

## MODEL ALOKASI PENGELOLAAN SAMPAH *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)* DALAM JARINGAN *REVERSE LOGISTIC* (Studi Kasus : Kota Surabaya)

Vinka Aurelia Putri<sup>1</sup>, Hilyatun Nuha<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118  
Email: vinkaputri@surel.untag-sby.ac.id, hilyatun\_n@untag-sby.ac.id

### ABSTRAK

Pencemaran lingkungan oleh sampah merupakan salah satu jenis permasalahan yang sering terjadi kota-kota besar di Indonesia. Bersumber dari data Bank Sampah Indukmasyarakat Surabaya mampu menghasilkan kurang lebih 3.014 kg atau 3 ton sampah PET dalam satu bulannya. Sampah PET merupakan jenis sampah yang dapat didaur ulang kembali. Adapun alur dalam proses daur ulang tersebut termasuk kedalam konsep *reverse logistic*. Proses daur ulang sampah PET yang terintegrasi tentu akan memberikan manfaat yang optimal bagi semua pihak yang terlibat didalamnya. Dalam penelitian ini akan dilakukan sebuah pengembangan model pengalokasian sampah PET di lingkup Kota Surabaya. Pengembangan model dengan menggunakan metode *Capacited Maximum Covering Problem (CMCP)* dan algoritma matematika *Linear Programming (LP)* memberikan keuntungan yang optimal sebesar Rp 44.954.334 untuk keseluruhan entitas yang terlibat. Pengalokasian sampah PET dari lokasi timbulan sampah menuju bank sampah induk mendapatkan peralihan jumlah sampah PET yang lebih tinggi dan sesuai dengan kapasitas dibandingkan dengan pengiriman pada masing-masing pengepul kecil.

**Kata kunci:** *Reverse Logistic, Polyethylen Terephtalate, CMCP, LP*

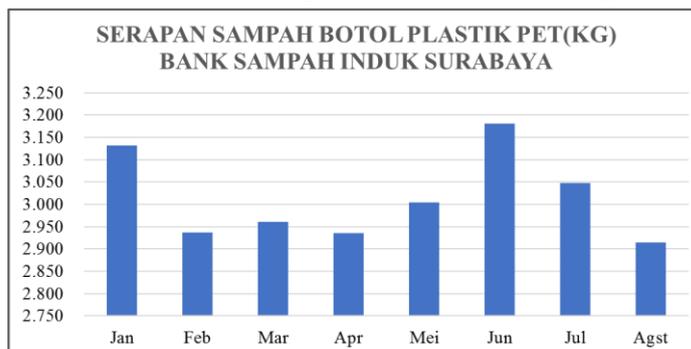
### ABSTRACT

*Environmental pollution by garbage is one of the problems that often occurs in big cities in Indonesia. Based on data from the Main Waste Bank, the people of Surabaya are able to produce approximately 3.014 kg or 3 tons of PET waste in one month. PET waste is a type of waste that can be recycled again. The flow in the recycling process is included in the concept of reverse logistics. An integrated PET waste recycling process will certainly provide optimal benefits for all parties involved in it. In this research, a development model for the allocation of PET waste in the city of Surabaya will be carried out. Model development using the Capacited Maximum Covering Problem (CMCP) method and Linear Programming (LP) mathematical algorithm provides an optimal profit of IDR 44.954.334 for all the entities involved. The allocation of PET waste from the waste generation site to the main waste bank results in the transfer of a higher, capacity-appropriate amount of PET waste compared to shipping to each small collector.*

**Keywords:** *Reverse Logistic, Polyethylen Terephtalate, CMCP, LP*

### Pendahuluan

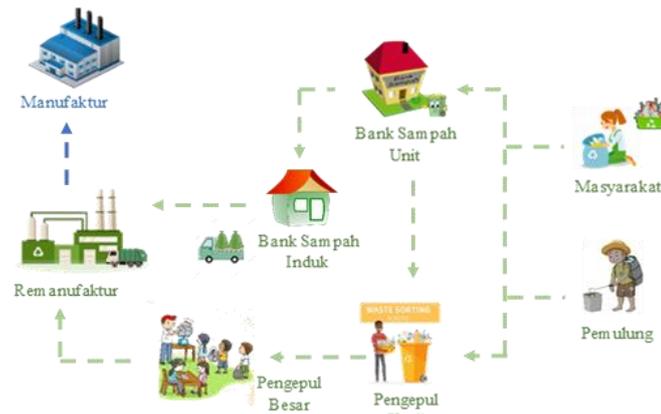
PET merupakan kategori limbah yang banyak dihasilkan masyarakat Surabaya selain sampah jenis kertas. Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa penduduk Surabaya rata-rata menghasilkan kurang lebih 3 ton sampah plastik untuk setiap bulannya. Nilai tersebut bersumber dari data Bank Sampah Utama/Induk Kota Surabaya dari Januari hingga Agustus 2022.



