

Penentuan Lokasi Optimal Gudang Bantuan Logistik Wilayah Jawa Barat Menggunakan Metode *Maximal Covering Location Problem (MCLP)*

1st Arifa Fadhillah Zahra
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
arifafadhzhahra@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Femi Yulianti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
femiyulianti@telkomuniversity.ac.id

3rd Putu Giri Artha Kusuma
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
putugiriak@telkomuniversity.ac.id

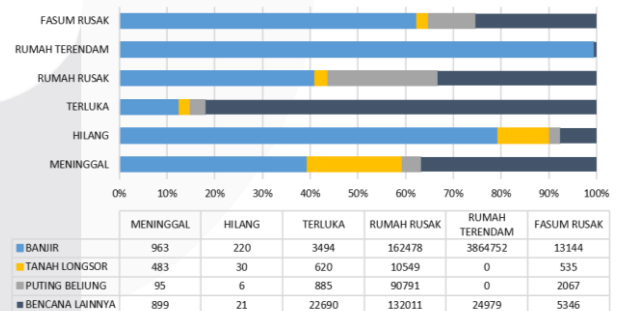
Abstrak— *Responsiveness* merupakan indikator utama penilaian tingkat kinerja *humanitarian logistics*. Salah satu strategi yang memiliki kontribusi besar terhadap pencapaian *responsiveness* adalah *pre-positioning* fasilitas logistik. Sebagai provinsi yang paling sering mengalami kejadian bencana, Jawa Barat menghadapi masalah mulurnya *response time* pendistribusian bantuan logistik ke 70,37% titik *demand* di wilayah kabupaten/kota. Kemuluran ini terjadi akibat penerapan kebijakan persediaan yang tidak tepat. Proses distribusi yang selama ini berlangsung dalam pola *single-echelon* membuat jangkauan pelayanan kabur seiring persebaran titik *demand* yang melebar. Sebagai upaya menekan *response time* agar berada pada batas 60 menit, diusulkan solusi penempatan gudang penyangga yang difungsikan sebagai penengah distribusi bantuan logistik antara BPBD Jawa Barat dan BPBD/Damkar kabupaten/kota. Adapun penetapan lokasi gudang penyangga dilakukan menggunakan pendekatan MCLP, yaitu sebuah metode untuk menentukan lokasi optimal fasilitas dengan fungsi tujuan memaksimalkan pemenuhan kebutuhan dalam jangkauan yang telah ditetapkan. Metode MCLP yang digunakan dalam penelitian ini menyertakan beberapa parameter tambahan yang relevan dengan kriteria lokasi gudang bantuan bencana. Setelah dilakukan proses penyelesaian ditetapkan Kota Bekasi, Kota Cimahi, Kota Cirebon, Kota Bogor, Kota Tasikmalaya, dan Kota Sukabumi sebagai lokasi dimana gudang penyangga akan dibuka.

Kata kunci— *Humanitarian Logistics, Gudang Bantuan Logistik, Kebijakan Multi-Echelon, MCLP*

I. PENDAHULUAN

Bencana merupakan fenomena natural reaksi alam terhadap perubahan di sekitarnya. Namun meskipun tergolong natural, tetap saja bencana adalah ancaman serius bagi kehidupan masyarakat. Sepanjang tahun 2019-2022 atas kejadian bencana yang terjadi, teridentifikasi sekitar 2.440 menjadi korban jiwa, 277 orang dinyatakan hilang, 27.689 orang menderita luka-luka, 395.829 rumah mengalami kerusakan,

3.889.731 rumah terendam, dan 21.092 fasilitas umum rusak [1]. Bersama dengan mencuatnya isu bencana, masyarakat secara kolektif menjalankan serangkaian upaya untuk memperkecil paparan dampak termasuk mengurangi jatuhnya korban, kerusakan properti, dan kerusakan lingkungan. Seiring berkembangnya pengalaman dalam menanggulangi bencana, empat fase pendekatan diperkenalkan sebagai bagian dari manajemen bencana komprehensif. Keempat fase tersebut antara lain, *mitigation, preparedness, response, dan recovery* [2]. *Preparedness* dan *response* adalah fase dimana logistik memegang peran kunci keberhasilan operasi penanggulangan bencana.

