-biaya hitungan sangat tinggi atau untuk masalah nilai-nilai solusi variabel keputusan sangat besar. Sebab utama kegagalan pendekatan ini adalah bahwa solusi yang diperoleh mungkin bukan solusi integer optimum yang sesungguhnya. Solusi pembulatan dapat lebih jelek dibanding solusi integer optimum yang sesungguhnya atau mungkin merupakan solusi tidak layak.

Software Lingo

Menurut Zaenal Arifin (2018), *Linier Interactive Discrete Optimizer* atau yang disingkat LINGO, merupakan sebuah program yang dirancang agar dapat menyelesaikan berbagai kasus pada pemrograman linier dengan menggunakan format tertentu hingga dapat diolah oleh program LINGO. Berbeda dengan program lain yang menggunakan desain menu driven system dimana pemakai (user) hanya perlu memasukkan data sesuai permintaan program secara bertahap. Pada software atau program LINGO biasanya juga digunakan oleh perusahaan agar dapat meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan. LINGO juga dapat digunakan dalam pengambilan keputusan perencanaan transportasi, produksi, penjadwalan, pengaturan modal, dan lain-lain.

Program Lingo memiliki kegunaan untuk menyelesaikan permasalahan linear dengan cepat. Lingo memiliki banyak manfaat serta memberi kemudahan dalam menyelesaikan masalah minimasi dan optimasi. Dalam mengoperasikan model LINGO memiliki beberapa syarat yaitu sebagai berikut:

1. Memerlukan Fungsi Objektif

Fungsi objektif bisa dikatakan sebagai tujuan, yaitu maksimasi (MAX). Kata pertama untuk mengawali penulisan formula pada LINGO adalah MAX.

Formula yang diketik pada papan editor setelah MAX disebut fungsi tujuan. Secara umum model matematika MAX $C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$.

2. Variabel

Variabel ini sangat penting. LINGO tidak dapat dijalankan tanpa memasukkan variabel dalam formula.

3. Batasan (fungsi kendala)

Dalam kenyataannya variabel pasti memiliki batasan. Batasan itu misalnya keterbatasan bahan, waktu, jumlah pekerja, biaya operasional, dll. Setelah fungsi objektif diketik selanjutnya ketik Subject to atau ST untuk mengawali pengetikan batasan, pada baris berikutnya baru ketik batasan yang ada dan diakhiri dengan END.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahap awal dalam penelitian ini adalah tahap identifikasi, dimana tahap dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada pada lokasi penelitian. Dari permasalahan yang telah diidentifikasi selanjutnya merumuskan masalah dan menetapkan tujuan penelitian. Kemudian studi pustaka dan studi lapangan dilakukan untuk menunjang penelitian agar penelitian berjalan baik dan benar.

Tahap kedua yang dilakukan yaitu pengumpulan data, yang terdiri dari data besar timbunan sampah per hari hingga per tahun, jenis alat berat, jumlah alat berat yang tersedia, faktor yang menjadi pemilihan alat berat, dan kapasitas produksi alat berat.

Tahap selanjutnya adalah tahap pengolahan data *integer linier programming* akan menentukan yaitu:

1. Variabel keputusan adalah variabel yang mempengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai. Pada proses pembentukan suatu model, menentukan variabel keputusan merupakan langkah pertama sebelum menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala. Pada penelitian ini variabel keputusan yang diambil yaitu X_1 (Excavator), X_2 (Bulldozer).
2. Fungsi tujuan pada model pemrograman linier haruslah berbentuk linear. Selanjutnya, fungsi tujuan tersebut meminimize jumlah alat berat terhadap fungsi-fungsi kendala yang ada.
3. Fungsi kendala ditentukan berdasarkan jumlah volume harian dan kemampuan produktivitas alat-alat berat yang digunakan.

4. Pemodelan pada penelitian ini bertujuan memaksimumkan dinotasikan dengan Z dan relasi dalam kendala berbentuk (\geq atau \leq) dengan model persamaan Maks $Z = A_1X_1 + A_2X_2$ dapat diketik menjadi $MAX Z A_1X_1 + A_2X_2$

Salah satu cara untuk dapat menyelesaikan masalah optimasi adalah dengan menggunakan linier program dengan terlebih dahulu membuat model matematis, yang terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi kendala, dengan fungsi tujuan untuk meminimumkan jumlah alat berat pada fungsi tujuan.

