

PENENTUAN LOKASI ALTERNATIF TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR SAMPAH (TPA) MENGGUNAKAN *QUANTITATIVE METHOD*

Muhammad Zainuddin Fathoni
Program Studi Teknik Industri
Universitas Muhammadiyah Gresik
zainuddin@umg.ac.id

Abstract

Placement and determination of waste landfill locations in each city is very important. The location of a landfill that is not well organized will cause some negative consequences, which can cause damage to infrastructure; local environmental pollution; release of methane gas which is called organic decomposition; means of carrying diseases such as rats and flies; and simple interference. The existing landfill in Gresik city, precisely in the Ngipik Village, needs to be evaluated again because besides being in an urban location, the TPA has already been overloaded. Stakeholders need to find alternative locations to organize the city and make the city more comfortable for residential and urban areas.

The solution to the problem requires a support method to find a solution. One method of supporting the decision is the method of transportation, this method can help to determine the optimal location of various alternatives. The transportation method discusses the distribution of goods from a number of sources (supply) to various destinations (requests) with the aim of minimizing the costs of transportation that occur.

The results of calculating the optimal solution for each location using POM software by using a combination of existing landfill with TPA proposed I total costs spent in a day Rp.1.764.105,20. Temporary costs incurred using the existing landfill combination with TPA proposed II is Rp. 1.981.150,60. And the costs incurred using the existing landfill combination with the TPA proposed I and TPA proposed II amounting to Rp.2.121.919,80. The combination of the use of the existing landfill with TPA proposed I has the lowest cost value of all alternatives.

Keywords: final waste disposal place, supply, capacity, transportation.

PENDAHULUAN

Gaya hidup manusia yang konsumtif dan serba instan banyak dipengaruhi oleh perkembangan teknologi yang semakin maju dan kemegahan zaman. Hal ini memberi tuntutan bagi industri penghasil kebutuhan masyarakat dalam mencukupi kebutuhan tersebut. Di balik itu semua, timbul masalah nyata yaitu bertambahnya jumlah sampah. Semakin maju tingkat penguasaan teknologi, industri dan kebudayaan suatu bangsa, sampah yang dihasilkan diduga semakin banyak (Tatik Khusniah, 2013). Selain itu, pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam.

Pertambahan jumlah sampah yang tidak diimbangi dengan pengelolaan yang ramah lingkungan akan menyebabkan terjadinya kerusakan dan pencemaran lingkungan. Lahan

TPA tidak mengalami penambahan sedangkan setiap hari sampah terus dihasilkan, akibatnya sampah semakin menumpuk dan meninggi. Disamping itu, sampah yang menumpuk, terutama jenis sampah organik sering membawa beberapa bibit penyakit tanaman, hewan dan manusia serta disukai binatang-binatang sejenis serangga yang dapat mengganggu lingkungan (Yulipriyanto, 2013). Dengan demikian, upaya pengelolaan sampah yang baik memang perlu dilakukan. Pada umumnya, masyarakat kurang peduli dengan sampah. Biasanya sampah hanya dibuang begitu saja tanpa dipilah dan dipisahkan serta dianggap tidak bermanfaat lagi.

Pada saat ini jumlah sampah di Indonesia sebanding dengan tingkat konsumsi manusia terhadap barang atau material yang digunakan sehari-hari, sehingga pengelolaan sampah tidak terlepas dari pengelolaan gaya hidup masyarakat. Sampai saat ini, permasalahan sampah belum

teratasi dengan baik terutama di perkotaan. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) merupakan tempat penampungan pembuangan sampah yang bersifat sementara di kelurahan sebelum diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA). Minimnya tempat pembuangan sementara (TPS) membuat masyarakat semakin seandainya dalam membuang sampah. Kenyataan ini juga yang selalu menjadi salah satu penyebab banyaknya masyarakat yang membuang sampah sembarangan.

Kabupaten Gresik memiliki 1 (satu) tempat pembuangan akhir (TPA) sampah yaitu TPA Ngipik yang beroperasi sejak tahun 2002. TPA Ngipik terletak di wilayah Gresik bagian tengah tepatnya di Kelurahan Ngipik, Kecamatan Gresik. Luas lahan TPA Ngipik sebesar 6 ha dengan daya tampung awal sebesar 400 m³/hari. Dengan semakin meningkatnya timbunan sampah di Kabupaten Gresik dan semakin diperluasnya area pelayanan persampahan, maka timbunan sampah yang masuk ke TPA Ngipik juga semakin bertambah. Timbunan sampah masuk TPA Ngipik pada tahun 2017 mencapai lebih dari 800 m³/hari. Jumlah tersebut sebesar 2 (dua) kali lipat dari daya tampung awal TPA Ngipik. Saat ini luas lahan yang tersisa untuk zona pembuangan hanya tersisa \pm 1 ha. Apabila tidak terdapat pengurangan jumlah sampah yang masuk dan proses pengolahan sampah maka diperkirakan TPA Ngipik akan mengalami kelebihan kapasitas (*overload*).

Terdapat penelitian Pratiwi (2016) yang berjudul “Sistem Penunjang Keputusan Penentuan Lokasi Terbaik Pembuangan Sampah Sementara menggunakan Metode *Brown Gibson*” yaitu suatu aplikasi Sistem Penunjang Keputusan (SPK) untuk menentukan suatu zona kelayakan lokasi tempat pembuangan sampah, metode tersebut merupakan metode yang digunakan untuk penunjang pengambilan keputusan agar dapat dilakukan lebih cepat dan cermat dengan melalui perhitungan kriteria-kriteria yang ada. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan salah satu metode kuantitatif yaitu metode Transportasi, karena metode ini dapat membantu pengambilan keputusan menentukan lokasi teroptimal dari beberapa lokasi alternatif tempat pembuangan akhir sampah berdasarkan kriteria kuantitatif yang dipertimbangkan. Penentuan lokasi tempat pembuangan akhir sampah dibantu juga dengan visualisasi *mapping*.

Sesuai dengan latar belakang tersebut, peneliti mengangkat sebuah judul penelitian yaitu “Penentuan Lokasi Alternatif Tempat Pembuangan Akhir Sampah Menggunakan *Quantitative Method*. Studi Kasus: di Kota Gresik”.

