

ALOKASI PENGOLAHAN SAMPAH ANORGANIK DENGAN MENGGUNAKAN MAXIMUM COVERING LOCATION PROBLEM

Nur Rahmawati¹⁾, M. Firmansyah^{2*)}, Dwi Sukma Donoriyanto³⁾

^{1, 3)}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
²⁾Teknologi Listrik

Politeknik Internasional Taman Siswa, Mojokerto
e-mail: firmansyahmohamed@gmail.com

ABSTRAK

Daerah-daerah di Indonesia memiliki permasalahan mengenai sampah yang sulit untuk diatasi. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lokasi Sistem Pengelolaan Sampah Anorganik. Terdapat empat lokasi potensial dengan berbagai kapasitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan lokasi terbaik sistem pengolahan sampah dan mengalokasikan masing-masing TPS yang berjarak kurang dari 35 km dari sistem yang dipilih, untuk memastikan bahwa jarak keseluruhan yang ditempuh sedekat mungkin. Ada empat kemungkinan lokasi, dan akan dipilih dua lokasi terbaik. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak microsoft excel untuk menyelesaikan masalah dengan pendekatan Capacitated Maximum Covering Location Problem (CMCLP). Parameter jarak yang digunakan oleh CMCLP dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah menentukan lokasi sistem pengolahan sampah yang akan dibangun dan alokasi sampah serta jumlah sampah dari masing-masing TPS menggunakan Mix Integer Programming. Pada kandidat lokasi A, demannya sebesar 2200 ton, kandidat lokasi B demannya sebesar 1300 ton, kandidat lokasi C demannya sebesar 1300-ton dan kandidat lokasi D demannya sebesar 1300 ton. Pembagian sampah dari TPS yang jaraknya kurang dari 35 km dilakukan pada tahap kedua. Dalam penentuan lokasi pengolahan sampah, diperoleh hasil maksimum demand dapat terpenuhi dengan membangun 1 lokasi pengolahan sampah yaitu di kandidat lokasi A atau D dengan maksimum demand sebesar 6100-ton sampah.

Kata Kunci: Sampah, Maximal Covering Location Problem (MCLP), Model Capacitated Maximum Covering Location Problem (MCMCLP).

ABSTRACT

In Indonesia, waste management poses significant challenges across regions. This study aims to address this issue by identifying optimal sites for an Inorganic Waste Management System. Four potential locations, each with varying capacities, are considered. The objective is to pinpoint the most suitable location for waste treatment systems and ensure that every Temporary Waste Collection Point (TPS) is within a 35 km radius of the selected site, minimizing overall distances. Employing Microsoft Excel, the research tackles the problem through the Capacitated Maximum Covering Location Problem (CMCLP) approach. The process involves two stages: first, utilizing Mixed Integer Programming to determine the waste processing facility's location and waste allocation from each TPS, considering demand volumes. Secondly, in the second stage, waste distribution from TPS within the 35 km radius is addressed. The study concludes that meeting the maximum demand requires establishing two waste processing facilities, located at candidate sites A or D, collectively capable of handling 6100 tons of waste.

Keywords: Waste, Maximal Covering Location Problem (MCLP), Model Capacitated Maximum Covering Location Problem (MCMCLP).

A. PENDAHULUAN

Sampah merujuk pada sisa-sisa material yang berasal dari aktivitas manusia, hewan, atau tumbuhan yang tidak dimanfaatkan kembali dan kemudian dilepaskan ke lingkungan dalam bentuk cair, padat, atau gas [1], [2]. Umumnya dianggap sebagai bahan yang tidak berguna dan bahkan dapat menimbulkan kerugian bagi lingkungan sekitar [3]. Ketika sampah tidak dikelola dengan baik, berbagai masalah muncul seperti bau tidak sedap dan risiko terhadap kesehatan [4], [5]. Pemerintah telah mengeluarkan kebijakan dan peraturan terkait pengelolaan sampah, termasuk Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 3 Tahun 2013, yang mengatur aspek teknis dan non-teknis dari pengelolaan sampah.