1. Minimumkan

Tujuan optimasi dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan jumlah alat berat yang optimal dalam menangani pekerjaan *Open dumping* setiap harinya (menangani volume sampah harian di TPA Bukit Pinang Samarinda), dengan fungsi tujuan sebagai berikut.

$$Z = a_1 X_1 + a_2 X_2$$

dengan:

$Z =$ jumlah alat berat berdasarkan skala produktivitas

a_1 sampai $a_2 =$ tingkat pengangkutan perataan sampah dikali volume sampah

X_1 sampai $X_2 =$ jenis alat berat

2. Fungsi pembatas

Batasan ini ditentukan berdasarkan jumlah pekerja atau operator setiap harinya, jumlah pekerja serta kemampuan produktivitas alat-alat berat yang digunakan, dengan persamaan sebagai berikut:

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

$$X_1 + X_2 \leq H_p$$

dengan;

$H_p =$ Penyediaan waktu kerja per shift (jam/hari)

b. Fungsi pembatas biaya

$$C_1 X_1 + C_2 X_2 < CP$$

dengan;

$C =$ biaya operasional alat berat

$CP =$ biaya pekerjaan

c. Fungsi pembatas produktivitas alat berat.

$$P_1 X_1 + P_2 X_2 > V_s$$

dengan:

$P =$ Produktivitas Alat Berat (m^3/jam)

$V_s =$ Volume sampah ($m^3/hari$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan yang pertama adalah menentukan beberapa model agar mendapatkan fungsi tujuan, variabel keputusan, serta batasan dari persoalan

integer linier programming pada alat berat untuk pekerjaan penanganan sampah.

Pemodelan

Berdasarkan perhitungan produktivitas alat berat Excavator dan Bulldozer, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1 Produktivitas Alat Berat

Jenis Alat Berat	Produktivitas Alat Berat
Excavator	28 m ³ / jam
Bulldozer	116 m ³ /jam

Kemudian mencari model optimasi untuk mendapatkan jumlah alat-alat berat yang optimum menangani pekerjaan dalam satu hari seperti menangani volume sampah harian, dengan fungsi tujuan berdasarkan kemampuan produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan sebagai koefisien dan alat berat sebagai variabel. Berikut perhitungan untuk mendapatkan fungsi tujuan dan batasan sebagai berikut:

1. Fungsi Tujuan

Pada pekerjaan penanganan sampah dengan menggunakan alat berat memiliki tujuan dalam mengoptimalkan fungsi alat berat. Didapatkan fungsi tujuannya yaitu Meminimasi jumlah alat berat

berdasarkan skala produktivitasnya. Dibawah ini adalah perhitungan untuk mencari produktivitas alat berat untuk mendapatkan fungsi tujuan sebagai berikut:

a. Produktivitas alat berat Excavator menggunakan data yang diperoleh dari tingkat pengangkutan dan pengolahan sampah untuk perataan sampah oleh Excavator sebesar 73,26 % dan volume sampah yang ditangani sebesar 1.749 m³/hari. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$73,26\% \times 1.749 = 1.281,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b. Produktivitas alat berat Bulldozer menggunakan data dari tingkat pengangkutan atau pengolahan sampah untuk perataan sampah alat berat Bulldozer sebesar 73,26 % dan volume sampah yang masuk sebesar 2.386,84 m³/hari. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$73,26\% \times 2.386,84 = 1.748,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Variabel Keputusan

Berdasarkan tujuan optimasi yaitu mendapatkan jumlah alat berat yang optimal dengan meminimasi jumlah alat berat berdasarkan skala

produktivitasnya, maka diketahui variabel keputusannya adalah X_1 (jumlah alat berat Excavator) dan X_2 (jumlah alat berat Bulldozer).