Tujuan Penelitian

1. Mencari nilai solusi optimal tiap alternatif yang digunakan sebagai pengambilan keputusan penentuan tempat pembuangan akhir sampah berdasarkan metode kuantitatif.
2. Menentukan usulan lokasi alternatif tempat pembuangan akhir sampah yang dapat digunakan oleh *stakeholder*.

TINJAUAN PUSTAKA

Perluasan atau ekspansi pabrik / fasilitas adalah suatu hal yang paling sering membawa manajemen ke arah persoalan penentuan lokasi (Sritomo Wignjoseobroto, 2009). Menurut Sritomo (2009), suatu industri pada hakikatnya akan memperluas sistem usahanya bilamana:

1. Fasilitas-fasilitas produksi sudah dirasakan jauh dari ketinggalan.
2. Kebutuhan pasar (*market demand*) tumbuh dan berkembang diluar jangkauan kapasitas produksi yang ada.
3. Service yang tidak mencukupi dan memuaskan konsumen.

Pada dasarnya lokasi fasilitas yang ideal terletak pada suatu tempat yang mampu memberikan total biaya produksi yang rendah dan keuntungan yang maksimal. Penentuan lokasi fasilitas merupakan suatu keputusan yang penting, karena kesalahan yang dibuat sangat berisiko kehilangan investasi yang sudah dikeluarkan.

Dasar-dasar Pemilihan Lokasi Fasilitas

Langkah yang diambil dalam proses penentuan lokasi fasilitas setidaknya terdapat dua langkah, yaitu pemilihan daerah atau teritorial secara umum dan pemilihan berdasarkan *size* jumlah penduduk serta lahan secara khusus. Beberapa kondisi umum ikut pula dalam mempengaruhi pengambilan keputusan dalam penentuan lokasi fasilitas, diantaranya:

1. Lokasi di tengah kota
2. Lokasi di pinggir kota
3. Lokasi jauh diluar kota

Metode-metode Penentuan Alternatif Lokasi Pabrik atau Fasilitas

Terdapat dua metode pendekatan dalam menentukan alternatif lokasi fasilitas yang sebaiknya dipilih, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif (Sritomo Wignjosoebroto, 2009).

Alternatif pemilihan lokasi fasilitas dengan metode kualitatif

Metode ini lebih bersifat kualitatif dan subyektif, aplikasi ini lebih cocok untuk problema-problema yang sulit untuk dikuantitatifkan. Prosedur dalam pendekatan dengan metode kualitatif ini bisa diatur berdasarkan langkah-langkah analisis sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang relevan dan memiliki signifikansi yang berkaitan dengan proses pemilihan lokasi fasilitas.
2. Memberi bobot dari masing-masing faktor yang telah diidentifikasi tersebut berdasarkan derajat kepentingannya (*weighted procedure*).
3. Memberi skor (nilai) untuk masing-masing faktor yang diidentifikasi sesuai dengan skala angka (range berkisar 0 s/d 10, dengan angka 10 merupakan yang terbaik)
4. Mengalikan bobot dari masing-masing faktor tersebut diatas dengan skor dari tiap-tiap alternatif yang ada.

Alternatif pemilihan lokasi fasilitas dengan metode kuantitatif

Metode ini lebih bersifat kuantitatif dan dianggap obyektif karena penilaiannya akan

didasarkan pada ukuran-ukuran yang bisa dikuantitatifkan secara nyata. Metode kuantitatif secara garis besar dibagi menjadi dua metode dasar, yaitu:

- Metode analisis pusat gravitasi (*centre of gravity approach*).
- Metode analisis transportasi (metode *North West Corner Rules*, metode *heuristic least cost*, dan *Vogel's approximation method*).

Centre of Gravity Approach

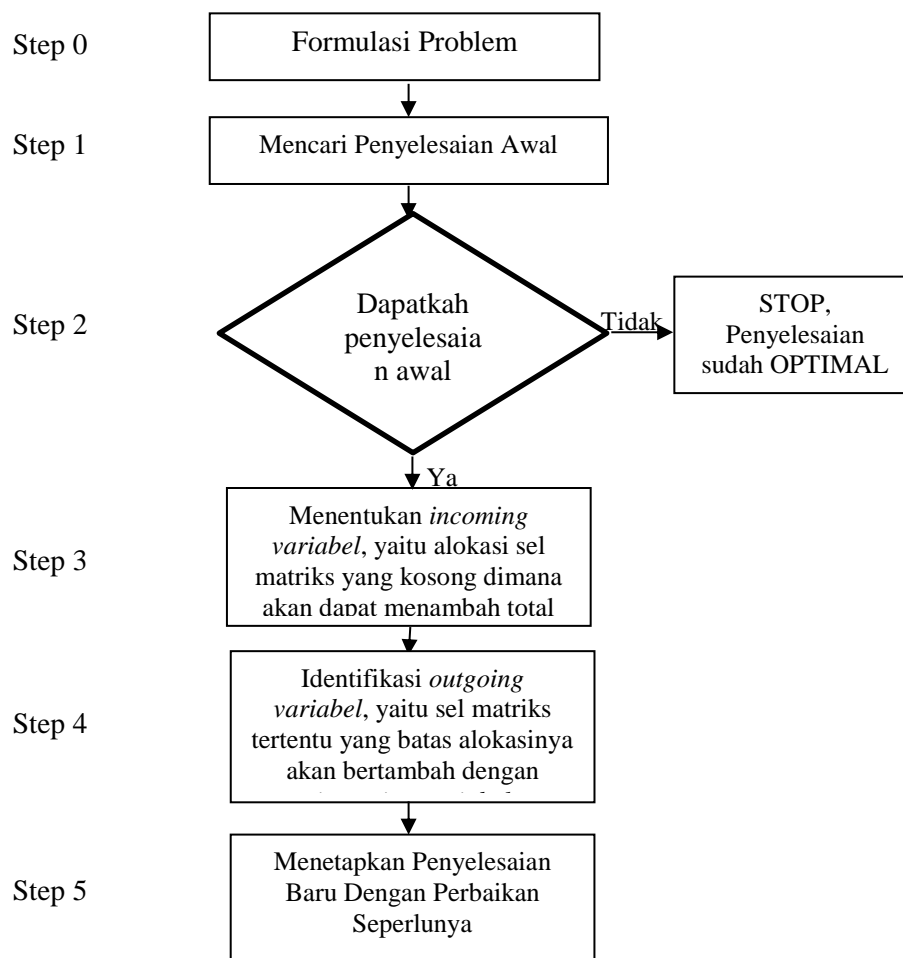
Pendekatan analisis pusat gravitasi dibuat dengan memperhitungkan jarak masing-masing lokasi sumber material dengan lokasi fasilitas yang direncanakan. Disini diasumsikan bahwa biaya produksi atau distribusi untuk masing-masing lokasi akan sama. Lokasi yang optimal dari suatu pusat fasilitas akan dipengaruhi oleh titik lokasi dimana sumber-sumber material / bahan baku yang dibutuhkan berada.

