

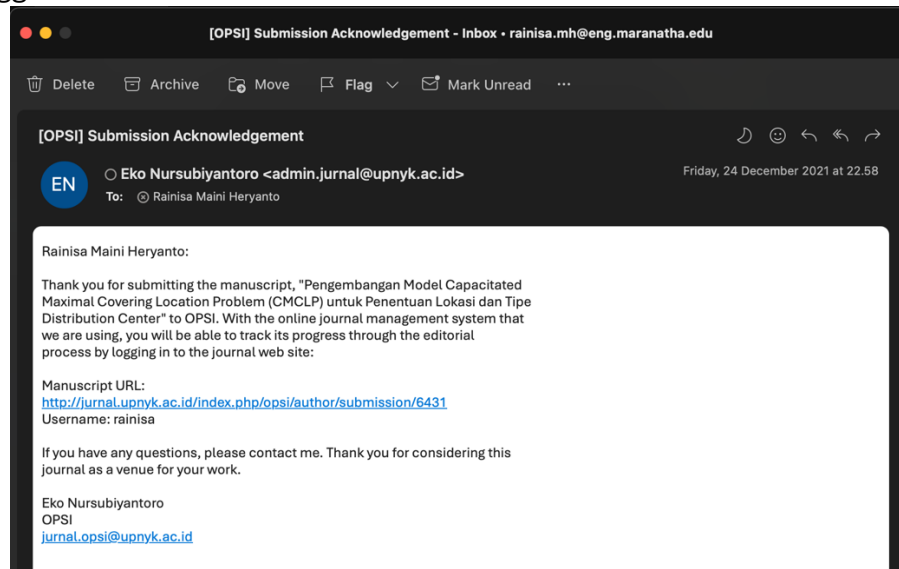
Judul Artikel: Development of the Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) Model in Determining the Location and Type of Distribution Center

Jurnal: OPSI

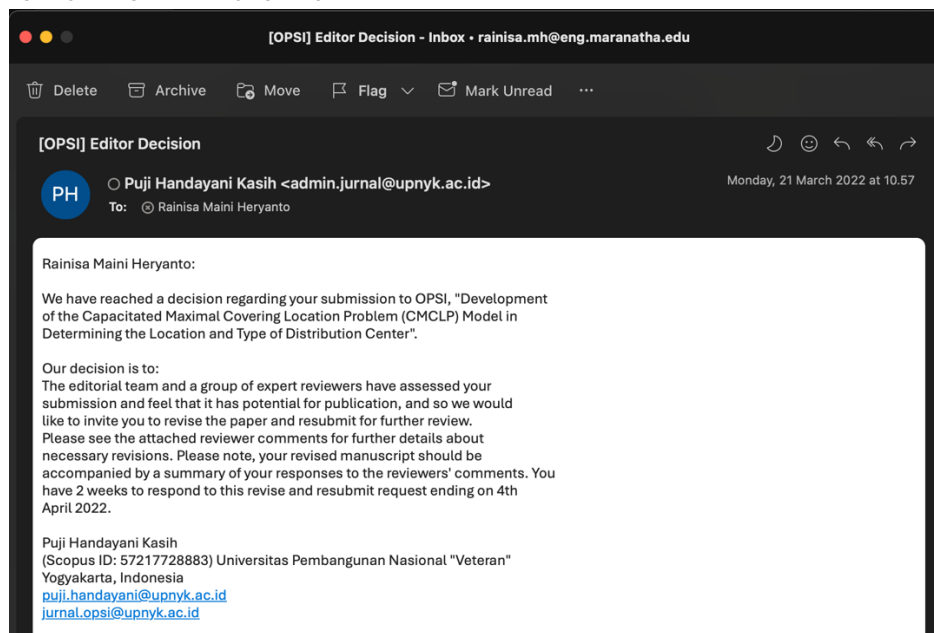
Penulis: Santoso, Rainisa Maini Heryanto

Volume 15 Nomor 1 Tahun 2022

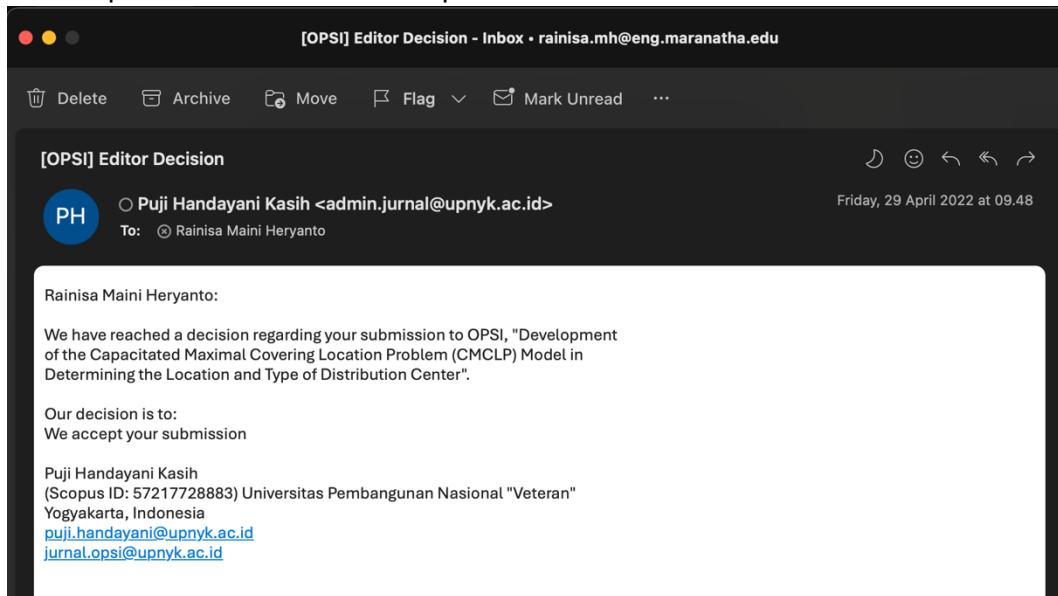
1. Bukti tanggal submit artikel awal: 24 Desember 2021