**Gambar 1.** Data Limbah PET pada BSIS

Bank sampah induk termasuk ke dalam jenis pusat pengumpulan sampah botol plastik di Surabaya. Ada juga beberapa pusat pengumpulan sampah botol yang menambah angka sampah PET di Kota Surabaya contohnya seperti para pengepul sampah [1]. Pemerintah kota dan DPRD juga telah membentuk program baru yang disebut dengan *zero waste* dalam menangani sampah plastik di Surabaya [2]. *Zero waste* yaitu suatu program penerapan sistem dan teknologi untuk mengelola sampah di wilayah perkotaan dengan tujuan untuk mereduksi volume sampah serta membangun pusat daur ulang kecil yang dikelola oleh pemerintah/masyarakat sekitar [3].

Proses *recycle* PET dimulai dari beberapa warga yang mengepul dan menjual PET ke pengepul terdekat atau mengirimkannya ke bank sampah unit. selanjutnya dari pengepul dan Bank Sampah Unit (BSU) botol plastik akan dijual kembali ke Pengepul Besar dan Bank Sampah Induk (BSI) selanjutnya dari pihak pengepul besar dan BSI sampah PET dikirim langsung menuju perusahaan *remanufacturing* (daur ulang) untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut.



**Gambar 2.** Alur proses *recycle* limbah botol plastik PET

Proses dalam pengolahan daur ulang sampah PET seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dapat dikategorikan ke dalam konsep logistik terbalik. Dimana hal tersebut merupakan proses pemindahan barang dari *end user* kepada individu/golongan tertentu agar dapat digunakan/diolah kembali. Salah satu tujuan sistem logistik terbalik sendiri untuk mereduksi limbah khususnya akibat sampah plastik [4].

Pengolahan daur ulang limbah botol PET yang terintegrasi dengan tepat tentu akan bermanfaat lebih bagi seluruh orang yang terlibat. Baik menurut segi ekonomi, lingkungan, dan lain-lain. Dalam penelitian ini memerlukan pendekatan matematis dengan menggunakan metode *Capacited Maximum Covering Problem* serta algoritmanya adalah *Linear Programming*. Metode tersebut digunakan karena tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan profit dalam keseluruhan entitas *reverse logistic* dengan memaksimalkan kapasitas dan mempertimbangkan biaya yang timbul. Linier programming sebagai model matematis berperan untuk menentukan hasil pengalokasian yang optimal.

### Metode Penelitian

1. Melakukan studi lapangan
2. Mencari beberapa studi pustaka/literatur

Terdapat beberapa literatur yang digunakan sebagai pedoman atau referensi dalam penelitian ini. diantaranya meliputi :

- a. Sampah plastik dan pengolahannya

Sampah ialah kasus/masalah yang banyak terjadi di negara maju atau berkembang [5]. Konsumsi masyarakat terhadap air kemasan botol minum yang termasuk jenis sampah anorganik seakan sudah menjadi rutinitas saat berpergian [6]. Pengolahan terhadap sampah plastik dapat diklasifikasikan sebagai pengolahan 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*) dengan tujuan agar tidak menimbulkan pencemaran yang berlebih [7].

- b. Konsep *Reverse Logistic* (RL)

Konsep *reverse logistic* merupakan sebuah konsep pengelolaan yang berkaitan dengan pengambilan atau penarikan kembali produk dari konsumen atau entitas yang terlibat dalam sistem *reverse logistic* menuju perusahaan agar dapat di dimanfaatkan kembali [8]. Proses *reverse logistic* dimanfaatkan oleh beberapa pihak untuk menambah pemasukan dari segi ekonomi serta memberikan dukungan terhadap permasalahan lingkungan [9]. Salah satu tantangan dalam *reverse logistic* adalah alur transportasi yang cukup rumit [10]-[11]

- c. Biaya Transportasi

Biaya berfungsi sebagai alat kontrol dalam mencapai tingkat efisiensi [12]. Biaya transportasi terdiri dari biaya bahan bakar, gaji supir/pegawai, dan biaya konsumsi supir.

- d. *Linear Programming*

*Linear programming* sendiri dapat diartikan sebuah metode dengan formulasi matematika yang berfungsi dalam membantu pengambilan sebuah keputusan. Terdapat tiga unsur utama dalam membangun sebuah model *Linear Programming*. diantaranya meliputi variabel keputusan, batasan dan fungsi tujuan [13] - [19]

- e. Metode *Capacited Maximum Covering Location Problem* (CMCLP)  
Metode *Covering Problem* telah banyak digunakan peneliti dalam menyelesaikan permasalahan terkait penentuan lokasi, pengalokasian barang dan lain sebagainya. Seiring berjalannya waktu Metode *Maximal Covering Location Problem* (MCLP) telah berkembang menjadi Metode *Capacited Maximum Covering Location Problem* (CMCLP) dengan mempertimbangkan kapasitas dalam pengalokasiannya [20] - [25]
  - f. *Softwarare* LINGO  
LINGO merupakan sebuah alat atau perangkat lunak yang dirancang dalam membantu dan memecahkan model pengoptimalan matematis agar lebih mudah dan efisien [26].
3. Melakukan pengumpulan data
  4. Merancang dan membangun model matematis
  5. Melakukan percobaan numerik
  6. Melakukan analisis dan pembahasan
  7. Menarik kesimpulan

## Hasil Dan Pembahasan

### Perancangan Model Matematis

Indeks :