Metode Analisis Transportasi

Pendekatan analisis transportasi meliputi pemecahan permasalahan-permasalahan seperti:

- Penetapan *supply* yang cukup untuk beberapa lokasi tujuan dari berbagai sumber tertentu dengan biaya yang minimal.
- Pemilihan lokasi untuk fasilitas baru untuk memenuhi kebutuhan yang akan datang.
- Penetapan berbagai macam bentuk / sumber produksi guna memenuhi kapasitas produksi sesuai dengan *demand* yang akan datang dan biaya yang minimal.

Penyelesaian masalah dengan metode transportasi dapat direpresentasikan secara skematis pada gambar 1 (Sritomo Wignjosoebroto, 2009)



Gambar 1. Flow Chart Penyelesaian Masalah dengan Metode Analisis Transportasi

Penjelasan prosedur penyelesaian masalah transportasi dibahas melalui tahapan-tahapan berikut :

Langkah 0 : Penyelesaian formulasi problem

Pada tahap formulasi problem ini perlu diperhatikan apakah sudah seimbang antara total *supply* dengan total *demand* dari masing-masing lokasi tujuan. Apabila tidak seimbang, maka perlu dibuat data "dummy" yang sesuai.

Langkah 1 : Penyelesaian awal

Pada tahap ini bisa dilakukan dengan aplikasi salah satu metode, yaitu metode heuristic, metode *North-West Corner Rules*, dan *Vogel's approximation method*.

Penyelesaian awal ini memerlukan 3 kondisi yang harus dipenuhi, yaitu :

- Penyelesaian dalam bentuk pengalokasian harus memenuhi kelayakan (*feasible*) yaitu

sesuai dengan batasan *supply* dan *demand* yang ada.

- Alokasi harus menempati seluruh matrix sel yang ada dan memenuhi persyaratan $m+n-1$ (jumlah seluruh batasan sumber *supplies* dan kebutuhan lokasi tujuan).
- Alokasi sel matrix pada posisi yang tidak membentuk lintasan tertutup (*closed path*)

Langkah 2 : Evaluasi penyelesaian awal

- Identifikasi sel matrix yang terisi pada posisi pojok yang menghasilkan *unique closed path* yang akan dipengaruhi oleh alokasi percobaan ini.
- Tetapkan macam alokasi penyelesaian yang diperlukan untuk tetap menjaga kemungkinan penyelesaian. Ini meliputi langkah-langkah penambahan atau pengurangan 1 unit pada sel-sel yang terisi.

- Ukur perubahan biaya yang disebabkan oleh alokasi penyesuaian ini.
- Hitung efek perubahan biaya yang menggambarkan apakah perbaikan yang ingin dilakukan bisa terjadi.

Langkah 3 : Menentukan *incoming variable* (Pengalokasian sel matriks kosong)

Langkah 4 : Identifikasi *outgoing variable* (Realokasi sel matriks untuk solusi baru)

Langkah 5 : Penetapan solusi terbaru.

Penyusunan Metode Transportasi

Persoalan transportasi membahas pendistribusian suatu komoditas (barang) dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*demand*), dengan tujuan meminimumkan ongkos pengangkutan yang terjadi. Ciri-ciri khusus persoalan transportasi ini adalah:

1. Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu.
2. Kuantitas komoditas yang didistribusikan dari setiap sumber dan yang diterima oleh setiap tujuan, besarnya tertentu.
3. Komoditas yang dikirim atau diangkut dari suatu sumber ke suatu tujuan, besarnya sesuai dengan permintaan dan atau kapasitas sumber.

4. Ongkos pengangkutan komoditas dari suatu sumber ke suatu tujuan, besarnya tertentu.

Secara diagramatik, model transportasi dapat digambarkan misalkan ada m buah sumber dan n buah tujuan.

Masing-masing sumber mempunyai kapasitas a_i , $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

Masing-masing tujuan membutuhkan komoditas sebanyak b_j , $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Jumlah satuan yang dikirim dari sumber i ke tujuan j adalah sebanyak X_{ij} .

Ongkos pengiriman perunit dari sumber i ke tujuan j adalah C_{ij} .

Dengan demikian, maka formulasi program liniernya sebagai berikut: (Taylor, 2006)