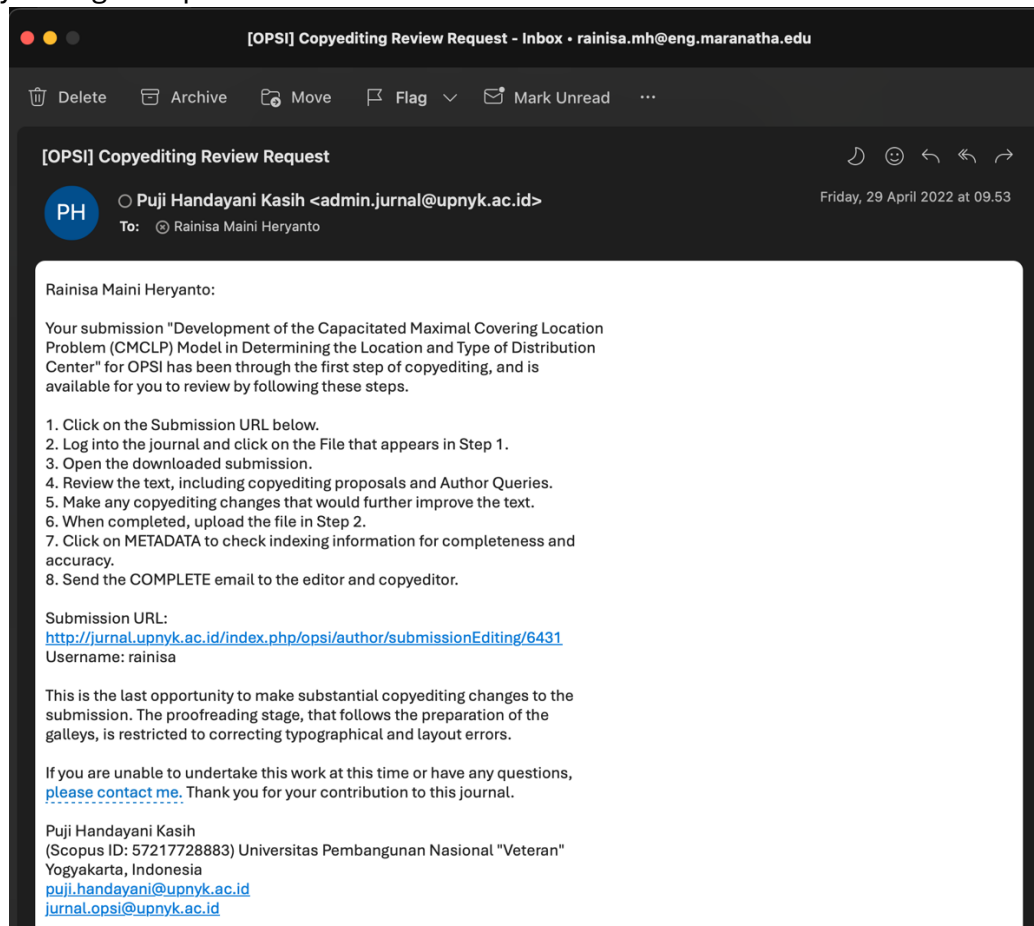
2. Bukti review artikel: 21 Maret 2022



3. Keputusan penerimaan artikel: 29 April 2022



4. Copyediting: 29 April 2022



5. Tanggal terbit online: 18 Juni 2022

Development of the Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) Model for Determining the Location and Type of Distribution Center

Pengembangan Model Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) untuk Penentuan Lokasi dan Tipe Distribution Center

ABSTRACT

Facility location decision making is necessary for both the public and private sectors for optimum utilization of resources. While the private sector may locate facilities to maximize profit or minimize cost, the public sector aims at providing services to cover as many in the population as possible. In this research, a Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) with constraints in actual world such as various types of facilities and consider maximum available budget to build the facilities. An Mixed Integer Linear Programming (MILP) model is constructed in order to find the optimal solution. The problem to be solved is determining the strategic location for establishment of a Distribution Center (DC) that maximize number of demands that can be fulfilled. A numerical example in the previous study will be used and solved using MATLAB 9.0. From the development model, the company finds the optimal location to build a DC and knows the number of products allocated from DC to each demand point and the maximum number of demands that could be fulfilled as in the previous study. The company also could find out the type of DC to be built and of course meet the available budget to build the DC.