Perkembangan pesat populasi menyebabkan peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan setiap tahun. Hal ini membuat penanganan sampah menjadi tantangan yang semakin sulit. Saat ini, pengelolaan sampah masih belum optimal, dengan pendekatan konvensional yang hanya mencakup pengangkutan dari sumber sampah ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS), kemudian dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa proses pengolahan lebih lanjut. Dampaknya, pengurangan sampah yang masuk ke TPA belum tercapai secara optimal. Pendekatan konvensional ini belum mampu mengendalikan masalah sampah yang ada, yang dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan seperti polusi udara dan air, serta meningkatkan biaya pengolahan air minum. Oleh karena itu, diperlukan fasilitas pengolahan sampah yang efektif untuk mengatasi masalah ini.

Penentuan lokasi fasilitas pengolahan sampah menjadi kunci dalam upaya optimasi pengelolaan sampah [6], [7], [8]. Teori Lokasi Fasilitas adalah bidang yang penting dalam analisis spasial yang memberikan kerangka kerja untuk pemilihan lokasi fasilitas ekonomi dan sosial. Dalam konteks ini, Metode Maximum Covering Location Problem (MCLP) adalah pendekatan yang cukup efektif dalam penentuan Lokasi fasilitas [9], [10], [11]. Penelitian ini menggunakan MCLP dengan dukungan Microsoft Excel untuk menentukan lokasi sistem pengolahan sampah. Model yang dikembangkan mempertimbangkan batasan jarak tertentu, dimana jika jarak antara titik permintaan dengan fasilitas melebihi 35 kilometer, maka titik tersebut akan dipisahkan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. SET COVERING PROBLEM

Model *Set Covering Problem* adalah model yang digunakan untuk menentukan jumlah titik lokasi fasilitas pelayanan yang minimum tetapi dapat melayani semua titik permintaan [12]. Sehingga fungsi tujuan dari model *Set Covering Problem* adalah meminimumkan jumlah titik lokasi fasilitas pelayanan. Sedangkan fungsi kendalanya adalah lokasi fasilitas pelayanan harus dapat memenuhi semua titik permintaan. Sehingga model *Set Covering Problem* dapat dirumuskan sebagai berikut [13].

Dimana:

i = titik permintaan dengan indek i

j = titik alternatif lokasi dengan indek j

d_{ij} = jarak antara titik permintaan i dengan alternatif lokasi j

D_c = jarak pemenuhan

$N_i = \{j | d_{ij} \leq D_c\}$ = Semua alternatif lokasi yang meliputi titik permintaan i

Variabel:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{jika pada lokasi } j \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Dengan notasi di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

$$\min Z = \sum_{j \in J} x_j \quad (1)$$

$$\text{subject to} = \sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

Berdasarkan Formulasi tersebut dapat diuraikan menjadi tujuan (1) untuk meminimasi jumlah alternatif lokasi. Menggunakan formulasi (1), jumlah fasilitas yang dibangun dapat diminimalkan sehingga total biaya investasi dapat ditekan. Batasan (2) setiap titik permintaan dapat dipenuhi sedikitnya oleh satu fasilitas. Melalui formulasi 2 dapat dipastikan bahwa setiap demand telah tercover. Formulasi (3) merupakan formulasi yang memastikan bahwa solusi yang didapatkan nantinya bernilai 0 atau 1. Bernilai 1 jika pada node tersebut dibangun satu Lokasi fasilitas. Sebaliknya, bernilai satu jika pada suatu node tidak dibangun suatu Lokasi fasilitas.