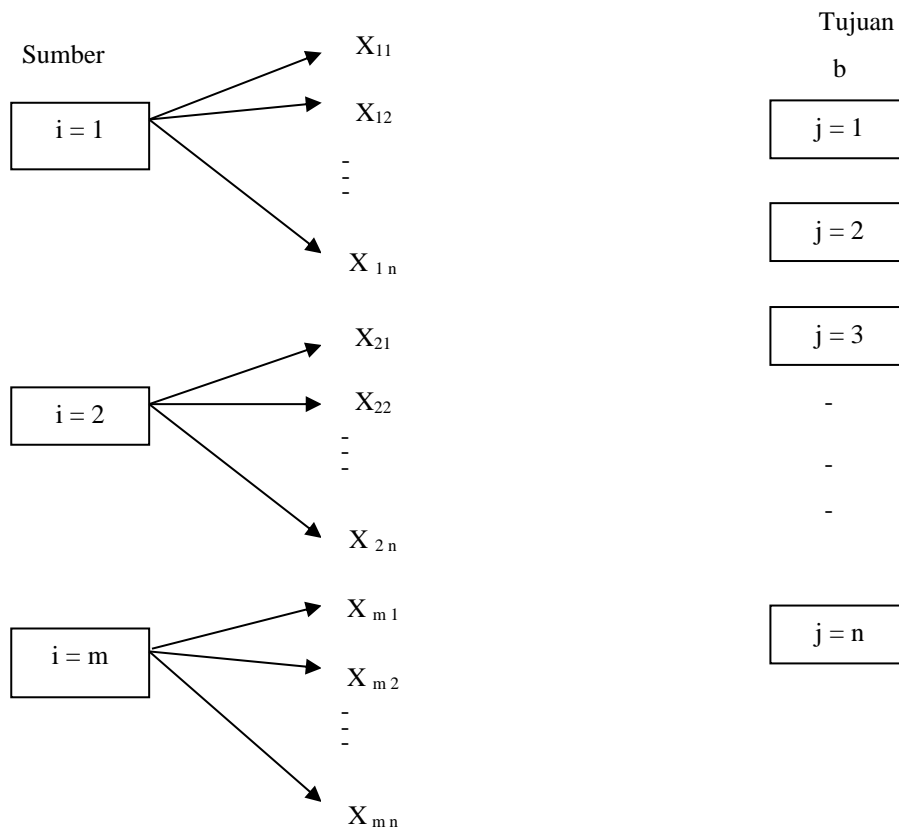
$$\text{Minimumkan: } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Berdasarkan pembatas:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ untuk seluruh } i \text{ dan } j$$



Gambar 2. Gambar Diagramatik Model Transportasi

Minimumkan:

$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + C_{13}X_{13} + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + C_{23}X_{23} + C_{im}X_{jn}$$

Berdasarkan pembatas:

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} &= a_1 \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} &= a_2 \\ X_{11} + X_{21} &= b_1 \\ X_{12} + X_{22} &= b_2 \\ X_{13} + X_{23} &= b_3 \end{aligned}$$

Suatu model transportasi dikatakan seimbang apabila total *supply* sama dengan total *demand*. Dengan kata lain:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Jika jumlah demand melebihi jumlah *supply*, maka dibuat suatu sumber *dummy* yang akan men-*supply* kekurangan tersebut, yaitu sebanyak $\sum b_j - \sum a_i$. Sebaliknya, jika jumlah *supply* melebihi jumlah *demand*, maka dibuat suatu tujuan *dummy* untuk menyerap kelebihan tersebut, yaitu sebanyak $\sum a_i - \sum b_j$.

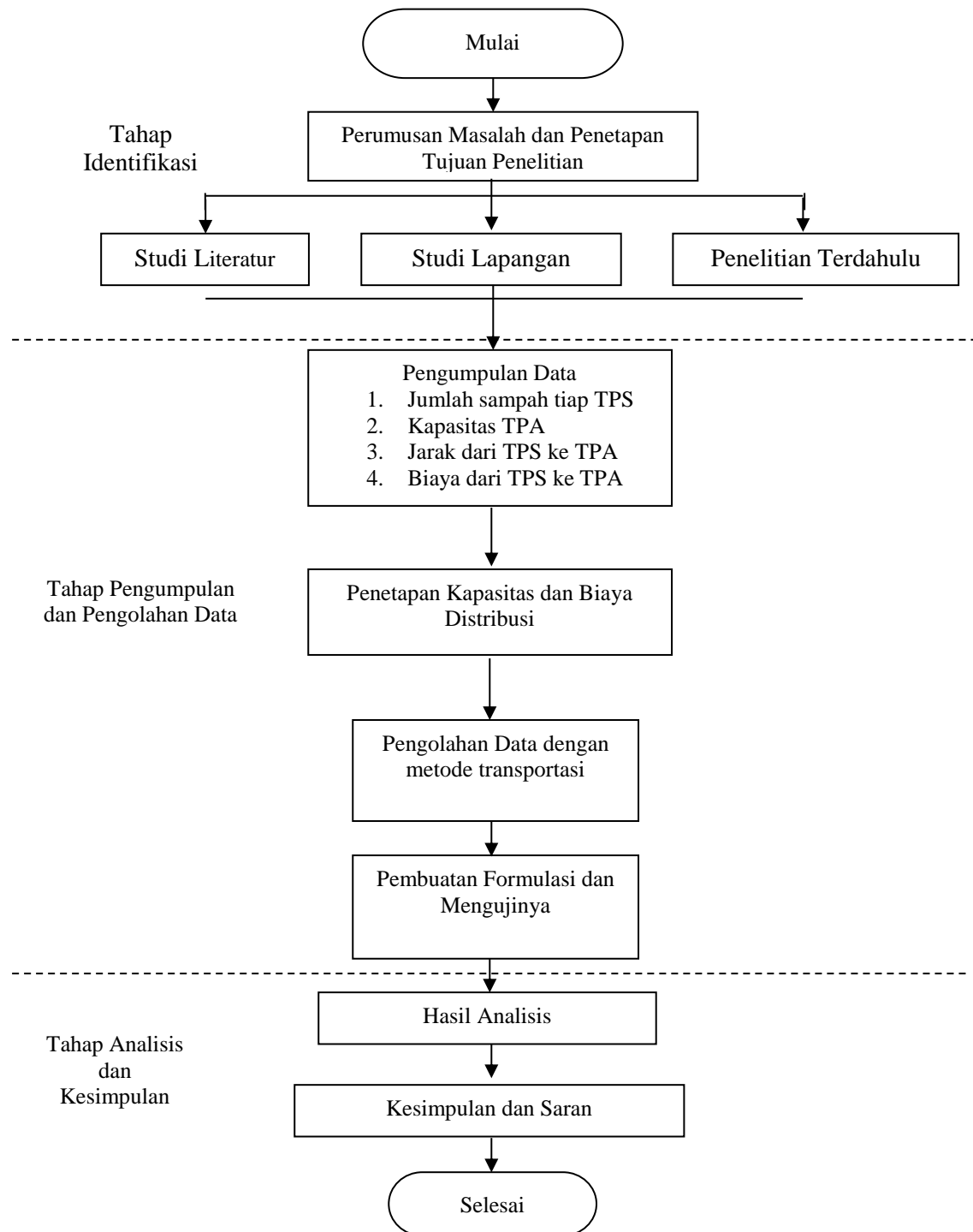
Ongkos transportasi per unit (C_{ij}) dari sumber *dummy* ke seluruh tujuan adalah nol. Hal ini dapat dipahami karena pada kenyataannya dari sumber *dummy* tidak terjadi pengiriman. Begitu pula ongkos transportasi perunit (C_{ij}) dari semua sumber ke tujuan *dummy* adalah nol (Fathoni, 2013).