Keywords: available budget, capacitated maximal covering location problem (CMCLP), facility location, mixed integer linear programming (MILP), type of distribution center

ABSTRAK

Pengambilan keputusan lokasi fasilitas diperlukan baik oleh sektor publik maupun swasta untuk pemanfaatan sumber daya yang optimal. Sementara sektor swasta dapat menempatkan fasilitas untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan biaya, sektor publik bertujuan menyediakan layanan untuk mencakup sebanyak mungkin populasi. Dalam penelitian ini, Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) dengan kendala yang ditemukan pada dunia nyata seperti jenis fasilitas yang berbeda dan mempertimbangkan anggaran maksimum yang tersedia untuk membangun fasilitas. Sebuah model Mixed Integer Linear Programming (MILP) dibuat untuk menemukan solusi optimal. Permasalahan yang diselesaikan adalah penentuan lokasi strategis pendirian Distribution Center (DC) yang dapat memaksimalkan jumlah pemenuhan permintaan. Sebuah contoh numerik pada penelitian sebelumnya akan digunakan dan diselesaikan menggunakan MATLAB 9.0. Dari pengembangan model yang dilakukan, perusahaan mengetahui lokasi optimal dalam pendirian DC, jumlah alokasi produk dari DC menuju tiap titik permintaan dan juga jumlah permintaan maksimal yang dapat dipenuhi seperti pada penelitian sebelumnya. Perusahaan juga dapat mengetahui jenis DC yang akan dibangun dan tentunya memenuhi anggaran yang tersedia untuk membangun DC tersebut.

Kata Kunci: anggaran yang tersedia, Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP), lokasi fasilitas, Mixed Integer Linear Programming (MILP), jenis distribution center

1. PENDAHULUAN

Lokasi fasilitas merupakan aspek penting dari perencanaan strategis untuk pemahaman yang luas dari perusahaan publik dan swasta. Baik rantai ritel yang menempatkan outlet baru, manufacturer yang memilih lokasi warehouse, atau perencana kota yang memilih lokasi untuk stasiun pemadam kebakaran (Owen & Daskin, 1998).

Pada saat ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi daya saing dari sebuah perusahaan, salah satunya adalah dalam menentukan lokasi fasilitas yang harus strategis agar dapat mendukung kegiatan operasional perusahaan dengan baik. Pengertian dari lokasi yang strategis adalah penempatan suatu lokasi dari sebuah fasilitas atau lebih sehingga fasilitas yang didirikan tersebut dapat memberikan

Commented [A1]: Perlu huruf kapital 'P'

Commented [A2]: Tanpa 'n'

Commented [A3]: Dalam abstrak juga muat kesimpulan, pada abstrak ini kesimpulan dari penelitian masih kurang dalam, misalkan berapa jumlah dc yang terpilih dan mengcover berapa besar jumlah permintaannya. Apabila membahas anggaran juga bisa disebutkan hasil model yg di running membutuhkan anggaran berapa

Commented [A4]: Penyusunan alur dari literatur penelitian sebelumnya kurang runut (setelah membahas MCLP lalu CMCLP lalu balik lagi ke MCLP)

Pada paragraph terakhir kurang menunjukkan GAP penelitian ini dengan penelitian sebelumnya

keuntungan yang maksimal atau biaya yang minimum bagi perusahaan.

Schilling et al. (1993) telah membuat klasifikasi *covering location problems* menjadi dua kategori, yaitu *Maximal Covering Location Problem* (MCLP) dan *Set Covering Location Problem* (SCLP). Dalam *covering problem*, sebuah permintaan dikatakan tercakup jika setidaknya satu fasilitas terletak dalam jarak yang telah ditentukan sebelumnya. Jarak yang telah ditentukan sebelumnya sering disebut *coverage radius*. Tujuan SCLP adalah untuk memenuhi semua permintaan dengan jumlah fasilitas minimum.

MCLP diperkenalkan untuk pertama kalinya oleh Church and Reville (1974). Tujuan MCLP adalah untuk menemukan sejumlah fasilitas tertentu sedemikian rupa untuk memaksimalkan total *covered demand*. Asumsi utama dari *covering locations problem* adalah fasilitas yang tidak mempertimbangkan kapasitas (Salari, 2014). Namun, secara praktis asumsi ini tidak selalu valid (Pirkul & Schilling, 1991) dan biasanya membatasi aplikasi dari *covering models* tersebut.

Beberapa penelitian mengenai *covering location problem* telah banyak dilakukan. Haghani (1996) mengusulkan model tentang *Capacitated Maximal Covering Location Problem* (CMCLP) di mana *weighted covered demand* dimaksimalkan dan jarak rata-rata dari *uncovered demands* ke fasilitas yang terpilih diminimalkan. Penelitian tersebut memecahkan masalah dengan dua metode heuristik. Metode pertama didasarkan pada teknik *greedy adding* dan metode kedua didasarkan pada relaksasi Lagrangian.