Fungsi batasan:

Model matematis dari fungsi batasan adalah:

$$\sum_{j \in J} x_j \geq 1 \quad \forall i$$

Metode Set Covering adalah teknik optimasi alokasi lokasi yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah lokasi yang diperlukan untuk mencakup seluruh lokasi lainnya. Lokasi yang dipilih harus mampu mencakup permintaan dari lokasi lainnya, sehingga mengurangi jumlah total lokasi yang diperlukan dan menghemat biaya karena satu lokasi dapat mencakup beberapa permintaan. Model lokasi alokasi bertujuan untuk menemukan lokasi fasilitas yang meminimalkan biaya penugasan fasilitas kepada pelanggan, dengan batasan bahwa setiap fasilitas harus melayani sejumlah pelanggan yang telah ditetapkan sebelumnya. Layanan dapat diberikan oleh fasilitas jika pelanggan berada dalam jangkauan jarak yang ditentukan, dan fasilitas dianggap tidak dapat melayani jika jaraknya melebihi nilai kritis jarak yang telah ditentukan [14].

2. *MAXIMAL COVERING LOCATION PROBLEM (MCLP)*

Masalah Lokasi Penutupan Maksimal (MCLP) adalah model klasik dalam literatur ilmu lokasi yang telah menemukan aplikasi yang luas. Ini adalah model optimisasi klasik dalam literatur ilmu lokasi. Model lokasi, secara umum, bertujuan untuk menempatkan fasilitas di sebuah lanskap, seringkali pada jaringan simpul dan busur, untuk memenuhi permintaan layanan publik. Dalam MCLP, tujuannya adalah untuk menempatkan sejumlah fasilitas tetap pada sebuah jaringan untuk memaksimalkan jumlah simpul permintaan tertimbang yang tercakup atau dilayani dalam jarak atau standar waktu tertentu.

Dell'olmo mengembangkan model optimasi MCLP dengan multiperiode yang bertujuan untuk memaksimalkan cakupan selama seluruh horizon waktu yang dipertimbangkan untuk mengendalikan kecelakaan mobil menggunakan kamera pengaman di persimpangan di Roma [15]. Furuta menerapkan MCLP untuk menentukan lokasi pertemuan helikopter optimal dan pemilihan rumah sakit simultan di Jepang dengan 2 kriteria cakupan di mana total permintaan diponderasi berdasarkan jenis cakupan berdasarkan waktu tempuh [16]. MCLP juga dapat diperluas ke Masalah Lokasi Penutupan Maksimal Dinamis Multi-Cakupan. Porras menggeneralisir MC-DMCLP yang memiliki berbagai fasilitas, setiap jenis memiliki jarak cakupan yang berbeda [17].

Model lokasi penutupan maksimal menunjukkan batasan pada jumlah fasilitas yang akan dipilih sebagai lokasi. Model penutupan maksimal memiliki fungsi objektif untuk memaksimalkan jumlah titik permintaan yang dilayani dengan batasan bahwa hanya sejumlah

tertentu p titik lokasi fasilitas yang tersedia untuk melayani titik-titik permintaan tersebut [18], [19]. Model penutupan maksimal diformulasikan sebagai berikut:

Dimana:

h_i = demand atau permintaan pada titik i
 P = banyaknya fasilitas penentuan lokasi

Variabel keputusan:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{jika pada lokasi } j \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Dengan notasi di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

$$\max Z = \sum_{i \in I} h_i z_i \quad (4)$$

$$\text{subject to} = \sum_{j \in N_i} x_j - z_i \geq 0 \forall i \in I \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j = p \quad (6)$$

$$x_j \in \{0,1\} \forall j \in J \quad (7)$$

$$z_i \in \{0,1\} \forall i \in I \quad (8)$$

Berdasarkan formulasi pada model *maximal covering* dapat diketahui, tujuan (4) memaksimalkan total permintaan yang dapat dipenuhi. Batasan (5) pemenuhan permintaan pada titik i tidak terhitung, kecuali pada salah satu alternatif lokasi yang dapat memenuhi titik i . (6) membatasi banyaknya fasilitas pada daerah penempatan. (7 dan 8) merupakan suatu keputusan penempatan lokasi sebagai pemenuhan titik-titik permintaan.