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran tentang langkah-langkah pemecahan masalah dalam penelitian ini dibuat melalui beberapa tahap. Pada masing-masing tahap akan terdiri dari beberapa kegiatan penelitian yang saling berkaitan satu sama lain. Secara umum tahapan-tahapan selama penelitian digambarkan dalam diagram alir penelitian.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dimaksudkan untuk memudahkan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian, dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Data-data yang dikumpulkan sangat mendukung dalam pemecahan suatu permasalahan yang berhubungan dengan

kebijakan penentuan lokasi alternatif tempat pembuangan akhir sampah (TPA).

Pemrosesan Akhir (TPA) Ngipik

TPA Ngipik terletak di Kelurahan Ngipik, Kecamatan Gresik. TPA tersebut mulai beroperasi sejak tahun 2002. Luas lahan TPA

Ngipik sebesar 6 ha dengan zona pembuangan sebesar 4 ha. Sisa lahan digunakan untuk sarana dan prasarana penunjang TPA. Terdapat rencana perluasan lahan TPA sebesar 3,5 ha. Status lahan TPA Ngipik bukan milik Pemerintah Kabupaten Gresik, akan tetapi merupakan lahan pinjam pakai milik PT. Semen Gresik.

Total volume sampah masuk ke TPA Ngipik hingga akhir tahun 2016 sebesar 291.706 m³ (87.511 ton) dengan timbulan sampah sebesar 797 m³ per hari. Sementara pada tahun 2017 (hingga bulan Mei), timbulan sampah yang masuk ke TPA telah mencapai 117.297 m³ (40% dari total volume sampah tahun 2016).

Daya tampung / angkut sampah tiap TPS

Tabel 1. Jumlah tampung angkut sampah tiap TPS

Kecamatan	jumlah TPS	volume (m3)	
1	Balong panggang	1	6,000
2	Benjeng	3	13,998
3	Bungah	3	9,000
4	Cerme	13	49,000
5	Driyorejo	5	23,000
6	Duduk sampeyan	9	23,992
7	Dukun	3	9,000
8	Gresik	16	261,000
9	Kebomas	40	269,670
10	Kedamean	1	3,000
11	Manyar	16	117,998
12	Menganti	8	27,996
13	Panceng	2	3,000
14	Sangkapura*	-	-
15	Sidayu	3	18,000
16	Tambak*	-	-
17	Ujung pangkah	1	2,000
18	Wringin anom	1	2,000

Sumber : DLH Gresik 2017

(* Pengelolaan dilakukan swadaya)

Kapasitas TPA

Berdasarkan laporan studi revitalisasi TPA Ngipik bahwa timbulan sampah perhari adalah 800 m³/hari, padahal daya tampung awal TPA Ngipik adalah 400 m³/hari (Studi revitalisasi, p. I-1). Kapasitas TPA usulan berdasarkan estimasi daya tampung perhari dimana TPA usulan I sebesar 330 m³/hari (studi kelayakan TPA Banyutengah Panceng, 2013, p.47-51). Kapasitas TPA usulan II sebesar 371 m³/hari (studi

kelayakan TPA Lebanisuko Wringinanom, 2012, p.47 & 93) dengan estimasi umur pakai berjenjang.

Jarak TPS Kecamatan dengan TPA

Dalam menentukan jarak antara tiap TPS dengan TPA Ngipik dan TPA usulan menggunakan jalur transportasi berbasis *google map*. Hasil rekapitulasi jarak nya seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jarak tiap TPS Kecamatan dengan TPA Ngipik dan TPA usulan

Kecamatan	Jarak (Km)			
	TPA Ngipik	TPA Usulan I	TPA Usulan II	
1	Balong panggang	32	63	24
2	Benjeng	25	57	17
3	Bungah	16	25	56
4	Cerme	16	50	27
5	Driyorejo	44	81	15
6	Duduk sampeyan	18	45	32
7	Dukun	34	19	64
8	Gresik	3,2	42	41
9	Kebomas	6,8	50	37
10	Kedamean	31	64	13
11	Manyar	11	34	67
12	Menganti	22	58	22
13	Panceng	35	5,2	70
14	Sangkapura	-	-	-
15	Sidayu	26	15	60
16	Tambak	-	-	-
17	Ujung pangkah	29	20	68
18	Wringin anom	40	93	2,3

Sumber : Diolah

Biaya dari TPS Kecamatan Menuju TPA

Dalam menentukan biaya, peneliti hanya memasukkan unsur biaya distribusi dari TPS ke TPA *existing* dan TPA usulan dengan menggunakan perhitungan perkalian antara jarak dengan harga solar. Rincian perhitungan biaya sebagai berikut:

- Harga solar Rp. 5.150, berdasarkan wawancara dengan pihak terkait untuk 1 liter solar bisa dibuat kendaraan untuk menempuh jarak 6 Km. Sehingga biaya transportasi per Km adalah Rp. 5.150 dibagi 6 Km menjadi Rp. 858/Km

- Standard ritasi dalam sekali perjalanan, kendaraan mampu mengangkut sampah sebanyak 6 m³. Maka biaya per m³ adalah Rp. 858 : 6 m³ = Rp. 143/Km.m³