Penelitian yang lain mempertimbangkan *modular capacitated location problems*. Dalam model ini, tidak hanya mempertimbangkan hanya satu tingkat kapasitas tetap untuk setiap fasilitas, namun juga dianggap sebagai kumpulan diskrit dan terbatas termasuk tingkat kapasitas yang tersedia. Tingkat kapasitas fasilitas dipilih dari set ini. Model ini dapat diterapkan di sekolah, *warehouse*, dan fasilitas umum lainnya (Correia & Captivo, 2003).

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 telah ditentukan sebelumnya (Yin & Mu, 2012). Meskipun dalam penelitian-penelitian tersebut MCLP dianggap berkapasitas hanya dalam satu periode, namun konsep dinamis (multi-periode) juga mulai berkembang (Zarandi et al., 2013).

CMCLP telah mempertimbangkan batasan kapasitas fasilitas tetapi model ini telah dipelajari hanya satu arah. Dalam penelitian tersebut, kapasitas MCLP dan MCLP dinamis terintegrasi satu sama lain dan batasan kapasitas dinamis dipertimbangkan untuk fasilitas. Algoritma genetika (GA) dan algoritma lebah (*Bee Colony*) diusulkan untuk memecahkan masalah. Untuk mencapai kinerja yang lebih baik, algoritma ini dipecahkan dengan menggunakan metode Taguchi (Bagherinejad & Shoeib, 2018).

Pada penelitian lain, studi kasus manajemen *waste* di Kampung Cipare-Tenjo, sebuah desa kecil 80 kilometer dari Jakarta dilakukan dengan tujuan terbesar dari penelitian ini adalah untuk mengedukasi masyarakat tentang sanitasi dan manajemen *waste*, dimulai dengan menghitung jumlah dan lokasi *public trashcans* yang paling optimal. Masalah ini dimodelkan sebagai MCLP untuk menentukan satu set lokasi fasilitas yang memaksimalkan *total demand population* yang dilayani oleh fasilitas dalam jarak layanan maksimum yang telah ditentukan. Dua algoritma tentang *greedy heuristics* yaitu *Greedy Adding Algorithm* (GAA) dan *Greedy Adding with Substitution Algorithm* (GAAS) digunakan untuk memecahkan masalah (Harummi Sekar Amarilies et al., 2020).

Banyak penelitian yang membahas aplikasi model CMCLP untuk menyelesaikan permasalahan dalam dunia nyata. Salah satunya adalah penelitian yang menggunakan CMCLP untuk mempelajari fasilitas kesehatan salah satu distrik di Malaysia. Sebuah pendekatan solusi berdasarkan algoritma genetika dan diselesaikan dengan CPLEX versi 12.2 menghasilkan hasil yang signifikan dalam menentukan lokasi yang baik untuk fasilitas sedemikian rupa sehingga cakupan populasi dapat dimaksimalkan (Shariff et al., 2012).

Penelitian lain memiliki tujuan untuk dapat menentukan lokasi geografis yang optimal dari suatu pelayanan stasiun pemadam kebakaran di Minna Metropolis. Penelitian tersebut

Commented [A5]: Belum masuk dlm daftar pustaka

Commented [A6]: Tidak ada dalam daftar pustaka

Commented [A7]: Perlu ditambahkan singkatannya

Commented [A8]: Mungkin perlu penyusunan kata yang lebih simple agar pembaca lebih mudah memahami

mempertimbangkan jarak dan manfaat pengguna ke fasilitas atau jika ada kebutuhan untuk layanan stasiun pemadam kebakaran tambahan yang akan ditambahkan menggunakan MCLP (Adesina et al., 2017).

Selanjutnya adalah penggunaan model optimasi untuk menemukan jumlah pusat bantuan sementara yang sesuai dengan ukuran fasilitas. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan jumlah korban banjir yang dapat dipindahkan ke pusat bantuan dalam jarak yang tetap sambil memastikan bahwa pusat bantuan memiliki kapasitas yang cukup untuk melayani korban. Dalam penelitian tersebut digunakan MCLP dan CMCLP yang diselesaikan menggunakan Excel Solver (Hashim et al., 2017).

Penelitian lain memandang masalah sebagai salah satu *maximum set covering* dan merumuskan *integer programming model* untuk menentukan lokasi yang optimal untuk fasilitas kesehatan sehingga dapat diakses oleh sebagian besar masyarakat (Nantomah & Twum, 2017).

Sebuah penelitian yang mengaplikasikan MCLP untuk mendukung pengambilan keputusan dalam proses optimalisasi masalah penjaga pantai dan berfokus mengatasi masalah perencanaan taktis, yang terkait dengan penempatan sumber daya (Hoie, 2018).