- $u$  : Timbulan sampah (bank sampah unit, sekolah, kantor)
- $k$  : Pengepul kecil
- $i$  : Bank sampah induk
- $b$  : Pengepul besar
- $r$  : Industri remanufaktur

Parameter :

- $Q_u$  : Jumlah limbah botol PET pada lokasi timbulan limbah PET  $u$  (Kg)
- $Q_k$  : Jumlah limbah botol PET yang masuk di Pengepul Kecil  $k$  (Kg)
- $Q_b$  : Jumlah limbah botol PET yang masuk di Pengepul Besar  $b$  (Kg)
- $Q_i$  : Jumlah limbah botol PET yang masuk di BSI  $i$  (Kg)
- $C_k$  : Kapasitas pengepul kecil dalam menampung limbah PET  $k$  (Kg)
- $C_b$  : Kapasitas pengepul besar dalam menampung limbah PET  $b$  (Kg)
- $C_i$  : Kapasitas bank sampah induk dalam menampung PET  $i$  (Kg)
- $C_r$  : Kapasitas industri remanufaktur dalam menampung PET  $r$  (Kg)
- $TC_{ui}$  : Biaya transportasi dari lokasi timbulan limbah PET menuju lokasi bank sampah induk (Rp/Kg/Km)
- $TC_{uk}$  : Biaya transportasi dari lokasi timbulan limbah PET menuju lokasi pengepul kecil limbah PET (Rp/Kg/Km)
- $TC_{kb}$  : Biaya transportasi dari lokasi pengepul limbah PET menuju lokasi pengepul besar limbah PET (Rp/Kg/Km)
- $TPC_k$  : Total biaya pengolahan pada pengepul kecil (Rp)
- $TPC_i$  : Total biaya pengolahan pada bank sampah induk (Rp)
- $TPC_b$  : Total biaya pengolahan pada pengepul besar (Rp)
- $TB_k$  : Total pembelian sampah PET oleh pengepul kecil  $k$  (Rp)
- $TB_i$  : Total pembelian sampah PET oleh Bank Sampah Induk  $i$  (Rp)
- $TB_b$  : Total pembelian sampah PET oleh pengepul besar  $b$  (Rp)
- $SC_i$  : Biaya pengolahan di bank sampah induk  $i$  (Rp/Kg)
- $SC_k$  : Biaya pengolahan di pengepul kecil limbah PET  $u$  (Rp/Kg)
- $SC_b$  : Biaya pengolahan di pengepul besar limbah PET  $b$  (Rp/Kg)
- $B_{ui}$  : Harga limbah PET yang dijual oleh sumber sampah  $u$  ke bank sampah induk  $i$

- $B_{uk}$  : Harga limbah PET yang dijual oleh lokasi sumber sampah u ke pengepul kecil (Rp/Kg)
- $B_{kb}$  : Harga limbah PET yang dijual oleh pengepul kecil k ke pengepul besar b (Rp/Kg)
- $B_{br}$  : Harga limbah PET yang dijual oleh pengepul besar b ke remanufaktur r (Rp/Kg)
- $B_{ir}$  : Harga limbah PET yang dijual oleh bank sampah induk i ke remanufaktur r (Rp/Kg)

Variabel Keputusan :

- $k_{ui}$  : Jumlah limbah PET yang dikirim dari lokasi timbulan sampah u menuju bank sampah induk i (Kg)
- $l_{uk}$  : Jumlah limbah PET yang dikirim dari lokasi timbulan sampah u menuju pengepul kecil k (Kg)
- $m_{kb}$  : Jumlah limbah PET yang dikirim dari lokasi pengepul kecil k menuju pengepul besar b (Kg)
- $n_{ir}$  : Jumlah limbah PET yang dikirim dari lokasi bank sampah induk i menuju industri remanufaktur r (Kg)
- $o_{br}$  : Jumlah limbah PET yang dikirim dari lokasi pengepul besar b menuju industri remanufaktur r (Kg)

Fungsi Tujuan:

$$\text{Maximize } \sum_u B_{ui} k_{ui} + \sum_u \sum_k B_{uk} l_{uk} - \sum_u \sum_k TC_{uk} l_{uk} + B_{ir} n_{ir} - \sum_u B_{ui} k_{ui} - \sum_u k_{ui} SC_i - \sum_u TC_{ui} k_{ui} + \sum_k \sum_b B_{kb} m_{kb} - \sum_u \sum_k B_{uk} l_{uk} - \sum_k \sum_b TC_{kb} m_{kb} - \sum_u \sum_k SC_k l_{uk} + \sum_b B_{br} o_{br} - \sum_k \sum_b B_{kb} m_{kb} - \sum_k \sum_b SC_b m_{kb}$$

Fungsi tujuan (1) adalah untuk memaksimalkan keuntungan/profit pada seluruh jaringan *reverse logistic* limbah PET di kota Surabaya.