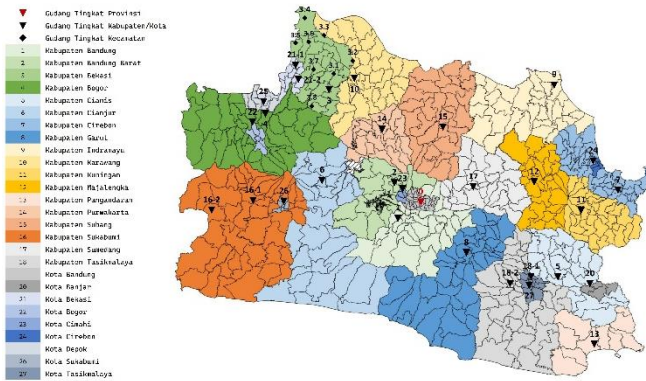


GAMBAR 1

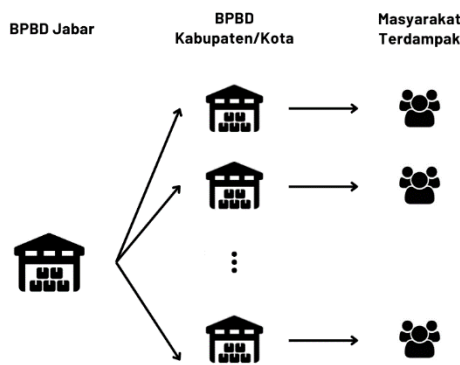
(Dampak Kejadian Bencana di Indonesia Per Tahun 2019-2022)

Dalam dunia manajemen bencana dikenal istilah *humanitarian logistics* dan keberhasilan *humanitarian logistics* dapat diukur lewat 5 indikator, antara lain *responsiveness, agility, reliabilitas, biaya, dan komunikasi* antara *stakeholder* [3]. Di antara kelima indikator, *responsiveness* dicap sebagai ukuran performa paling krusial dalam *humanitarian logistics* [4]. Bicara tentang *responsiveness, pre-positioning* fasilitas menjadi topik yang tak boleh ketinggalan untuk dibahas. *Pre-positioning* fasilitas di lokasi strategis adalah hal yang penting dilakukan sebagai salah satu untuk mendorong keterpenuhan ekspektasi *responsiveness*

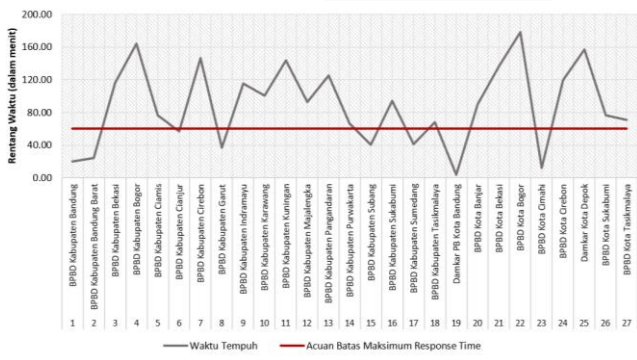
[5]. Strategis disini merujuk pada *trade-off* antara kedekatan jarak ke titik konsumsi dan keamanan gudang.



GAMBAR 2
(Lokasi Gudang Existing di Wilayah Jawa Barat)



GAMBAR 3
(Kebijakan Persediaan Existing di Wilayah Jawa Barat)



GAMBAR 4
(Waktu Tempuh BPBD Provinsi Jawa Barat ke BPBD Kabupaten/Kota)