Penelitian lain berfokus pada *dockless bike-sharing system* dan hubungannya dengan kapasitas parkir, dan melakukan modifikasi model matematika dari *maximum covering problem* untuk mengatasi tantangan dengan menentukan total lokasi parkir optimal dan kapasitas sepeda untuk masing-masing fasilitas parkir (Harummi S. Amarilies et al., 2020). Penelitian tersebut membahas jaringan gas rumah tangga dan memiliki tujuan akhir untuk mengetahui jumlah dan lokasi optimal suatu sektor regulator untuk 6 kelurahan di Kota Depok. Masalah MCLP ini dipecahkan dengan *software* AMPL untuk mendapatkan jumlah fasilitas minimal dengan batas jarak 500 meter. Penelitian tersebut diharapkan dapat membantu pengembangan dari jaringan gas suatu rumah tangga di Indonesia khususnya di Kota Depok dengan meningkatkan jumlah konsumen pada area sektor regulator yang ada (Olivia et al., 2020).

Penelitian berikutnya menggunakan CMCLP untuk mengidentifikasi jumlah yang optimal dari *University Teaching and Research Hospitals* (UTRHs) yang dapat ditingkatkan untuk menyediakan layanan Kedokteran Nuklir

(NM) ke jumlah terbesar *Local Government Areas* (LGA) dalam ambang batas 200 km waktu mengemudi di Nigeria (Taiwo & Orunmuyi, 2021).

Beberapa pengembangan model dilakukan, seperti pada penelitian yang mengembangkan sebuah model CMCLP yang dapat digunakan untuk menentukan lokasi pendirian suatu *Distribution Center* (DC). Tujuan yang ingin dicapai adalah maksimasi jumlah permintaan yang dipenuhi. Berdasarkan beberapa pengembangan model tersebut, perusahaan mendapatkan suatu lokasi optimal untuk pendirian suatu fasilitas dan juga perusahaan dapat mengetahui jumlah alokasi produk yang dapat dikirimkan dari DC ke tiap titik permintaan. Selain itu, jumlah permintaan maksimal yang berhasil dipenuhi dapat diketahui oleh perusahaan. Sebuah data numerik digunakan untuk menguji model dengan menggunakan *software* LINGO 15.0 (Wati & Nuha, 2018).

Penelitian berikutnya membahas MCLP dengan kendala dunia nyata seperti *multiple types* dari fasilitas dan kendaraan dengan biaya setup yang berbeda. Sebuah model original *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dikembangkan untuk menemukan solusi optimal. Metode heuristik konstruktif dan pendekatan meta-heuristik berdasarkan algoritma genetika (GA) dikembangkan untuk memecahkan masalah (Gazani et al., 2020).

2. METODE

Model CMCLP yang menjadi model dasar dari penelitian ini adalah model yang dibuat oleh Wati & Nuha (2018), dimana model pada penelitian yang sudah dilakukan tersebut memiliki sifat deterministik. Model yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan model untuk produk sejenis (*single product*) dan satu tingkat (*single echelon*). *Single product* dapat didefinisikan bahwa produk yang terdapat atau dikirimkan pada DC ke setiap titik permintaan hanya terdiri dari satu jenis. *Single echelon* adalah kegiatan pengiriman yang terdiri dari satu tingkat yaitu dari DC menuju suatu titik permintaan. Model matematis yang dikembangkan merupakan model *Mixed Integer Linier Programming* (MILP).

Penelitian ini menggunakan beberapa asumsi. Asumsi yang pertama yaitu lokasi untuk kandidat pendirian DC adalah titik permintaan, hal ini akan menyebabkan jumlah permintaan di

Commented [A9]: Sebaiknya satu paragraph tidak berisi satu kalimat

Commented [A10]: Di paragraph sebelumnya sdh menuliskan ini sehingga cukup dengan inisial saja

Commented [A11]: Sudah disebutkan sebelumnya, sehingga tidak perlu di tulis ulang kepanjangannya

lokasi terpilih sebagai lokasi dari pendirian suatu DC dapat dipenuhi oleh DC di lokasi yang sama. Namun, terdapat juga kemungkinan bahwa permintaan lokasi yang terpilih untuk mendirikan salah satu dari DC dipenuhi dari DC yang lain.

Dalam model CMCLP digunakan salah satu parameter jarak sebagai faktor penentu suatu kandidat dari DC akan dibuka atau tidak akan dibuka. Model dalam penelitian ini mengembangkan model Wati & Nuha (2018) dengan melakukan penambahan beberapa kendala yang menghasilkan suatu variabel keputusan. Variabel keputusan tersebut merupakan suatu nilai yang menunjukkan jumlah alokasi produk di suatu fasilitas yang dibangun untuk dikirimkan ke tiap titik dimana terdapat permintaan produk. Selain dapat menentukan fasilitas mana yang dapat dibangun, pengembangan model ini berguna untuk mengetahui jumlah produk yang dikirim dari masing-masing fasilitas ke masing-masing titik permintaan yang ditandai.