Fungsi Kendala:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah limbah yang masuk ke BSI dan} & \leq \text{ Kapasitas BSI dan pengepul} & (2) \\ \text{pengepul kecil} & \text{ kecil} \\ \sum_u k_{ui} + \sum_u \sum_k l_{uk} & C_i + C_k \quad \forall_u, \forall_k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah limbah yang masuk ke pengepul} & \leq \text{ Kapasitas pengepul besar} & (3) \\ \text{besar} & \\ \sum_k \sum_b m_{kb} & C_b \quad \forall_k, \forall_b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah limbah yang masuk ke} & \leq \text{ Kapasitas remanufaktur} & (4) \\ \text{remanufaktur} & \\ \sum_b o_{br} + n_{ir} & C_r \quad \forall_b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah limbah yang masuk ke BSI dan} & = \text{ Jumlah limbah yang} & (5) \\ \text{pengepul kecil} & \text{ dihasilkan lokasi timbulan} \\ \sum_u k_{ui} + \sum_u \sum_k l_{uk} & Q_u \quad \forall_u, \forall_k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah limbah di pengepul kecil} & = \text{ Jumlah limbah yang masuk} & (6) \\ & \text{ ke pengepul besar} \\ \sum_u \sum_k l_{uk} & \sum_k \sum_b m_{kb} \quad \forall_u, \forall_k, \forall_b \end{aligned}$$



Jumlah limbah di BSI dan pengepul besar = Jumlah limbah yang masuk ke remanufaktur (7)

$$\sum_u k_{ui} + \sum_k \sum_b m_{kb} = n_{ir} + \sum_b o_{br} \quad \forall_u, \forall_b$$

$$k_{ui} \geq 0 \quad (8)$$

$$l_{uk} \geq 0 \quad (9)$$

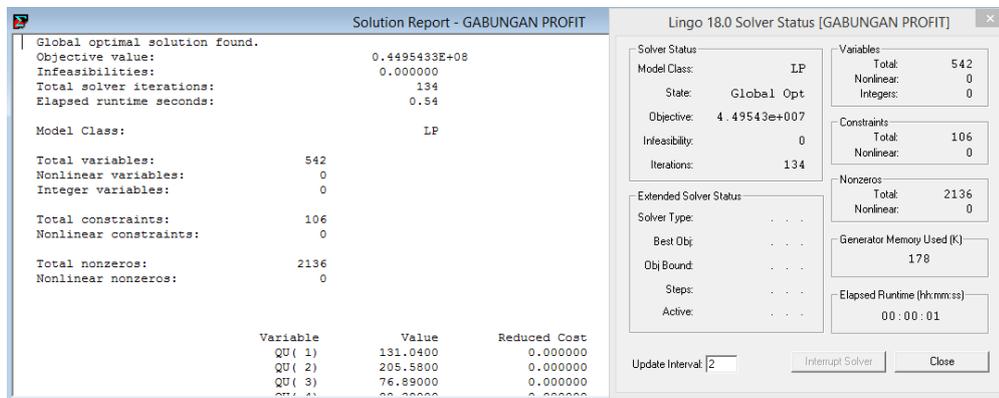
$$m_{kb} \geq 0 \quad (10)$$

$$n_{ir} \geq 0 \quad (11)$$

$$o_{br} \geq 0 \quad (12)$$

**Hasil Running Model Pengalokasian Sampah PET**

Model matematis yang telah bangun selanjutnya akan *dirunning* guna menemukan pengalokasian sampah PET yang optimal dengan mempertimbangkan data-data parameter seperti harga sampah, biaya transportasi, biaya pengolahan, dan lain sebagainya. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa perolehan total profit pada keseluruhan entitas adalah sebesar Rp 44.954.330.



Gambar 3. Hasil *running* model matematis

**Hasil Pengalokasian Sampah PET dari Timbulan Sampah-BSI**

Berikut merupakan hasil pengalokasian sampah PET dari timbulan sampah menuju bank sampah induk berdasarkan model pengoptimalan profit yang telah disusun dengan menggunakan *software* lingo.

Tabel 1 Hasil pengalokasian timbulan sampah menuju BSI.

	Timbulan sampah (U) ke-	BSI (Kg)
3	Bunaken	76.89
4	Palem	88.39
7	Bina lingkungan	77.35
9	Maksima	85.02
13	Ikhlas jaya	74.55
14	Karya mandiri	44.01
16	Lancar jaya	125.60
18	Sekar arum	48.57
20	Resman 06	85.10
22	Tonggo rukun berkah (tanah kali kedinding)	95.00
24	Pucukhijau (sidotopo)	125.00
26	Rizky sejahtera	85.00
27	Bulak banteng bersih ceria (bulak banteng)	45.00
28	Artha sampah sejahtera (tanah kali kedinding)	80.00
30	SDN kapasari 8	85.00
31	Makmur sentosa (sidotopo wetan)	75.00
33	Wani (simokerto)	110.00
34	Harum segar melati (tambakrejo)	80.00
35	Mawar (bulak)	135.00

<b>Timbulan sampah (U) ke-</b>		<b>BSI (Kg)</b>
36	Ranjo berkah (rangkah)	28.16
38	Arena (arek rt. 06) (rungkut menanggal)	85.00
39	Serikatton (rungkut menanggal)	75.00
40	SD santo carolus	80.00
41	Sakura raya (kali rungkut)	60.00
42	Sakura mas (kali rungkut)	110.00
43	Dahlia (kutisari)	140.00
49	Sido resik	110.00
52	Barokah	175.00
58	Semanggi (penjaringan sari)	110.00
61	Kampung pecinan (kapasan)	90.00
64	Tempas berseri 4	150.00
65	Labiba	48.50
66	SDN gading 3	56.50
68	SDN moja 3	61.36
<b>Total sampah PET ( U-BSI )</b>		<b>3.000</b>

**Hasil Pengalokasian Sampah PET dari Timbulan Sampah-Pengepul Kecil**

Berikut merupakan hasil pengalokasian sampah PET dari timbulan sampah menuju pengepul kecil berdasarkan model pengoptimalan profit yang telah disusun dengan menggunakan *software* LINGO.