Sebagai provinsi yang terbagi ke dalam 18 wilayah kabupaten dan 9 wilayah kota, *responsiveness* menjadi hal *tricky* bagi BPBD Jawa Barat selaku inisiator penyelenggaraan penanggulangan bencana di Jawa Barat. Saat ini Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Barat menghadapi permasalahan mulunya *response time* distribusi bantuan logistik pra bencana ke sebagian besar wilayah kabupaten/kota. Permasalahan ini muncul disertai gejala dimana 70,37% *response time* ke 27 wilayah kabupaten/kota melebihi 60 menit. Faktor jangkauan *coverage*, jarak, infrastruktur, dan pemilihan moda transportasi ditengarai menjadi alasan dibalik tumbuhnya masalah ini. Untuk itu dengan mempertimbangkan akar

masalah pada faktor jangkauan *coverage*, jarak, dan infrastruktur, diusulkan penggantian kebijakan sistem persediaan *single-echelon* menjadi *multi-echelon*. Dalam merancang solusi ini, digunakan *maximal covering location problem (MCLP)* sebagai metode penentuan lokasi optimal penempatan gudang penyangga untuk menjembatani aktivitas pendistribusian bantuan logistik antara BPBD Jawa Barat dan BPBD/Damkar di bawah jangkauan pelayanan masing-masing lokasi terpilih.

II. KAJIAN TEORI

A. Humanitarian Logistics

Keberadaan logistik dalam sistem integral upaya penanggulangan bencana mulai mendapatkan sorotan pasca tsunami dan gempa bumi berkekuatan 9,1-9,3 magnitudo mengobrak-abrik Aceh pada 26 Desember 2004 [6]. Kejadian bencana dahsyat yang terjadi 19 tahun silam memberikan bukti betapa kecepatan dan efisiensi logistik adalah kunci bagi efektivitas respon bantuan kemanusiaan pada fase tanggap darurat [7]. Dalam konteks kebencanaan, logistik berperan sebagai koordinator pendayagunaan berbagai sumber daya (bantuan logistik, manusia, *skill*, dan *knowledge*) untuk membantu pemenuhan kebutuhan masyarakat terdampak bencana [6].

Sebagaimana termaktub dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, di Indonesia pendayagunaan sumber daya untuk membantu korban bencana dikoordinasikan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Pengelolaan bantuan logistik diatur dalam Peraturan BNPB Republik Indonesia No. 4 Tahun 2018 tentang Sistem Manajemen Logistik & Peralatan. Pasal 4 menyebutkan jika manajemen logistik bencana terbagi ke dalam 5 proses bisnis yaitu perencanaan, pengadaan, pergudangan, pendistribusian, dan penghapusan. Di skala provinsi dan kabupaten atau di bawah kewenangan BPBD, manajemen logistik bencana merupakan tugas pokok Bidang Kedaruratan & Logistik.

a) Manajemen Logistik Pra Bencana & Pasca Bencana

Manajemen logistik pra bencana mengacu pada aktivitas pengelolaan logistik pada fase persiapan/kesiapsiagaan. Sedangkan manajemen logistik pasca bencana adalah aktivitas pengelolaan logistik setelah berakhirnya fase tanggap darurat menuju masa pemulihan fungsi-fungsi dasar kehidupan masyarakat. Mengacu pada Peraturan Kepala (Perka) BNPB No. 20 Tahun 2011 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Manajemen Logistik Penanggulangan Bencana, pengadaan logistik dimulai dengan tahap perencanaan dan dilanjutkan dengan tahap pergudangan. Dalam Peraturan BNPB Republik Indonesia No. 4 Tahun 2018 tentang Sistem Manajemen Logistik dan Peralatan, yang dimaksudkan dengan pergudangan adalah pengelolaan penerimaan, penyimpanan, serta pengeluaran logistik dan peralatan dari gudang. Menurut pola penyelenggaraannya, pendistribusian terbagi ke dalam 2 jenjang yakni pendistribusian logistik dari BNPB ke BPBD provinsi dan pendistribusian dari BPBD provinsi ke BPBD kabupaten/kota. Berdasarkan Perka BNPB No. 26 Tahun

2014, pendistribusian logistik pra bencana dimaksudkan sebagai *buffer stock* kesiapan penanggulangan bencana dan penguatan kelembagaan.