Model Wati & Nuha (2018) juga dikembangkan dengan mempertimbangkan tipe fasilitas yang berbeda yang dapat dibangun, dan tentunya untuk setiap jenis fasilitas yang berbeda akan memiliki kapasitas dan biaya tetap pendirian fasilitas yang juga berbeda. Model ini juga akan mempertimbangkan bahwa akan terdapat anggaran maksimum yang tersedia yang dapat digunakan untuk membangun fasilitas yang terpilih. Formulasi matematika untuk pengembangan model CMCLP adalah:

Indeks:

j = indeks DC = 1, 2, 3, ..., J

i = indeks *demand node* = 1, 2, 3, ..., I

l = indeks tipe lokasi = 1, 2, 3, ..., L

Parameter:

d_i = jumlah *demand* pada node i

K_l = kapasitas produk untuk DC tipe l

S_{ij} = jarak DC j ke *demand node* i

C_l = biaya tetap untuk membangun DC tipe l

B = anggaran maksimal yang tersedia

S = jarak maksimal yang ter-cover

P = jumlah DC yang dibangun

Variabel Keputusan:

$h_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } S_{ij} \leq S \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika demand di node } i \text{ dipenuhi oleh DC } j \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$

$y_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{jika fasilitas tipe } l \text{ didirikan di DC } j \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$

Q_{ij} = jumlah produk yang dikirim dari DC j ke *demand node* i

Fungsi Tujuan:

$$\text{Maximize } \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L Q_{ij} X_{ij} Y_{jl} \quad [1]$$

Pembatas:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Y_{jl} \leq P \quad [2]$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} \geq 1 \quad \forall i \quad [3]$$

$$X_{ij} \leq h_{ij} Y_{jl} \quad \forall i \forall j \forall l \quad [4]$$

$$\sum_{i=1}^I Q_{ij} X_{ij} \leq K_l Y_{jl} \quad \forall j \quad [5]$$

$$\sum_{j=1}^J Q_{ij} X_{ij} = d_i \quad \forall i \quad [6]$$

$$Q_{ij} \leq X_{ij} \cdot M \quad \forall i \forall j \quad [7]$$

$$Y_{jl} = [0,1] \quad \forall j \quad [8]$$

$$X_{ij} = [0,1] \quad \forall i \forall j \quad [9]$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L C_l Y_{jl} \leq B \quad [10]$$

$$\sum_{l=1}^L Y_{jl} \leq 1 \quad \forall j \quad [11]$$

Fungsi tujuan [1] menjelaskan fungsi tujuan dari pengembangan model pada penelitian ini yaitu maksimasi permintaan produk yang dapat di-cover suatu DC yang dibangun. Berikutnya fungsi [2] adalah kendala yang menjabarkan jumlah maksimal dari DC yang dapat dibangun. Fungsi [3] dan fungsi [4] adalah kendala yang menjabarkan bahwa paling tidak kebutuhan produk dapat terpenuhi oleh DC yang dibangun oleh DC j . Fungsi berikutnya [5] adalah kendala yang menjabarkan jumlah produk yang dikirimkan dari DC j ke *demand node* i tidak diijinkan melebihi dari jumlah produk yang tersedia di DC j . Fungsi [6] adalah kendala yang menjabarkan jumlah minimal produk yang dikirim harus sama dengan jumlah permintaan yang terdapat pada tiap *demand node*. Fungsi [7] adalah kendala yang dapat digunakan pada saat *demand* pada *node* i dipenuhi oleh DC j . Kemudian, fungsi [8] dan [9] adalah kendala biner yaitu fungsi kendala yang menunjukkan DC j dibuka (1) atau kebalikannya tidak dibuka (0) dan produk akan dikirimkan ke *demand node* (1) atau tidak dikirimkan (0). Kendala [10] menjamin bahwa kebutuhan biaya membangun DC memenuhi anggaran yang tersedia dan kendala [11] menjamin paling banyak sebuah tipe DC dibangun pada setiap DC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian untuk model yang dikembangkan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data percobaan pada contoh numerik dari penelitian Wati & Nuha (2018), dan simulasi model menggunakan perangkat lunak MATLAB 9.0.

3.1 Data contoh numerik

Data jumlah DC maksimal yang dapat dibangun adalah 3 buah DC, batas jarak maksimal yang dapat di-cover adalah 36 km, dan anggaran tersedia yang dapat digunakan adalah 600 juta. Data jarak antara kandidat DC dan *demand node* dan jumlah *demand* untuk tiap *node* disajikan pada Tabel 1. Kapasitas dan biaya tetap untuk setiap DC disajikan pada Tabel 2.

3.2 Hasil pengolahan dengan perangkat lunak MATLAB 9.0

Langkah berikutnya adalah melakukan pengolahan data terhadap contoh numerik dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB 9.0. Hasil pengolahan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tiga buah DC yang dibangun adalah DC pada *node* 1, 2, dan 3. DC pada *node* 1 mengirimkan produk ke *demand node* 2, 5, dan 8 berurutan sebesar 450, 150, dan 400 unit, sedangkan DC pada *node* 2 mengirimkan produk ke *demand node* 1, 4, dan 5 berurutan sebesar 65, 420, dan 140 unit. Terakhir yaitu DC di *node* 3 akan mengirimkan produk ke *demand node* 1, 3, 6, dan 7 berurutan sebesar 535, 375, 300, dan 290 unit.