**Tabel 2.** Hasil Pengalokasian Timbulan Sampah menuju Pengepul Kecil

<b>Timbulan sampah (U) ke-</b>		<b>Pengepul kecil (Kg)</b>					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
		Jalan pogot, tanah kali kedinding	Jalan st. kota no.50 A, bongkaran	Jalan kenjeran no.490. kalijudan	Jalan. Dr. Ir. H. Soekarno No.22	Jalan menganti lidah kulon No.133	Jalan raya kalirungkut no.140A
1	Bakti pertiwi					131.04	
2	Blimbing berseri				205.58		
5	Samberia 1 (sampah bersih warga ceria)				165.78		
6	Masidosi 4				102.59		
8	Gading bersemi			178.04			
10	Gaul 11 (gerakan untuk lingkungan 11)		125.7				
11	Gunung cantik				110.33		
12	Rukun jaya					115.22	
15	Nusa indah			208.13			
17	Manyar mandiri				153.82		
19	Swasembada					114.71	
21	Songolikoer		178.45				
23	Kemang tsamaniah mandiri (sidotopo wetan)		150.00				
25	SMPN 60			120.00			

Timbunan sampah (U) ke-		Pengepul kecil (Kg)					
		1	2	3	4	5	6
		Jalan pogot, tanah kali kedinding	Jalan st. kota no.50 A, bongkaran	Jalan kenjeran no.490. kalijudan	Jalan. Dr. Ir. H. Soekarn o No.22	Jalan menganti lidah kulon No.133	Jalan raya kalirungkut no.140A
29	SMPN 41		110.00				
32	Maju bersama (dukuh setro)			95.00			
36	Ranjo berkah (rangkah)			81.84			
37	Segaran berkah		45.00				
44	Gemah ripah (tenggilis mejoyo)				115.00		
45	SDN medokan ayu 2				80.00		
46	Citra sumber rejeki (bangkingan)					120.00	
47	SMPN 40					70.00	
48	Sakura delapan					85.00	
50	SDN lidah wetan 2					75.00	
51	Mandiri 1 (lakarsantri)					35.00	
53	Usah ceria (klampis ngasem)				130.00		
54	Pamor sejahtera				85.00		
55	Sumber rejeki (kalirungkut)				150.00		
56	Makmur jaya (barata jaya)				160.00		
57	SDN kalijudan 1			130.00			
59	Manunggal asri			95.00			
60	Mawar berseri		75.00				
62	Sumber barokah (bubutan)		160.00				
63	Karya mandiri 1 (peneleh)		180.00				
67	SDN kaliasin 1		78.85				
69	SDN morokrembanga n 1		63.03				
70	SDN pegirian 2		67.55				
71	SDN wonokusumo 4		41.35				
72	SMPN 19				78.43		
<b>Total sampah PET (U- PK)</b>		-	<b>1.274.93</b>	<b>908.01</b>	<b>1536.53</b>	<b>745.97</b>	-

Berdasarkan tabel 1 dan 2 jumlah pengalokasian sampah PET dari lokasi timbulan sampah menuju bank sampah induk lebih maksimal dikarenakan biaya transportasi sepenuhnya ditanggung oleh pihak BSI. sedangkan pada pengepul kecil biaya transportasi tetap menjadi tanggung jawab dari pihak timbulan sampah dalam mengirimkan sampah PET nya. Alokasi sampah PET tersebut juga dipengaruhi oleh pengoptimalan model guna menemukan profit yang maskimum dengan melihat beberapa parameter seperti biaya transportasi. harga sampah. serta biaya pengolahan pada masing-masing entitas.

**Hasil Pengalokasian Sampah PET dari Pengepul Kecil-Pengepul Besar**

Berikut merupakan hasil pengalokasian sampah PET dari pengepul kecil menuju pengepul besar berdasarkan model pengoptimalan profit yang telah disusun dengan menggunakan *software* lingo.

**Tabel 3.** Hasil pengalokasian pengepul kecil menuju pengepul besar

Pengepul kecil		Pengepul besar				
		1	2	3	4	5
		Jalan kyai tambak deres No.22,bulak	Jalan kertopaten No.33, sidodadi	Jalan plosotim. IX No.1B	Jalan kandangan. kec. benowo	Jalan medayu utara 8a no 11 rungkut
1	Jalan pogot, tanah kali kedinding					
2	Jalan st. kota no.50 A, bongkaran		1274.93			
3	Jalan kenjeran no.490. kalijudan			908.01		
4	Jalan. Dr. Ir. H. Soekarno No.22			1536.53		
5	Jalan menganti lidah kulon No.133				745.97	
6	Jalan raya kalirungkut no.140A					
<b>Total sampah PET (PK-PB)</b>		-	<b>1.274.93</b>	<b>2.444.54</b>	<b>745.97</b>	-

Pengalokasian sampah dari pengepul kecil menuju pengepul besar seperti yang terlihat pada tabel.. juga dipengaruhi oleh beberapa parameter yang telah ditentukan sebelumnya guna menentukan profit yang maksimal seperti pada tujuan model yang telah dibangun. Pengepul kecil 2. 3. 4 dan 5 akan mengirimkan sampah PET nya menuju pengepul besar yang memiliki harga sampah PET yang lebih tinggi dengan biaya pengiriman yang lebih minimum.