Contoh perhitungan biaya distribusi sampah per-m³ dari TPS Kecamatan Balong panggang ke TPA Ngipik adalah jarak 32 Km dikalikan biaya per- m³ Rp. 143/m³ yaitu sebesar Rp. 4765. Detail biaya dari TPS ke TPA Ngipik dan TPA usulan seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Biaya angkut dari TPS ke TPA Ngipik dan TPA usulan

Kecamatan		Biaya distribusi per m3 (Rp.)		
		TPA Ngipik	TPA usulan I	TPA Usulan II
1	Balong panggang	4576,0	9009,0	3432,0
2	Benjeng	3575,0	8151,0	2431,0
3	Bungah	2288,0	3575,0	8008,0
4	Cerme	2288,0	7150,0	3861,0
5	Driyorejo	6292,0	11583,0	2145,0
6	Duduk sampeyan	2574,0	6435,0	4576,0
7	Dukun	4862,0	2717,0	9152,0
8	Gresik	457,6	6006,0	5863,0
9	Kebomas	972,4	7150,0	5291,0
10	Kedamean	4433,0	9152,0	1859,0
11	Manyar	1573,0	4862,0	9581,0
12	Menganti	3146,0	8294,0	3146,0
13	Panceng	5005,0	743,6	10010,0
14	Sangkapura	0,0	0,0	0,0
15	Sidayu	3718,0	2145,0	8580,0
16	Tambak	0,0	0,0	0,0
17	Ujung pangkah	4147,0	2860,0	9724,0
18	Wringin anom	5720,0	13299,0	328,9

Sumber : Diolah

Pengolahan Data Menggunakan Metode Transportasi

Setelah semua data yang diperlukan untuk menganalisis terkumpul, maka selanjutnya adalah memasukkan data tersebut kedalam

formulasi metode transportasi seperti terlihat pada tabel 4. Cara mendapatkan solusi optimal bisa juga menggunakan aplikasi *software* POM, namun output dari *software* ini tidak menunjukkan proses iterasi (Mulyono, 2002).

Tabel 4. Formulasi awal metode Transportasi

Dari	Ke	TPA (m3/hari)			Supply (m3/hari) (a _i)
		Ngipik	Usulan I	Usulan II	
S U M B E R	Balong panggang	4576	9009	3432	6
	Benjeng	3575	8151	2431	14
	Bungah	2288	3575	8008	9
	Cerme	2288	7150	3861	49
	Driyorejo	6292	11583	2145	23
	Duduk Sampeyan	2574	6435	4576	24
	Dukun	4862	2717	9152	9
	Gresik	457,6	6006	5863	261
	Kebomas	972,4	7150	5291	270
	Kedamean	4433	9152	1859	3
	Manyar	1573	4862	9581	118
	Menganti	3146	8294	3146	28
	Panceng	5005	743,6	10010	3
	Sangkapura				
	Sidayu	3718	2145	8580	18
	Tambak				
	Ujungpangkah	4147	2860	9724	2
	Wringinanom	5720	13299	328,9	2
Capacity (b _j)		400,00	287,03	371,00	

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I total biaya yang dikeluarkan dalam sehari Rp.1.764.105,20 seperti terlihat pada tabel 5.

Sementara biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan II adalah sebesar Rp. 1.981.150,60 seperti terlihat pada tabel 6.

Dan biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I dan TPA usulan II adalah sebesar Rp.2.121.919,80 seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 5. Hasil Kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I

Dari	Ke	TPA (m ³ /hari)				Supply (m ³ /hari) (a ₁)	Biaya
		Ngipik	Usulan I	Dummy			
SUMBER	Balong panggang	4576	9009	6	0	6	0,00
	Benjeng	3575	8151	14	0	14	0,00
	Bungah	2288	9 3575		0	9	32.175,00
	Cerme	2288	7150	49	0	49	0,00
	Driyorejo	6292	11583	23	0	23	0,00
	Duduk Sampeyan	2574	24 6435		0	24	154.440,00
	Dukun	4862	9 2717		0	9	24.453,00
	Gresik	157 457,6	104 6006		0	261	696.467,20
	Kebomas	243 972,4	7150	27	0	270	236.293,20
	Kedamean	4433	9152	3	0	3	0,00
	Manyar	1573	118 4862		0	118	573.716,00
	Menganti	3146	8294	28	0	28	0,00
	Panceng	5005	3 743,6		0	3	2.230,80
	Sangkapura				0		0,00
	Sidayu	3718	18 2145		0	18	38.610,00
	Tambak				0		0,00
	Ujung pangkah	4147	2 2860		0	2	5.720,00
	Wringin anom	5720	13299	2	0	2	0,00
	Capacity (b ₁)		400,00	287,03	152,00		
Total biaya						Rp1.764.105,20	

Tabel 6. Hasil Kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan II

Dari	Ke	TPA (m ³ /hari)				Supply (m ³ /hari) (a ₁)	Biaya
		Ngipik	Usulan II	Dummy			
SUMBER	Balong panggang	4576	6 3432			6	20.592,00
	Benjeng	3575	14 2431			14	34.034,00
	Bungah	2288	8008	9	0	9	0,00
	Cerme	2288	49 3861			49	189.189,00
	Driyorejo	6292	23 2145			23	49.335,00
	Duduk Sampeyan	2574	24 4576			24	109.824,00
	Dukun	4862	9152	9	0	9	0,00
	Gresik	261 458	5863			261	119.433,60
	Kebomas	48 972	222 5291			270	1.221.277,20
	Kedamean	4433	3 1859			3	5.577,00
	Manyar	91 1573	9581	27	0	118	143.143,00
	Menganti	3146	28 3146			28	88.088,00
	Panceng	5005	10010	3	0	3	0,00
	Sangkapura						0,00
	Sidayu	3718	8580	18	0	18	0,00
	Tambak						0,00
	Ujung pangkah	4147	9724	2	0	2	0,00
	Wringin anom	5720	2 328,9			2	657,80
	Capacity (b ₁)		400,00	371,00	68,00		
Total biaya						Rp1.981.150,60	

Tabel 7. Hasil Kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I dan TPA usulan II