Tiga buah DC yang dibangun adalah 2 buah DC tipe 2 dan sebuah DC dengan tipe 1. DC

yang dibangun pada *node* 1 dan *node* 2 adalah DC tipe 2 dengan kapasitas 1.000 unit dengan biaya tetap untuk membangun DC adalah 150 juta, sedangkan DC yang dibangun pada *node* 3 adalah DC tipe 1 dengan kapasitas lebih besar yaitu 1500 unit dengan biaya tetap untuk membangun DC adalah 200 juta. Total biaya tetap untuk membangun 3 DC terpilih adalah $150 + 150 + 200 = 500$ juta dan ini berarti anggaran tersedia sebesar 600 juta tidak semuanya terpakai.

Jika jumlah fasilitas yang dibangun diturunkan menjadi 2 DC, maka terdapat beberapa permintaan yang tidak terpenuhi karena total permintaan adalah 3.125 unit, sedang kapasitas 2 DC untuk tipe terbesar atau tipe 1 adalah $1.500 \times 2 = 3.000$ unit. Pada Tabel 4 dapat dilihat apabila jumlah DC yang dibangun adalah 2 fasilitas, maka model memaksimalkan permintaan yang dapat di-cover dengan jumlah DC yang akan dibangun. DC yang akan dibangun adalah DC di *node* 1 dan 2 dengan keduanya menggunakan tipe 1. DC di *node* 1 mengirimkan produk ke *node* 2, 3, 6, 7, dan 8 berurutan sebesar 450, 375, 300, 290, dan 85 unit. Sedangkan DC di *node* 2 mengirimkan produk ke *node* 1, 4, 5, dan 8 berurutan sebesar 600, 420, 290, dan 190 unit.

Permintaan yang tidak terpenuhi adalah permintaan yang berasal dari *node* 8. *Node* ini mendapatkan dari DC pada *node* 1 dan *node* 2 berurutan sebesar 85 dan 190 unit. Hal ini berarti *node* 8 hanya mendapatkan produk sebesar $85 + 190 = 275$ unit, dengan total permintaan *node* 8 adalah 400 unit maka permintaan yang tidak dipenuhi pada *node* 8 adalah 125 unit atau 31,25%.

Tabel 1. Data jarak DC dengan *demand node* dan jumlah *demand*

	<i>Demand node</i> (km)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kandidat DC	1	0	20	15	30	17	25	12	20
	2	20	0	48	27	29	49	58	26
	3	15	48	0	30	12	15	27	42
	4	30	27	30	0	11	45	28	15
	5	17	29	12	11	0	29	34	57
	6	25	49	15	45	29	0	28	45
	7	12	58	27	28	34	28	0	37
	8	20	26	42	15	57	45	37	0
Jumlah <i>demand</i>	600	450	375	420	290	300	290	400	

Tabel 2. Kapasitas dan biaya tetap tiap jenis DC

Tipe DC	Kapasitas (unit)	Biaya tetap (juta)
---------	------------------	--------------------

1	1500	200
2	1000	150

Tabel 3. Tipe DC yang dibangun dan jumlah alokasi produk dari 3 DC ke *demand node*

DC	Tipe DC	<i>Demand node</i>							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	2		450			150			400
2	2	65			420	140			
3	1	535		375			300	290	

Tabel 4. Tipe DC yang dibangun dan jumlah alokasi prdouk dari 2 DC ke *demand node*

DC	Tipe DC	<i>Demand node</i>							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	1		450	375			300	290	85
2	1	600			420	290			190

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dari contoh numerik yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa model yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat memberikan solusi untuk menentukan lokasi dari sejumlah DC. DC yang dibangun dapat memenuhi semua *demand* pada semua *demand node*. Dari hasil pengolahan tersebut, terdapat 8 kandidat dari DC yang dapat dibangun, namun dengan hanya membangun sejumlah 3 DC yaitu pada *node 1*, *node 2*, dan *node 3* mampu memenuhi semua *demand* yang ada.

Model akan memaksimalkan *demand* yang akan dipenuhi jika total kapasitas semua DC yang dibangun menjadi lebih kecil terhadap total permintaan dari semua *demand node*. Ilustrasi kondisi ini terlihat apabila jumlah DC yang akan dibangun diturunkan menjadi 2 saja sehingga total kapasitas maksimum DC yang akan dibangun akan menjadi lebih kecil dari total permintaan semua *demand node*.

Pada penelitian kali ini sudah mengembangkan model awal yang dibuat oleh Wati & Nuha (2018), dengan menambahkan pertimbangan tipe fasilitas yang berbeda yang dapat dibangun, dan harus dapat memenuhi anggaran maksimum yang tersedia yang dapat digunakan untuk membangun fasilitas yang terpilih. Pertimbangan tipe fasilitas yang berbeda yang dapat dibangun, diharapkan akan membantu pengambil keputusan untuk memaksimalkan anggaran yang tersedia. Pilihan tipe fasilitas ini tentunya memungkinkan untuk dapat membangun fasilitas yang lebih tersebar sehingga diharapkan akan lebih baik dalam

memaksimalkan permintaan yang dapat *discover*.