**Hasil Pengalokasian Sampah PET dari Pengepul Besar dan BSI menuju Remanufaktur**

Pengalokasian sampah PET selanjutnya adalah dari pihak BSI dan pengepul besar menuju remanufaktur. Dalam penelitian ini hanya terdapat satu industri remanufaktur yang menjadi pusat akhir dalam pengiriman sampah PET. Pihak remanufaktur akan mengambil sampah PET dari Bank Sampah Induk dan pengepul besar untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut.



**Tabel 4.** Total sampah PET pada remanufaktur

<i>Collection center</i>	<b>Remanufaktur (kg)</b>
BSI	3.000.00
Pengepul besar 1	-
Pengepul besar 2	1.274.93
Pengepul besar 3	2.444.54
Pengepul besar 4	745.97
Pengepul besar 5	-
<b>Total sampah PET di remanufaktur</b>	<b>7.465.44</b>

**Profit Lokasi Timbulan Sampah (U)**

Total profit tersebut didapat dari penjumlahan pengiriman sampah dari lokasi timbulan sampah menuju BSI dan lokasi timbulan sampah (u) menuju pengepul kecil (pk). Pada pengiriman sampah dari U menuju PK terdapat biaya transportasi yang harus ditanggung oleh pihak timbulan sampah (u) karena berbeda dengan bank sampah induk yang menanggung biaya transportasi untuk pengiriman U menuju BSI.

**Tabel 5** Rincian profit pada lokasi timbulan sampah

Total penjualan U ke BSI		Rp 12.000.000
Total penjualan U ke PK	Rp 17.861.760	
Total biaya transportasi U-PK	<u>Rp 317.506</u>	
		Rp 17.544.254
<b>Total profit timbulan sampah keseluruhan</b>		<b>Rp 29.544.254</b>

**Profit Lokasi Pengepul Kecil (PK)**

Profit pada pengepul kecil diperoleh dari harga jual sampah yang dikurangi oleh beberapa biaya yang timbul pada pengepul kecil mulai dari harga beli sampah, biaya pengolahan serta biaya distribusi dari pengepul kecil menuju pengepul besar.

**Tabel 6** Rincian profit pada pengepul kecil

Total penjualan PK ke PB		Rp 22.327.200
Total pembelian sampah oleh PK	Rp 17.861.760	
Total biaya transportasi PK-PB	Rp 343.893	
Total biaya pengolahan di PK	<u>Rp 1.174.234</u>	
		Rp (19.379.887)
<b>Total profit pengepul kecil keseluruhan</b>		<b>Rp 2.947.313</b>

**Profit Pengepul Besar (PB) dan Bank Sampah Induk (BSI)**

Hasil penjualan sampah di bank sampah induk pada remanufaktur akan dikurangi oleh biaya pembelian sampah sebelumnya, biaya transportasi dari lokasi timbulan sampah ke BSI serta biaya pengolahan. Sama halnya dengan bank sampah induk, keuntungan pengepul besar juga diperoleh dari total penjualan sampah pada industri remanufaktur yang kemudian dikurangi oleh biaya pembelian sampah sebelumnya serta biaya pengolahan.

**Tabel 7.** Rincian profit pada pengepul besar dan BSI

Total penjualan PB ke R		Rp 29.025.360
Total pembelian sampah oleh PB	Rp 22.327.200	
Total biaya pengolahan di PB	<u>Rp 2.275.084</u>	
		Rp (24.602.284)

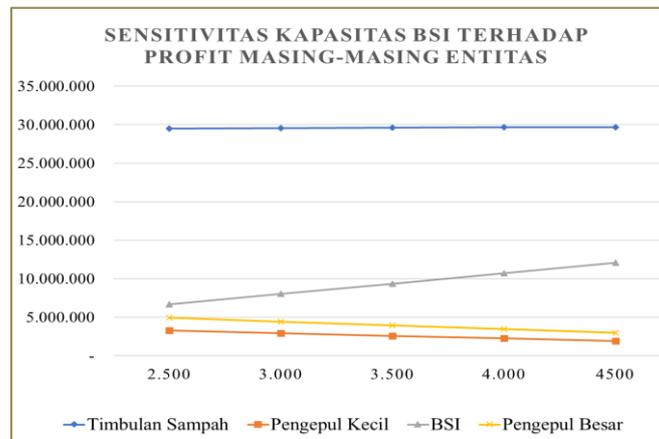
Total penjualan BSI ke R		Rp 22.500.000
Total pembelian sampah oleh BSI	Rp 12.000.000	
Total biaya transportasi U-BSI	Rp 431.079	
Total biaya pengolahan di PK	Rp 2.029.230	
		Rp (14.460.309)
<b>Total profit BSI &amp; pengepul besar keseluruhan</b>		<b>Rp 12.462.767</b>