b) Manajemen Logistik Tanggap Darurat

Manajemen logistik tanggap darurat diinisiasi proses pemetaan kapasitas sumber daya, termasuk ketersediaan logistik, gudang, dan sumber daya manusia. Selesai pemetaan, proses selanjutnya adalah perencanaan yang dilakukan oleh Unit Respon Logistik. Proses lanjutan dari perencanaan adalah pengorganisasian, yakni penunjukan Koordinator Bidang Logistik & Peralatan dan pembentukan dewan pengelolaan bantuan logistik. Setelah proses aktivasi posko selesai, tahap selanjutnya adalah proses penerimaan berupa pencatatan dan pengecekan jenis, jumlah, mutu, dan kecocokan antara bantuan diterima dan prioritas kebutuhan penyintas. Selesai diterima, bantuan disimpan sedemikian rupa dan kembali dilakukan pengecekan stok persediaan secara periodik. Proses pengelolaan bantuan berakhir setelah bantuan logistik diangkut dari gudang ke titik distribusi untuk kemudian didistribusikan ke penyintas.

B. Bantuan Logistik

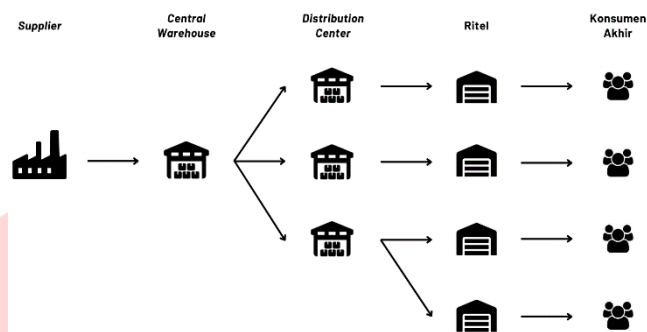
Menurut Peraturan Kepala (Perka) BNPB No. 25 Tahun 2014, bantuan logistik adalah kebutuhan dasar manusia berupa sandang, pangan, dan papan/turunannya yang disediakan dalam rangka pemenuhan kebutuhan pihak yang membutuhkan, rentan, atau terdampak bencana. Sebagai kebutuhan yang difungsikan untuk meringankan penderitaan penyintas juga menekan kemungkinan bertambahnya korban jiwa, Perka BNPB No. 10 Tahun 2012 menekankan jika penyaluran/pendistribusian bantuan logistik wajib menegakkan prinsip tepat waktu, tepat lokasi, tepat sasaran, tepat kualitas, tepat kuantitas, dan sesuai kebutuhan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2008 mengategorikan bantuan logistik berdasarkan 3 sumber pendanaan yaitu: a) Dana Kontinjensi yang diperuntukkan mendanai dukungan logistik kesiapsiagaan atau penguatan kelembagaan; b) Dana Siap Pakai (DSP) yang digunakan untuk mendanai pengadaan kebutuhan penanggulangan fase tanggap darurat termasuk pengadaan pangan, sandang, papan, air bersih & sanitasi, serta barang/jasa yang bersinggungan dengan proses pencarian & penyelamatan, pertolongan darurat, evakuasi, serta pelayanan kesehatan; dan c) Dana Bantuan Sosial Berpola Hibah yang diperuntukkan mendanai upaya rehabilitasi dan rekonstruksi pasca bencana. Merujuk pada Perka BNPB Nomor 26 Tahun 2014 tentang Pemanfaatan Bantuan Logistik Penanggulangan Bencana, bantuan logistik penguatan kelembagaan sifatnya adalah impuls guna mendorong BPBD ikut aktif menjaga jumlah persediaan sesuai atau di atas standar pemenuhan kebutuhan (menutupi kebutuhan pada 72 jam pertama pasca terjadi kondisi darurat).

C. Struktur Supply Chain

Supply chain terbagi ke dalam 2 jenis struktur yaitu *single-echelon* dan *multi-echelon*. Istilah *echelon* disini merujuk pada jumlah tingkatan yang terbentuk atas interaksi yang berlangsung antar titik fasilitas sebelum produk sampai ke tangan konsumen. Struktur *single-echelon* adalah struktur dengan satu tingkat titik fasilitas yang berinteraksi menerima *replenishment* dan melakukan pengiriman ke konsumen [9]. Interaksi yang berlangsung dalam struktur *single-echelon* bersifat desentralisasi [10]. Berbanding terbalik dengan

karakteristik *single-echelon*, *multi-echelon* merupakan struktur tersentralisasi. Kebijakan *inventory multi-echelon* terbentuk dari 2 atau lebih tingkatan yang saling berasosiasi dalam interaksi yang plural [11]. Masing-masing titik fasilitas saling dependen memengaruhi parameter persediaan [12]. Tujuan fungsi dari kebijakan *multi-echelon* adalah meminimasi total biaya persediaan lewat pengoordinasian seluruh titik fasilitas dalam *supply chain* [11].