3. Batasan

Batasan ini ditentukan berdasarkan volume pekerjaan harian dan kemampuan produktivitas alat berat yang digunakan sebagai berikut:

a. Alat berat Excavator memiliki produktivitas sebesar $28 \text{ m}^3/\text{hari}$. Saat beroperasi diperoleh proses yang dilakukan terhadap material sampah sebesar 15 kali dozing setiap jam. Sehingga bila dalam sehari terdapat 8 jam kerja, maka material sampah yang dikelola oleh Excavator sebesar:

$$28 \times 15 \times 8 = 3.360 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b. Alat berat Bulldozer memiliki produktivitas sebesar $166 \text{ m}^3/\text{hari}$. Saat beroperasi diperoleh proses dozing yang dilakukan terhadap material sampah sebesar 6 kali dozing setiap jam nya, sehingga bila dalam sehari terdapat 8 jam kerja, maka material sampah yang dikelola oleh Bulldozer sebesar:

$$166 \times 6 \times 8 = 7.968 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pencarian solusi dengan Lingo

Dibawah ini adalah hasil dari perhitungan dengan menggunakan *software* LINGO. Prosedur penggunaan LINGO untuk menyelesaikan persoalan *liniear programming* sebagai berikut:

1. Membuka file LINGO dengan cara klik dua kali pada *icon* LINGO.
2. Layar akan muncul dan siap untuk tempat mengetikkan formulasi.
3. Berdasarkan persoalan di atas, maka terlebih dahulu ditentukan variabel keputusan yang kemudian diterjemahkan ke dalam model matematis seperti berikut:

Variabel Keputusan:

x_1 = banyaknya jumlah alat berat Excavator.

x_2 = banyaknya jumlah alat berat Bulldozer

Tujuan: Mengoptimalkan jumlah alat berat

Formulasi ke dalam model matematis:

Fungsi tujuan:

$$\text{MIN } Z = 1.281,3 X_1 + 1.748,6 X_2$$

Fungsi kendala:

$$1.281,3 X_1 \geq 3.360$$

$$1.748,6 X_2 \geq 7.968$$

```
Lindo Model - Lingo1
min 1281.3x1+1748.6x2
subject to
    1281.3x1>=3360
    1748.6x2>=7968
end
GIN X1
GIN X2
```

Gambar 1 Formulasi Model Matematis

4. Klik *solver > solver* pada toolbar untuk melihatsolusi optimal dari perumusan masalah tersebut.
5. Maka akan muncul kotak dialog *Solution Report - Lingo 1* dari permasalahan di atas seperti berikut:

Objective value:	12586.90
Objective bound:	12586.90
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0
Elapsed runtime seconds:	0.10
Model Class:	FILP
Total variables:	2
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	2
Total constraints:	3
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	4
Nonlinear nonzeros:	0

Variable	Value	Reduced Cost
X1	3.000000	1281.300
X2	5.000000	1748.600

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	12586.90	-1.000000
2	483.8000	0.000000
3	776.0000	0.000000

Gambar 2 Solution Report

6. Setelah diperoleh *output* di atas, maka selanjutnya dilakukan analisis *output* atau interpretasi hasil.

Analisis

Pengumpulan data dan pengolahan data telah dilakukan sehingga analisa yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Objective Function Value*

Nilai fungsi objektif (*Objective Function Value*) yang ditunjukkan oleh output program LINGO dengan fungsi tujuan $Z = 1.281,3 X_1 + 1.748,6 X_2$ adalah 12.586,90. Artinya fungsi tujuan yaitu meminimumkan jumlah alat berat berdasarkan skala produktivitas adalah sebesar 12.586,90.

2. *Value*

Variabel keputusan pada *output* LINGO ditandai dengan label variabel. Permasalahan tersebut memiliki 2 variabel dengan label X1 dan X2. X1 adalah jumlah alat berat excavator dan X2 adalah jumlah alat berat bulldozer. Nilai *value* dan variabel X1 yaitu 3 dan untuk variabel X2 yaitu 5. Kesimpulan yang dapat di ambil yaitu untuk memperoleh alat berat maksimal Excavator sebanyak 3 unit, dan alat berat maksimal Bulldozer sebanyak 5 unit.

3. *Reduce Cost*

Nilai dari *Reduced Cost* sangat berarti jika variabel keputusan yang bersangkutan bernilai 0 (nol), karena fungsi dari *Reduced Cost* adalah untuk menunjukkan berapa banyak jumlah unit dari suatu variabel dapat dikurangi agar solusi optimal yang

diperoleh dari variabel tersebut bernilai positif. Berdasarkan output diatas, nilai variabel keputusannya tidak ada yang bernilai nol, sehingga *Reduced Cost* juga bernilai nol.

4. *Slack or Surplus*

Nilai *slack* pada row 2 bernilai 0 yang menunjukkan bahwa kendala 1 sebagai kendala aktif sehingga S1 dalam permasalahan di atas dikategorikan sebagai variabel non basis. Nilai *slack* pada row 4 bernilai 2,622 yang menunjukkan bahwa kendala S4 dan S5 dalam permasalahan di atas dikategorikan sebagai variabel basis.