Perluasan ke MCLP berkapasitas yang disebut *Model Capacitated Maximum Covering Location Problem* (MCMCLP) dan menggunakannya untuk menempatkan layanan darurat. Selain konsep dasar MCLP bahwa permintaan yang dialokasikan tertutup harus dimaksimalkan dengan menempatkan sejumlah fasilitas secara optimal, MCMCLP juga memasukkan pertimbangan berikut: 1) fasilitas di setiap lokasi potensial memiliki kapasitas maksimum, yang akan dipilih dari set terbatas dan diskrit tingkat kapasitas yang tersedia; 2) semua permintaan perlu dialokasikan ke fasilitas (yaitu, tidak ada permintaan yang tidak dialokasikan), dan permintaan yang dialokasikan tidak tertutup dapat diberikan berdasarkan kedekatannya dengan fasilitas; 3) permintaan di dalam objek permintaan, yang merupakan titik spasial atau unit areal yang diperoleh dengan mengabstraksi atau mempartisi ruang permintaan yang berkelanjutan, dapat dibagi dan dialokasikan ke beberapa fasilitas [20].

Penentuan lokasi dengan menggunakan model *Capacitated Maximum Covering Location Problem* (CMCLP) yang sederhana telah dibahas sebelumnya dalam penelitian Current and Storbeck [21]. Model pada penelitian Current and Storbeck ini digunakan untuk meminimasi jumlah permintaan yang tidak dapat dipenuhi oleh fasilitas yang didirikan. Penelitian tersebut hanya memiliki tiga fungsi batasan yaitu berkaitan dengan kapasitas fasilitas, jumlah fasilitas yang akan dibangun, dan fungsi batasan yang menandakan fasilitas akan dibuka atau ditutup. Penelitian ini dilakukan dan menghasilkan penelitian yang dilakukan dapat diaplikasikan dalam memilih lokasi fasilitas dalam skala kecil hingga sedang dan tidak berlaku untuk masalah besar.

Salah satu penelitian dari Pirkul dan Schilling mengembangkan model dari Current dan Storbeck. Penelitian tersebut memiliki tujuan untuk meminimumkan jumlah permintaan yang tidak dapat dipenuhi oleh fasilitas yang dibangun dan memiliki enam fungsi Batasan [22]. Dua di antaranya merupakan *binary constraints*. Variabel keputusan yang merupakan bilangan biner tersebut menjelaskan penentuan fasilitas mana yang akan di buka ataupun di tutup serta

menentukan permintaan di daerah mana saja yang dapat dipenuhi oleh fasilitas yang akan dibangun. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode lagrangian relaxation. Metode ini diuji secara ekstensif dengan menyelesaikan 2400 masalah yang dibuat secara acak, Serta masalah ukuran praktis dengan 625 node permintaan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa metode tersebut efisien dalam penggunaan waktu komputer dan efektif dalam menghasilkan solusi dengan celah batas bawah biasanya jauh di bawah dua persen.

Model Modular *Capacitated Maximal Covering Location Problem* (MCMCLP) dibuat pada penelitian dalam dua situasi. Dalam model ini, diasumsikan bahwa setiap fasilitas memiliki kapasitas yang terkait dengan jumlah kendaraan yang ditugaskan untuk fasilitas itu. Kendaraan memiliki kapasitas tertentu tetapi kapasitas setiap fasilitas sama dengan total kapasitas kendaraan yang ditugaskan ke fasilitas itu. Pada model pertama, jumlah kendaraan telah ditentukan sebelumnya tetapi pada model kedua, jumlah kendaraan dan jumlah fasilitas tidak ditentukan sebelumnya [20]. Meskipun dalam penelitian-penelitian tersebut MCLP dianggap berkapasitas hanya dalam satu periode, namun konsep dinamis (multi-periode) juga mulai berkembang [23].