Dari	Ke	TPA (m ³ /hari)				Supply (m ³ /hari) (a _i)	Biaya
		Ngipik	Usulan I	Usulan II			
SUMBER	Balong panggang	4576	9009	6	3432	6	20.592,00
	Benjeng	3575	8151	14	2431	14	34.034,00
	Bungah	2288	9	3575	8008	9	32.175,00
	Cerme	2288	7150	49	3861	49	189.189,00
	Driyorejo	6292	11583	23	2145	23	49.335,00
	Duduk Sampayan	2574	6435	24	4576	24	109.824,00
	Dukun	4862	9	2717	9152	9	24.453,00
	Gresik	261	457,6	6006	5863	261	119.433,60
	Kebomas	139	972,4	7150	5291	270	828.284,60
	Kedamean	4433	9152	3	1859	3	5.577,00
	Manyar	1573	118	4862	9581	118	573.716,00
	Menganti	3146	8294	28	3146	28	88.088,00
	Panceng	5005	3	743,6	10010	3	2.230,80
	Sangkapura						0,00
	Sidayu	3718	18	2145	8580	18	38.610,00
	Tambak						0,00
	Ujung pangkah	4147	2	2860	9724	2	5.720,00
	Wringinanom	5720		13299	328,9	2	657,80
	dummy	0	128,03	0	91,00	0	219,03
Capacity (b _j)		400,00	287,03	371,00			Rp 2.121.919,80

ANALISIS DAN INTERPRETASI Kondisi Wilayah

Sebagian besar tanah di wilayah Kabupaten Gresik terdiri dari jenis Aluvial, Grumusol, Mediteran Merah dan Litosol. Berdasarkan ciri-ciri fisik tanahnya, Kabupaten Gresik dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu:

- Kabupaten Gresik bagian Utara (meliputi wilayah: Panceng, Ujungpangkah, Sidayu, Bungah, Dukun, Manyar) adalah bagian dari daerah pegunungan Kapur Utara yang memiliki tanah relatif kurang subur (wilayah Kecamatan Panceng). Daerah ini sangat potensial karena mampu menciptakan lahan yang cocok untuk industri, perikanan, perkebunan, dan permukiman.
- Kabupaten Gresik bagian Tengah (meliputi wilayah: Duduk sampayan, Balong panggang, Benjeng, Cerme, Gresik, Kebomas) merupakan kawasan dengan tanah relatif subur. Wilayah ini merupakan daerah yang cocok untuk pertanian dan perikanan.

- Kabupaten Gresik bagian Selatan (meliputi wilayah: Menganti, Kedamean, Driyorejo dan Wringinanom). Sebagian wilayah merupakan dataran rendah yang cukup subur dan sebagian sisanya merupakan daerah berbukit. Oleh karena itu Kabupaten Gresik Selatan merupakan daerah yang cocok untuk industri, permukiman dan pertanian.
- Wilayah kepulauan Kabupaten Gresik (meliputi wilayah: Sangkapura dan Tambak) merupakan sebagian dataran rendah yang cukup subur dengan jenis tanah mediteran coklat kemerahan dan sebagian merupakan daerah berbukit sehingga dibagian wilayah ini merupakan daerah yang cocok untuk pertanian, pariwisata, dan perikanan.

Dari beberapa pembagian wilayah di Kabupaten Gresik ini, untuk wilayah kepulauan yaitu kecamatan Sangkapura dan Tambak, proses pengelolaan sampahnya dilakukan sendiri (swadaya) dikarenakan proses distribusinya yang jauh dan melewati laut.

Analisis menggunakan kombinasi TPA existing dengan TPA usulan I

Hasil *running software* POM menunjukkan bahwa apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I total biaya yang dikeluarkan dalam sehari Rp.1.764.105,20. Namun terdapat tujuan *dummy* yaitu sampah yang bersumber dari kecamatan balongpanggang sebanyak 6 m³, dari kecamatan benjeng sebanyak 14 m³, dari kecamatan cerme sebanyak 49 m³, dari kecamatan driyorejo sebanyak 23 m³, dari kecamatan kebomas sebanyak 27 m³, kecamatan kedamean sebanyak 3 m³, dari kecamatan menganti sebanyak 28 m³, dan dari kecamatan wringinanom sebanyak 2 m³ seperti terlihat pada gambar 4. Hal ini menunjukkan apabila menggunakan TPA usulan I pihak dinas terkait tetap perlu memikirkan solusi untuk menampung sampah dari kecamatan-kecamatan tersebut sebanyak total 152 m³.

(untitled) Solution			
Optimal cost = \$1764105,0	TPA Existing	TPA usulan I	Dummy
Source 1			6
Source 2			14
Source 3		9	
Source 4			49
Source 5			23
Source 6		24	
Source 7		9	
Source 8	157	104	
Source 9	243		27
Source 10			3
Source 11		118	
Source 12			28
Source 13		3	
Source 14		0	
Source 15		18	
Source 16		0	
Source 17		2	
Source 18			2

Gambar 4. Hasil *running software* kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I

Analisis menggunakan kombinasi TPA existing dengan TPA usulan II

Biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan II adalah sebesar Rp. 1.981.150,60. Namun terdapat tujuan *dummy* seperti terlihat pada gambar 5, yaitu sampah yang bersumber dari kecamatan Bungah sebanyak 9 m³, dari kecamatan Dukun sebanyak 9 m³, dari kecamatan Manyar sebanyak 27 m³, dari kecamatan Panceng sebanyak 3 m³, dari kecamatan Sidayu sebanyak 18 m³ dan dari kecamatan Ujung pangkah sebanyak 2 m³. Hal ini menunjukkan apabila menggunakan TPA usulan II, pihak dinas terkait

juga tetap perlu memikirkan solusi untuk menampung sampah dari kecamatan Bungah, Dukun, Manyar, Panceng, Sidayu dan kecamatan Ujung pangkah tersebut sebanyak total 68 m³.