5. *Dual Price*

Dual Prices memberikan informasi tentang perubahan yang akan terjadi pada nilai fungsi tujuan bila nilai ruas kanan berubah satu unit. Nilai *Dual Price* pada persoalan di atas untuk row 3 dan 4 masing-masing sebesar 1 dan 0. Hal ini menunjukkan jika ruas kanan kendala 3 dan ruas kanan kendala 4 bertambah maka akan berkurang nilai fungsi tujuan yaitu masing-masing sebesar 1 unit dan 0. Sedangkan untuk kendala yang tidak aktif dengan nilai *Dual Prices* nol dapat diabaikan.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh jumlah alat berat yang optimum adalah sebanyak 5 Bulldozer dan 3 Excavator, yang sebelumnya jumlah alat berat yang tersedia di TPA Bukit Pinang sebanyak 4 Bulldozer dan 4 Excavator. Didapatkannya tujuan dari optimasi jumlah alat berat pada pekerjaan penanganan sampah dengan fungsi tujuan yaitu mengoptimalkan jumlah alat berat dengan meminimasi jumlah alat berat berdasarkan skala produktivitas. Fungsi tujuan yang didapatkan sebesar 12.586,90 m³/hari berdasarkan total produktivitas dari masing-masing alat berat yaitu Bulldozer dan Excavator. Dari hasil ini diharapkan bisa mengurangi penggunaan bahan bakar yang biasa dipakai sebesar 330 liter/hari. Dengan volume sampah per harinya adalah sekitar 400 ton. Maka diharapkan dari perolehan jumlah alat berat yang optimum bisa memudahkan dalam melakukan pekerjaan penanganan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

Aprilyanti, S., 2019. *Optimasi Keuntungan Produksi Pada Industri Kayu PT. Indopal Harapan Murni Menggunakan Linier*, Jurnal Pasti, Hal 1 - 8.

Abdillah., 2013. *Program Linier*. Dua Satu Press, Ambon.

Shaleh, R.F, Widada, D, dan Sitania, F.D, (2022), Optimasi Jumlah Alat Berat Dengan Metode Integer Linier Programming Pada Pekerjaan Penanganan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bukit Pinang Kota Samarinda.

- Aviva, D., 2019. *Optimasi Pemakaian Alat Berat untuk Pekerjaan Sanitary Landfill di TPA Samarinda*. Seminar Nasional Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Cecep, Sucipto, D., 2012. *Teknologi Daur Ulang Sampah*. Gosyen Publishing, Semarang.
- Hilman, M., 2017. *Optimasi Proses Produksi Produk Makanan Pada UKM Makanan Di Kabupaten Ciamis Dengan Metode Integer Linier Programming*, Jurnal Media Teknologi.
- Haming, M., 2011, *Manajemen Produksi dan Operasi Manufaktur dan Jasa*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Hermawati, W., Hartiningsih, Maulana, I., Wahyono, S., & Purwanta, W., 2014, *Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah di Perkotaan*, Plantaxia, Jakarta.
- Mahardika, D.,I, & Salami, I.,R.,S.,S., 2012, *Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat Pada Air dan Sedimen Aliran Sungai Dari Air Lindi TPA Sari Mukti : Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Rochman, A., G., 2009, *Aplikasi Program Linier Menggunakan Lindo Pada Optimalisasi Biaya Bahan Baku*. Perpustakaan Universitas Negeri Semarang.
- Wahyudi, A., 1969, *Analisa Kebijakan Pengelolaan Sampah di Kota Samarinda: Problematikasi Kebijakan Dengan Pendekatan WRP*, Jurnal Borneo Administrator, Samarinda.
- Rachmad, A., & Ciptomulyono, U., 2011, *Model Optimasi Alokasi Pengelolaan Sampah Dengan Pendekatan Inexact Fuzzy Linier*, Jurnal Teknik, Malang.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia., 2013, *Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomer 3/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*.
- Peraturan Daerah Kota Samarinda., 2011, *Peraturan Daerah Kota Samarinda Nomer 2 Tahun 2011 Pasal 9 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan Standar Nasional Indonesia*.
- Undang-Undang Republik Indonesia., 2008, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomer 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*.