CMCLP telah mempertimbangkan batasan kapasitas fasilitas tetapi model ini telah dipelajari hanya satu arah. Dalam penelitian tersebut, capacitated MCLP dan MCLP dinamis terintegrasi satu sama lain dan batasan kapasitas dinamis dipertimbangkan untuk fasilitas. GA dan algoritma lebah (Bee Colony) diusulkan untuk memecahkan masalah. Untuk mencapai kinerja yang lebih baik, algoritma ini dipecahkan dengan menggunakan metode Taguchi [24].

C. METODE PENELITIAN

Model CMCLP yang dibangun dalam penelitian ini bersifat deterministik. Perbedaan model deterministik dan probabilistik dapat diketahui dari sifat permintaannya. Apabila permintaannya dapat diketahui dengan pasti, maka digunakan deterministik model untuk menyelesaikan masalah tersebut. Sebaliknya, apabila jumlah permintaannya berubah-ubah atau tidak dapat diprediksi, maka digunakan probabilistik model dalam menyelesaikan masalah lokasi tersebut [25]. Selain bersifat deterministik, model yang dibangun pada penelitian ini juga berupa *single product* (produk yang terdapat di dalam gudang ataupun yang akan dialokasikan ke setiap titik permintaan adalah sejenis) dan *single echelon* (proses alokasi hanya satu tingkat saja, dari distribution center ke demand point).

Pada pengembangan model CMCLP menggunakan asumsi yaitu lokasi kandidat pendirian DC juga merupakan titik permintaan. Sehingga, jumlah permintaan pada daerah yang menjadi lokasi terpilih pendirian DC dapat dipasok oleh DC pada daerah tersebut. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan daerah yang dipilih untuk membangun salah satu DC tersebut permintaannya dipenuhi oleh DC lainnya. Pada umumnya model CMCLP menggunakan parameter jarak ataupun waktu untuk sebagai salah satu faktor penentu apakah kandidat DC dapat dibuka atau tidak.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengolahan dengan menggunakan Microsoft Excel

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel menggunakan model *maximal covering location problem*. Hasil pengolahan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel II sampai dengan tabel IV.

Empat buah kandidat lokasi pengolahan sampah yang akan dibangun adalah kandidat lokasi A, kandidat lokasi B, kandidat lokasi C dan kandidat lokasi D. Pada kandidat lokasi A, kapasitasnya sebesar 2200 ton, kandidat lokasi B kapasitasnya sebesar 1300 ton, kandidat lokasi C kapasitasnya sebesar 1300 ton dan kandidat lokasi D kapasitasnya sebesar 1300 ton. Formulasi model seperti pada dibawah ini:

Input

d_i = permintaan di node i

P = nomer fasilitas penempatan

Variabel keputusan

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{jika node } i \text{ tercover} \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Dengan tambahan notasi ini, model lokasi cover maksimum bisa diformulasikan sebagai berikut:

Fungsi Tujuan

$$\text{Maximize } \sum_i h_i Z_i \tag{9}$$

Fungsi Kendala

$$Z_i \leq \sum_j a_{ij} X_j \quad \forall i \tag{10}$$

$$\sum_j X_j \leq P \tag{11}$$

$$X_j = 0, 1 \quad \forall j \tag{12}$$

$$Z_j = 0, 1 \quad \forall i \tag{14}$$

Fungsi tujuan yaitu memaksimalkan kebutuhan yang dapat di cover oleh DC yang dibangun. Fungsi kendala menjelaskan bahwa jumlah maksimal DC yang akan dibangun. Adapun coverage distance dari problem ini yaitu 35 Km.