**Rekapitulasi Total Profit Seluruh Entitas**

**Tabel 8.** Rekapitulasi total profit keseluruhan

Entitas	Profit
Total profit lokasi timbulan sampah	Rp 29.544.254
Total profit pengepul kecil	Rp 2.947.313
Total profit pengepul besar & BSI	Rp 12.462.767
<b>Total profit keseluruhan entitas</b>	<b>Rp 44.954.334</b>

**Analisis Sensitivitas Kapasitas Bank Sampah Induk terhadap Perolehan Profit**



**Gambar 4.** Sensitivitas kapasitas BSI terhadap profit setiap entitas

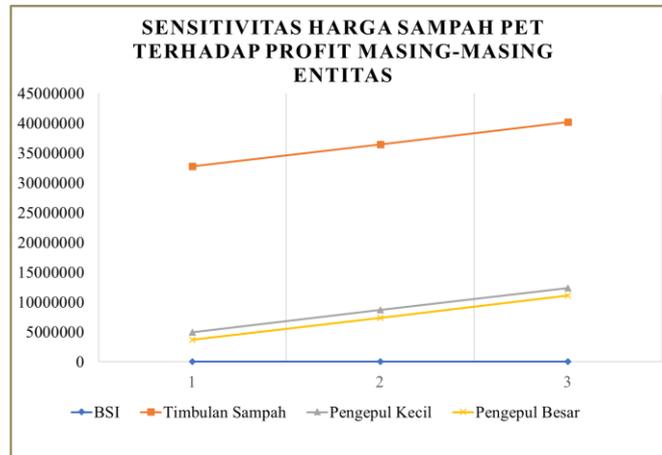
Berdasarkan Gambar 4 dapat kita ketahui bahwa semakin tinggi kapasitas bank sampah induk dalam menerima sampah PET, maka profit yang diperoleh oleh lokasi timbulan sampah dan bank sampah induk juga akan semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan banyak dari pihak lokasi timbulan sampah lebih memilih menjual sampah PET nya di bank sampah induk dibandingkan harus mengirimkan sampah PET nya pada pengepul kecil. Adapun penurunan profit pada pengepul kecil dan pengepul besar seperti yang terlihat pada gambar.. disebabkan karena kedua entitas tersebut hanya mendapat sebagian kecil sampah PET dari proses optimasi yang telah dilakukan.

**Analisis Sensitivitas Harga Sampah PET terhadap Perolehan Profit**

Harga sampah PET di BSI tidak dilakukan perubahan agar dapat mengetahui apakah banyak lokasi timbulan yang tetap menjual sampah PET nya di BSI atau beralih pada pengepul kecil dengan biaya transportasi yang dibebankan pada masing-masing timbulan sampah.

**Tabel 9.** Perubahan parameter harga sampah

Perubahan harga	BSI	Pengepul kecil	Pengepul besar	Pengepul besar-remanufaktur	BSI-remanufaktur
Uji 1	4000	4500	5500	6500	7000
Uji 2	4000	5000	6500	8000	8500
Uji 3	4000	5500	7500	9500	10000



**Gambar 5.** Sensitivitas perubahan harga sampah PET terhadap profit setiap entitas

Berdasarkan hasil perubahan harga sampah PET pada uji 1 hingga 3 seperti yang terlihat pada gambar 5 dapat kita ketahui bahwa semakin tinggi harga sampah PET maka profit yang diperoleh oleh masing-masing entitas juga akan meningkat. Kecuali pada bank sampah induk. Semua lokasi timbulan sampah akan mengirimkan sampah PET nya menuju pengepul kecil. dikarenakan harga sampah PET yang lebih tinggi dibandingkan dengan BSI. Hal tersebut menyebabkan bank sampah induk tidak mendapat peralihan sampah PET. meskipun pihak BSI telah menawarkan pengambilan sampah secara langsung.

### Simpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa model yang telah dirumuskan memberikan peningkatan dalam perolehan profit keseluruhan yang mulanya Rp 42.528.298 menjadi sebesar Rp 44.954.333. Pengalokasian sampah PET dari lokasi timbulan sampah menuju bank sampah induk mendapatkan peralihan jumlah sampah PET yang lebih tinggi dan sesuai dengan kapasitas dibandingkan dengan pengiriman pada masing-masing pengepul kecil.

Hal tersebut tentu saja dipengaruhi oleh pihak BSI yang memberikan penawaran untuk pengambilan sampah pada lokasi timbulan secara langsung. Beda halnya dengan pengepul kecil yang membebankan biaya transportasi/pengiriman sampah pada masing-masing lokasi timbulan sampah. Pengalokasian jumlah sampah PET pada pengepul kecil dapat menjadi lebih tinggi apabila harga sampah PET pada pengepul kecil juga lebih tinggi dibandingkan bank sampah induk. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji sensitivitas perubahan harga sampah PET yang telah dilakukan sebelumnya.