(untitled) Solution			
Optimal cost = \$1981151,0	TPA Existing	TPA usulan 2	Dummy
Source 1		6	
Source 2		14	
Source 3			9
Source 4		49	
Source 5		23	
Source 6		24	
Source 7			9
Source 8	261		
Source 9	48	222	
Source 10		3	
Source 11	91		27
Source 12		28	
Source 13			3
Source 14		0	
Source 15			18
Source 16		0	
Source 17			2
Source 18		2	

Gambar 5. Hasil *running software* kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan II

Analisis menggunakan kombinasi TPA existing dengan TPA usulan I dan II

Biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I dan TPA usulan II adalah sebesar Rp.2.121.919,80. Namun terdapat sumber *dummy* yaitu sampah yang bisa ditampung oleh TPA usulan I sebanyak 128,03 m³ dan bisa ditampung oleh TPA usulan II sebanyak 91 m³ seperti terlihat pada gambar 6.

(untitled) Solution			
Optimal cost = \$2121920,0	TPA Existing	TPA usulan 1	TPA usulan 2
Source 1			6
Source 2			14
Source 3		9	
Source 4			49
Source 5			23
Source 6			24
Source 7		9	
Source 8	261		
Source 9	139		131
Source 10			3
Source 11		118	
Source 12			28
Source 13		3	
Source 14		0	
Source 15		18	
Source 16		0	
Source 17		2	
Source 18			2
Dummy		128,03	91

Gambar 6. Hasil *running software* kombinasi TPA *existing* dengan kedua TPA usulan

Analisis *dummy*

Adanya tujuan *dummy* ketika menggunakan TPA usulan, baik ketika menggunakan TPA usulan I maupun TPA usulan II, menjadi sebuah masalah karena masih ada sampah yang belum bisa terangkut secara keseluruhan. Sumber *dummy* juga terjadi ketika menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan kedua TPA usulan, hal ini akan terjadi ketidakefisienan dalam penggunaan fasilitas yang ada. Oleh karena itu dengan adanya tujuan *dummy* dan sumber *dummy* tersebut, pihak terkait bisa memaksimalkan TPA *existing* seperti yang dilakukan saat ini namun dengan risiko dapat mempercepat masa umurnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini, kesimpulan yang bisa diambil adalah:

1. Hasil perhitungan solusi optimal tiap lokasi alternatif menggunakan *software* POM menunjukkan bahwa apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan I total biaya yang dikeluarkan dalam sehari Rp.1.764.105,20. Sementara biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan TPA usulan II adalah sebesar Rp. 1.981.150,60. Dan biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan kombinasi TPA *existing* dengan kedua TPA usulan adalah sebesar Rp.2.121.919,80.
2. Keputusan yang bisa diambil oleh pemangku kepentingan dalam penentuan lokasi alternatif tempat pembuangan akhir sampah adalah kombinasi penggunaan TPA *existing* dengan TPA usulan I dikarenakan mendapatkan biaya terendah dari semua alternatif. Adanya sumber *dummy* dan tujuan *dummy* bisa diselesaikan dengan memaksimalkan TPA *existing* seperti yang dilakukan saat ini namun dengan risiko dapat mempercepat masa umurnya.

Saran

Demi sempurnanya penelitian tentang penentuan lokasi alternatif tempat pembuangan akhir sampah (TPA) ini, peneliti memberikan beberapa saran, diantaranya:

1. Penelitian ini merupakan pengembangan dari teori yang telah dipelajari sebelumnya.

Sebagian besar dari pengolahan data merupakan hasil dari perhitungan secara personal peneliti, penilaian dari setiap orang mungkin akan berbeda.

2. Dalam penelitian ini kapasitas TPA usulan yang digunakan adalah estimasi daya tampung perhari. Penentuan kapasitas TPA usulan bisa menggunakan parameter yang berbeda, misal kapasitas TPA secara keseluruhan (total) tanpa memperhitungkan umur pakainya.
3. Perlu adanya penelitian berikutnya yang menggunakan atau menggabungkan antara metode kualitatif dengan metode kuantitatif guna mendukung keputusan proses penentuan TPA usulan.
4. Biaya yang diperlukan dalam perhitungan ada baiknya menggunakan semua unsur yang diperlukan dalam menentukan biaya dari sumber ke tujuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fathoni, M. Z. *Optimasi kebijakan outsourcing proses kiln dry dengan pendekatan metode transportasi untuk mendukung supply chain (studi kasus: Perusahaan Furniture di Surabaya)*. Matrik Vol. 13 No. 2. 2013.
http://gresikkab.go.id/berita/2015_03_05_gandeng_pihak_ketiga_untuk_mengolah_sampah_gresik, diakses pada 06 Januari 2018
http://gresikkab.go.id/profil/dinas_lingkungan_hidup, diakses pada 06 Januari 2018
<https://www.bangsaonline.com/berita/25097/pengeolaan-tempat-sampah-di-kota-gresik>, diakses pada 06 Januari 2018.
- Hutama, Adi CV. 2017. *Jasa Konsultansi Studi revitalisasi TPA Ngipik kabupaten Gresik*. Gresik.
- LPPM ITS, DLH Kab. Gresik. 2012. *Penyusunan Studi kelayakan TPA Kecamatan Wringinanom*. p.47 & 93
- Mulyono, Sri. 2002. *"Riset Operasi"*, edisi revisi, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Pratiwi, Statiswaty, Tajidun. 2016. *Sistem Penunjang Keputusan Penentuan Lokasi Terbaik Pembuangan Sampah Sementara Menggunakan Metode Brown Gibson*. Semantik 2 (2) : 125-134.
- Tatik Khusniah. 2000. *Pendayagunaan Sumber Daya Hayati dalam*

- Pengelolaan Lingkungan*. Prosiding. Seminar Nasional. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Taylor III, B.W, 2006. *"Sains Management"*, Edisi Indonesia, Jakarta, Salemba Empat.
- Triwira Jasatama, CV. 2013. *Studi kelayakan TPA Desa Banyutengah Kecamatan Panceng Kabupaten Gresik*. p.47-51
- Wignjosoebroto S. 2009. *Tata Letak Pabrik dan Pindahan Bahan*. Edisi Keempat. Guna Widya. Surabaya.
- Yulipriyanto. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.