TABEL I
JARAK TPS MENUJU KANDIDAT PENGOLAHAN SAMPAH SERTA DEMANDNYA

Jarak (Km)	A	B	C	D
A	0	31,8	33,9	4,1
B	21,5	0	37,1	6,5
C	33,9	37,1	0	9,2
D	4,1	6,5	9,2	0
Demand	2200	1300	1300	1300

TABEL II
SOLUSI UNTUK VARIABLE KEPUTUSAN MENGGUNAKAN EXCEL

XA	XB	XC	XD
1	0	0	0
ZA	ZB	ZC	ZD
1	1	1	1

TABEL III
SOLUSI UNTUK KONSTRAIN DENGAN EXCEL

	A	B	C	D	SUMPRODUCT	>=	Zi
A	1	1	1	1	1	>=	1
B	1	1	0	1	1	>=	1
C	1	0	1	1	0	>=	1
D	1	1	1	1	1	>=	1

TABEL IV
SOLUSI UNTUK FUNGSI TUJUAN DENGAN EXCEL

OBJ. FUNC	6100
-----------	------

Berdasarkan Tabel II, III, dan IV diatas yang dihitung menggunakan microsoft excel menggunakan model *maximal covering location problem* (CMCLP), dari 4 kandidat lokasi pengolahan sampah yaitu kandidat lokasi A, kandidat lokasi B, kandidat lokasi C dan kandidat lokasi D dapat diperoleh hasil dengan membangun 1 lokasi pengolahan sampah yaitu di lokasi A dimana dapat menampung seluruh kapasitas sampah dari berbagai TPS sesuai pada Tabel 4 diatas.

B. Perhitungan Menggunakan *Greedy Adding Algorithm* Model CMCLP

Untuk perhitungan menggunakan pendekatan *Greedy Adding Algorithm* model *Maximal Covering Location Problem* (CMCLP) adalah sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Maximum } 2200Z_A + 1300Z_B + 1300Z_C + 1300Z_D$$

Fungsi Kendala

$$\text{(Node A tercover) } X_A + X_B + X_C + X_D \geq Z_A$$

$$\text{(Node B tercover) } X_A + X_B + \quad + X_D \geq Z_B$$

$$\text{(Node C tercover) } X_A + \quad + X_C + X_D \geq Z_C$$

$$\text{(Node D tercover) } X_A + X_B + X_C + X_D \geq Z_D$$

$$X_A + X_B + X_C + X_D \leq 1$$

$$X_A, X_B, X_C, X_D = 0,1$$

$$Z_A, Z_B, Z_C, Z_D = 0,1$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan *Capacitated Maximum Covering Location Problem* pada kasus pengalokasian Lokasi pengolahan sampah dengan menggunakan pendekatan *greedy adding algorithm*.

TABEL V
OUTPUT KANDIDAT LOKASI MENGGUNAKAN *GREEDY ADDING ALGORITHM*

Candidate Site	Node Covered	Demand Covered
A	A, B, C, D	6100
B	A, B, D	4800
C	A, C, D	4800
D	A, B, C, D	6100

Berdasarkan Tabel V, melalui perhitungan manual didapatkan bahwa jika lokasi pengolahan sampah diletakkan pada Node A atau D, maka demand pada node A, B, C, dan D akan tercover dengan total demand tercover sebesar 6100 ton. Namun jika lokasi pengolahan sampah diletakkan pada node B, demand yang tercover hanya pada node A, B, D dengan total demand tercover sebesar 4800 ton. Sedangkan jika lokasi pengolahan sampah diletakkan pada node C, maka demand yang tercover hanya pada node A, C, dan D dengan total demand tercover sebesar 4800 ton juga. Menggunakan pendekatan CMCLP didapatkan Lokasi dengan jumlah yang optimal yang dapat mengcover semua titik demand yang ada. Dengan jumlah fasilitas yang optimal, besar biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk mendirikan fasilitas juga dapat ditekan hingga seminimal mungkin. Berikut ini adalah table perbandingan kedua metode yang digunakan.