Penelitian selanjutnya untuk pengembangan model dapat melakukan pertimbangan untuk jenis kendaraan (*vehicle*) yang dapat digunakan dalam melakukan proses pengiriman sehingga akan diketahui jumlah atau frekuensi pengiriman produk dari DC akan yang didirikan ke masing-masing *demand node*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesina, E. A., Odumosu, J. O., Morenikeji, O. O., Umoru, E., Ayokanmbi, A. O., & Ogunbode, E. B. (2017). Optimization of fire stations services in Minna metropolis using maximum covering location model (MCLM). *Journal of Applied Sciences & Environmental Sustainability*, 3(7), 172–187. https://www.jases.org/wp-content/uploads/2017/08/EES_014.pdf
- Amarilies, Harummi S., Kamil, A. P., Adzkie, H. F., & Redi, A. A. N. P. (2020). *Maximum Coverage Distance Problem for Dockless Bike Sharing System*. 306–309. <https://doi.org/10.1145/3383845.3383893>
- Amarilies, Harummi Sekar, Perwira Redi, A. A. N., Mufidah, I., & Nadlifatin, R. (2020). Greedy Heuristics for the Maximum Covering Location Problem: A case study of Optimal Trashcan Location in Kampung Cipare-Tenjo-West Java. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 847(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012007>
- Bagherinejad, J., & Shoeib, M. (2018). Dynamic

- capacitated maximal covering location problem by considering dynamic capacity. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 9(2), 249–264. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2017.5.004>
- Correia, I., & Captivo, M. E. (2003). A Lagrangean Heuristic for a Modular Capacitated Location Problem. *Annals of Operations Research*, 122(1–4), 141–161. <https://doi.org/10.1023/A:1026146507143>
- Gazani, M. H., Akhavan Niaki, S. A., & Akhavan Niaki, S. T. (2020). The capacitated maximal covering location problem with heterogeneous facilities and vehicles and different setup costs: An effective heuristic approach. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 12(1), 79–90. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2020.9.002>
- Haghani, A. (1996). Capacitated maximum covering location models: Formulations and solution procedures. *Journal of Advanced Transportation*, 30(3), 101–136. <https://doi.org/10.1002/atr.5670300308>
- Hashim, N. M., Shariff, S. S. R., & Deni, S. M. (2017). Capacitated maximal covering location allocation problem during flood disaster. *Advanced Science Letters*, 23(11), 11545–11548. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.10325>
- Høie, E. B. (2018). *Maximum Covering Location Approach for Solving a Coast Guard Deployment Problem Emil Benthien Høie. June*.
- Nantomah, K. K., & Twum, S. B. (2017). *Health Facility Siting Plans Approached as Maximum Covering Location Problems*. 3(4), 50–58.
- Olivia, A., Sekar, H., & Lusiani, M. (2020). Analisis Penempatan Regulator Sektor Jaringan Gas Rumah Tangga Berdasarkan Maximum Coverage Location Problem (Case Study: Jaringan Gas Rumah Tangga Kota Depok, Jawa Barat). *Jurnal Logistik Indonesia*, 5(1), 24–33. <https://doi.org/10.31334/logistik.v5i1.1182>
- Owen, S. H., & Daskin, M. S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, 111(3), 423–447. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00186-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00186-6)
- Pirkul, H., & Schilling, D. A. (1991). The Maximal Covering Location Problem with Capacities on Total Workload. *Management Science*, 37(2), 233–248. <https://doi.org/10.1287/mnsc.37.2.233>
- Salari, M. (2014). An Iterated Local Search for the Budget Constrained Generalized Maximal Covering Location Problem. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms in Operations Research*, 13(3), 301–313. <https://doi.org/10.1007/s10852-013-9233-9>
- Shariff, S. S. R., Moin, N. H., & Omar, M. (2012). Location allocation modeling for healthcare facility planning in Malaysia. *Computers and Industrial Engineering*, 62(4), 1000–1010. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.12.026>
- Taiwo, O. J., & Orunmuyi, A. T. (2021). Maximal covering location problem for nuclear medicine clinics allocation in Nigeria. *Spatial Information Research*, 29(6), 919–935. <https://doi.org/10.1007/s41324-021-00405-6>
- Wati, P. E. D. K., & Nuha, H. (2018). Pengembangan Model Capacitated Maximal Covering Location Problem (CMCLP) Dalam Penentuan Lokasi Pendirian Gudang. *Jurnal Teknik Industri*, 19(1), 21. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol19.no1.23-29>
- Yin, P., & Mu, L. (2012). Modular capacitated maximal covering location problem for the optimal siting of emergency vehicles. *Applied Geography*, 34, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.11.013>
- Zarandi, M. H. F., Davari, S., & Sisakht, S. A. H. (2013). The large-scale dynamic maximal covering location problem. *Mathematical and Computer Modelling*, 57(3–4), 710–719. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.07.028>