### Daftar Pustaka

- [1] SuaraSurabaya. "Pakar: Produksi Sampah 1800 Ton Perhari di Surabaya Masih Didominasi Plastik Sekali Pakai." 23 Maret 2022. [Online]. Available: <https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2022/pakar-produksi-sampah-1800-ton-perhari-di-surabaya-masih-didominasi-plastik-sekali-pakai/>.
- [2] JawaPosTV. "Mulai 2022. Surabaya Bergerak Bersama Menuju Zero Waste." 19 Oktober 2021. [Online]. Available: <https://www.jawapos.com/surabaya/19/10/2021/mulai-2022-surabaya-bergerak-bersama-menuju-zero-waste/?page=2>.
- [3] N. L. Hidayah. "Repository Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya." 23 November 2020. [Online]. Available: <http://repository.untag-sby.ac.id/6668/95/JURNAL.pdf>.

- [4] I. N. Pujawan. Supply Chain Management Edisi 3. Yogyakarta: Penerbit ANDI. 2017.
- [5] R. Linda. "Pemberdayaan Ekonomi Kreatif Melalui Daur Ulang Sampah Plastik." *Jurnal Al-Iqtishad*. 2018.
- [6] Masnur. M. Farid. A. Paramitha. A. B. Absharillah. P. Handayani dan W. Ibrahim. "Edukasi Pengolahan Sampah Botol Plastik Menjadi Pot Tanaman." *Batara Wisnu Journal*. pp. 315-320. 2021.
- [7] S. Alex. Sukses Mengolah Sampah Organik Menjadi Pupuk Organik. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Baru Press. 2015.
- [8] F. Pulansari. "Repository ITS." 2017. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/41510/1/2509301202-Disertation.pdf>.
- [9] D. F. Blumberg. Introduction to Management of Reverse logistics and Closed Loop Supply Chain Processes. New York: CRC Press. 2005.
- [10] H. Suryana. "Model Jaringan Distribusi Dalam Sistem Reverse Logistics Daur Ulang Sampah Plastik Di Jabodetabek." dalam *Institut Teknologi Bandung*. Bandung. 2018.
- [11] W. T. Farizqi. U. Ciptomulyono dan A. Rusdiansyah. "Pengembangan Model Reverse Logistics Baterai Aki Bekas dengan Pendekatan Goal Programming." 22 Juli 2011. [Online].
- [12] A. Salim. Manajemen Transportasi. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada. 2012.
- [13] H. A. Taha. Operation Research An Introduction Tenth Edition. Inggris: Pearson Education Limited. 2017.
- [14] F. S. Hillier dan G. J. Lieberman. Introduction To Operations Research Seventh Edition. New York: McGraw-Hill Higher Education. 2001.
- [15] J. N. Natalin. M. N. Ardiansyah dan P. G. Artha. "Perancangan Rute Distribusi Pengiriman Barang Menggunakan Model Mixed Integer Linear Programming Untuk Meminimasi Biaya Transportasi Pada PT XYZ." *Journals Of Telkom University*. pp. 8032-8045. 2021.
- [16] A. Meflinda dan M. . Operation Research ( Riset Operasi ). Riau: UNRI PRESS. 2011.
- [17] D. Jamaludin. H. Mulyati dan A. S. Slamet. "Strategi Optimasi Jaringan Distribusi Sampah Organik di Tangerang Selatan." *Jurnal Manajemen dan Organisasi Vol. 13 No. 4*. pp. 371-383. 2022.
- [18] E. Fatchiyati. "Penentuan Alokasi Limbah Medis pada Puskesmas menuju Instalasi Penanganan Limbah Medis Padat Wilayah kota Surakarta menggunakan Model Integer Linear Programming." Digital Library Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta. 2010.
- [19] S. M. Herliansyah. "Model Pengambilan Kertas Bekas Untuk Perusahaan Daur Ulang Kertas." dalam *Seminar Nasional IENACO*. Yogyakarta. 2018.
- [20] S. dan R. M. Heryanto. "Development of the Capacitated Maximal Covering Location." *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. 2022.
- [21] M. S. Daskin. Network and Discrete Location Models. Algorithms. and Application. Canada: A Willey Interscience Publication. 1955.
- [22] P. E. D. K. Wati dan H. Nuha. "Pengembangan Model Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) Dalam Penentuan Lokasi Pendirian Gudang." *Jurnal Teknik Industri. Vol. 19. No. 1*. pp. 21-27. 2018.
- [23] A. Silalahi. C. Natalia. E. A. Zefanya dan W. Prasetya. "Optimasi Alokasi Sistem Pengolahan Sampah Anorganik Dengan Metode Capacitated Maximum Covering Location Problem." *Jurnal Metris*. pp. 35-43. 2022.
- [24] X. D. Medrano. "Using the maximal covering location problem to design a sustainable recycling network." *ELSEVIER*. 2020.
- [25] D. P. Sari. N. A. Masruroh dan A. M. S. Asih. "Extended Maximal Covering Location and Vehicle Routing Problems in Designing Smartphone Waste Collection Channels:A Case Study of Yogyakarta Province. Indonesia." *Journal Sustainability*. pp. 1-23. 2021.
- [26] S. I. LINDO. Lingo The Modeling Language and Optimizer. Chicago: LINDO SYSTEMS INC. 2020.