TABEL VI
PERBANDINGAN OUTPUT EXCEL DAN *GREEDY ADDING ALGORITHM*

Pendekatan	Candidate Site	Node covered	Demand covered
CMCLP excel	A	A,B,C,D	6100
CMCLP Greedy adding Algorithm	A atau D	A,B,C,D	6100

Melalui Tabel VI dapat disimpulkan bahwa kedua pendekatan memberikan hasil yang sama. Kandidat Lokasi dimana fasilitas pengolahan sampah akan didirikan yaitu di kota A atau D. Total demand yang dapat dijangkau apabila fasilitas didirikan di salah satu dari Lokasi tersebut sama yaitu semua node demand yang ada. Total demand yang dapat tercover juga sama yaitu 6100 ton. Hal ini membuktikan bahwa kedua pendekatan sama-sama memberikan hasil yang optimal.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data diperoleh kesimpulan bahwa sistem pengolahan sampah anorganik melalui metode CMCLP yang terpilih adalah node A atau D. Node A atau D dapat mengcover kiriman sampah dengan total demand sebesar 6100 ton. Menggunakan dua pendekatan yang berbeda yaitu running menggunakan excel dan perhitungan manual dengan pendekatan *greedy adding algorithm* memberikan hasil yang optimal. Perbedaannya, dengan menggunakan excel tidak dapat diketahui semua opsi yang memungkinkan untuk dapat mencapai fungsi tujuan yang optimal. Sedangkan dengan menggunakan *greedy adding algorithm*, semua opsi tersebut dapat diketahui pada output yang dihasilkan. Sehingga pada kasus dimana terjadi multiple optimal solution, metode *greedy adding algorithm* akan lebih baik jika dibandingkan dengan hasil running problem menggunakan excel. Keunikan dari penelitian ini adalah penelitian ini menggunakan *maximal covering location problem* dengan menggunakan parameter jarak yang terlebih dahulu ditentukan batasnya. Penelitian ini menggunakan 2 tahapan untuk memisahkan jarak yang berada di luar batas. Dengan

menggunakan pendekatan ini, fasilitas yang dibangun hanya dua fasilitas. Dengan jumlah tersebut terbukti telah dapat mencover semua titik demand yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Khalid, S. Ullah, I. S. Umar, and H. Nurdiyanto, "The problem of solid waste: origins, composition, disposal, recycling, and reusing," *Int. J. Adv. Sci. Comput. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–40, 2022.
- [2] O. Kehinde, O. J. Ramonu, K. O. Babaremu, and L. D. Justin, "Plastic wastes: environmental hazard and instrument for wealth creation in Nigeria," *Heliyon*, vol. 6, no. 10, 2020.
- [3] S. H. H. Al-Taai, "Solid waste: A study of its concept, management methods, and environmental impacts," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2022, p. 12007.
- [4] A. Siddiqua, J. N. Hahladakis, and W. A. K. A. Al-Attiya, "An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 39, pp. 58514–58536, 2022.
- [5] M. S. Ayilara, O. S. Olanrewaju, O. O. Babalola, and O. Odeyemi, "Waste management through composting: Challenges and potentials," *Sustainability*, vol. 12, no. 11, p. 4456, 2020.
- [6] S. Kargar, M. Pourmehdi, and M. M. Paydar, "Reverse logistics network design for medical waste management in the epidemic outbreak of the novel coronavirus (COVID-19)," *Sci. Total Environ.*, vol. 746, p. 141183, 2020.
- [7] M. Yazdani, K. Kabirifar, B. E. Frimpong, M. Shariati, M. Mirmozaffari, and A. Boskabadi, "Improving construction and demolition waste collection service in an urban area using a simheuristic approach: A case study in Sydney, Australia," *J. Clean. Prod.*, vol. 280, p. 124138, 2021.
- [8] E. B. Tirkolaee, I. Mahdavi, M. M. S. Esfahani, and G.-W. Weber, "A robust green location-allocation-inventory problem to design an urban waste management system under uncertainty," *Waste Manag.*, vol. 102, pp. 340–350, 2020.
- [9] S. J. Vicencio-Medina, Y. A. Rios-Solis, O. J. Ibarra-Rojas, N. M. Cid-Garcia, and L. Rios-Solis, "The maximal covering location problem with accessibility indicators and mobile units," *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 87, p. 101597, 2023.
- [10] V. Blanco and R. Gázquez, "Continuous maximal covering location problems with interconnected facilities," *Comput. Oper. Res.*, vol. 132, p. 105310, 2021.
- [11] M. Gazani and S. Niaki, "The capacitated maximal covering location problem with heterogeneous facilities and vehicles and different setup costs: An effective heuristic approach," *Int. J. Ind. Eng. Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 79–90, 2021.
- [12] D. Celik Turkoglu and M. Erol Genevois, "A comparative survey of service facility location problems," *Ann. Oper. Res.*, vol. 292, pp. 399–468, 2020.
- [13] N. Bilal, P. Galinier, and F. Guibault, "A new formulation of the set covering problem for metaheuristic approaches," *Int. Sch. Res. Not.*, vol. 2013, no. 1, p. 203032, 2013.
- [14] I. D. Febryanto, "Optimalisasi Jaringan Supply Chain Untuk Pos Pemadam Kebakaran Di Kawasan Industri Sier Surabaya," *SNHRP*, vol. 2, pp. 341–346, 2019.
- [15] P. Dell'Olmo, N. Ricciardi, and A. Sgalambro, "A multiperiod maximal covering location model for the optimal location of intersection safety cameras on an urban traffic network," *Procedia-Social Behav. Sci.*, vol. 108, pp. 106–117, 2014.
- [16] T. Furuta and K. Tanaka, "Maximal covering location model for doctor-helicopter systems with two types of coverage criteria," *Urban Reg. Plan. Rev.*, vol. 1, pp. 39–58, 2014.
- [17] C. Porras, J. Fajardo, A. Rosete, R. E. Álvarez, and D. A. Pelta, "Dynamic maximal covering location problem with facility types and time dependent availability," in *Computational Intelligence and Mathematics for Tackling Complex Problems 2*, Springer, 2022, pp. 11–19.
- [18] O. J. Taiwo, "Maximal Covering Location Problem (MCLP) for the identification of potential optimal COVID-19 testing facility sites in Nigeria," *African Geogr. Rev.*, vol. 40, no. 4, pp. 395–411, 2021.
- [19] S. Wang, H. Liang, Y. Zhong, X. Zhang, and C. Su, "DeepMCLP: Solving the MCLP with deep reinforcement learning for urban facility location analytics," 2023.
- [20] P. Yin and L. Mu, "Modular capacitated maximal covering location problem for the optimal siting of emergency vehicles," *Appl. Geogr.*, vol. 34, pp. 247–254, 2012.
- [21] J. R. Current and J. E. Storbeck, "Capacitated covering models," *Environ. Plan. B Plan. Des.*, vol. 15, no. 2, pp. 153–163, 1988.
- [22] A. Silalahi, C. Natalia, E. A. Zefanya, and W. Prasetya, "Optimasi Alokasi Sistem Pengolahan Sampah Anorganik Dengan Metode Capacitated Maximum Covering Location Problem," *J. Metris*, vol. 23, no. 01, 2022.
- [23] P. R. Jenkins, B. J. Lunday, and M. J. Robbins, "Robust, multi-objective optimization for the military medical evacuation location-allocation problem," *Omega*, vol. 97, p. 102088, 2020.

- [24] J. Bagherinejad and M. Shoeib, "Dynamic capacitated maximal covering location problem by considering dynamic capacity," *Int. J. Ind. Eng. Comput.*, vol. 9, no. 2, pp. 249–264, 2018.
- [25] M. K. Oksuz and S. I. Satoglu, "A two-stage stochastic model for location planning of temporary medical centers for disaster response," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 44, p. 101426, 2020.