GAMBAR 5
(Contoh Struktur Multi-Echelon)

D. Facility Location Problem

Facility location problem (FLP) dipandang sebagai permasalahan optimisasi yang berupaya menemukan lokasi terbaik penempatan fasilitas berlandaskan pada aspek seperti segmentasi *demand* menurut wilayah, biaya operasional fasilitas, dan jarak tempuh [13]. Karakteristik tersebut membuat formulasi FLP tidak akan jauh dari kasus ketercukupan/pemenuhan (*covering problems*), kasus titik pusat jaringan (*center problems*), dan kasus median jaringan (*median problems*). Metode MCLP dan *Set Covering Problem* (SCP) mewakili bentuk FLP jenis *covering problems* sementara *P-Median Problem* (PMP) merupakan bagian dari *median problems*. MCLP dan PMP berurusan dengan jenis kategori masalah yang sama dimana keduanya berusaha menempatkan fasilitas di lokasi yang membuat total jarak antar jaringan menjadi seminim mungkin [14]. Hanya saja sayangnya beberapa penelitian menemukan bahwa PMP belum menghasilkan solusi yang mengoptimalkan ketercukupan, sebab prinsip modelnya membuat nilai *demand* tidak lebih penting dari parameter waktu [15].

E. Response Time

Dalam konteks logistik komersial, *response time* mengacu pada waktu yang berjalan dari *purchase order* (PO) diterbitkan sampai produk berhasil sampai ke tangan konsumen [15]. Mudah-mudahan, *response time* adalah indikator yang mengukur kecepatan pelayanan terhadap konsumen. Sementara itu dalam layanan darurat, *response time* didefinisikan sebagai waktu yang bergulir antara diterimanya notifikasi atau panggilan darurat dan datangnya bala bantuan ke lokasi [16].

III. METODE

A. Maximal Covering Location Problem (MCLP)

Maximal covering location problem (MCLP) merupakan salah satu pendekatan matematis untuk menyelesaikan permasalahan penentuan lokasi fasilitas. Fungsi tujuan MCLP adalah memaksimalkan jumlah populasi terlayani

dalam jangkauan jarak atau waktu pelayanan yang telah ditentukan dan dengan jumlah fasilitas yang terbatas [16].

Sebagai bentuk penyesuaian terhadap skenario penanggulangan bencana di wilayah Nepal, dilakukan sejumlah modifikasi pada model MCLP milik Church & ReVelle [14]. Modifikasi tersebut berupa penambahan variabel yang menyatakan nilai prioritas pada setiap titik *demand* dan penambahan batasan yang menyaring calon kandidat fasilitas menurut tingkat aksesibilitas transportasi, indeks pengembangan manusia, dan tingkat keamanan bencana. Kemudian untuk membuat persamaan dapat dijalankan, dilakukan sedikit penyesuaian terutama pada fungsi pembatas ke-5. Selain modifikasi yang cukup major, penulis juga mengganti lambang beberapa variabel. Setelah melalui sejumlah modifikasi, persamaan model MCLP penentuan lokasi gudang penyangga bantuan logistik wilayah Jawa Barat adalah sebagai berikut:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in I} pv_i a_i y_i \quad (1)$$

$$\text{S. T.} \quad \sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum x_j \leq P \quad (3)$$

$$\sum T_j x_j \geq N_T \sum x_j \quad j \in J \quad (4)$$

$$\sum D_j x_j \geq N_D \sum x_j \quad j \in J \quad (5)$$

$$\sum R_j x_j \leq N_R \sum x_j \quad j \in J \quad (6)$$

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

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

Keterangan:

i = titik *demand*

j = titik kandidat fasilitas

I = kumpulan titik *demand*

J = kumpulan titik kandidat fasilitas

pv_i = nilai prioritas pemenuhan *demand* (diambil dari

nilai kepadatan penduduk) di i

a_i = *demand* di i

N_i = $\{j \in J \mid d_{ij} \leq S\}$

d_{ij} = jarak terdekat dari i ke j

S = jarak di luar batas dimana titik *demand* dianggap tidak terpenuhi

P = jumlah fasilitas yang hendak ditempatkan

T_j = nilai aksesibilitas transportasi (diambil dari nilai kepadatan jalan) di j

N_T = batas minimum nilai aksesibilitas transportasi

D_j = indeks pengembangan manusia di j

N_D = batas minimum indeks pengembangan manusia

R_j = Indeks risiko bencana di j

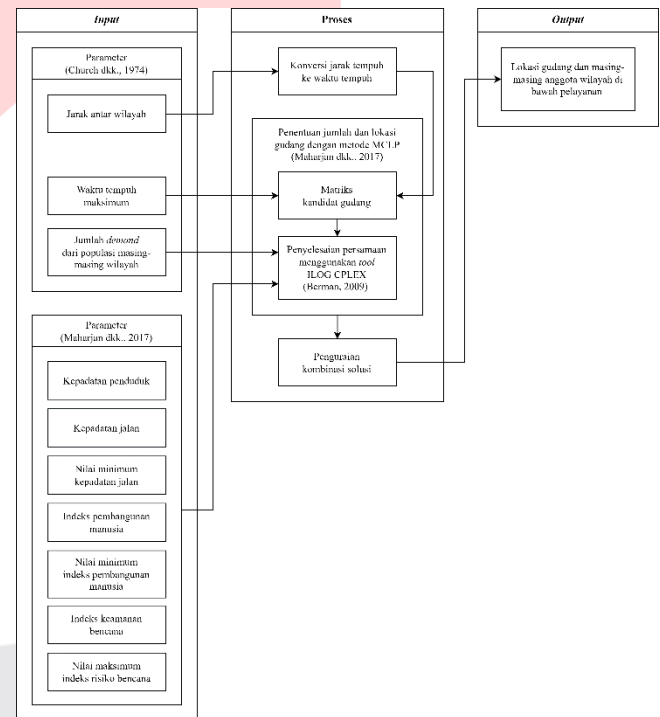
N_R = batas maksimum indeks risiko bencana

x_j = $\begin{cases} 1 & \text{jika fasilitas ditempatkan di } j \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$

y_i = $\begin{cases} 1 & \text{jika } demand \text{ di } i \text{ terpenuhi} \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$

B. Kerangka Berpikir

GAMBAR 6 menunjukkan mekanisme metodologi penelitian dalam pendekatan *white box*. Visualisasi semacam ini membantu peneliti mengenali struktur aliran *input* dan *output* sistem dengan lebih baik. penulis bisa mengetahui bahwa untuk mendapatkan *output* seperti yang diekspektasikan terdapat 4 proses dan 3 fase untuk dilewati dimana fase ke-1 mengabsorpsi komponen *input* dalam bentuk mentah, fase ke-2 mengabsorpsi sebagian *input* yang sudah menjadi *work in process* (WIP) dan sebagian yang masih mentah, sementara fase ke-3 menerima *input* murni dalam bentuk WIP.



GAMBAR 6
(Metodologi Penelitian)

C. Kebutuhan Data

TABEL 1
(Kebutuhan Data - 1)

No	Data	Sumber	Pengolahan Data
1	Jarak antara BPBD Provinsi Jawa Barat ke BPBD dan Damkar kabupaten/kota	Google Maps	Digunakan untuk menunjukkan gejala dari situasi masalah yang dihadapi objek penelitian
2	Kejadian bencana di wilayah Provinsi Jawa Barat	Website BNPB	Digunakan untuk mengidentifikasi estimasi jumlah demand pada masing-masing wilayah kabupaten/kota

[17]. Dengan begitu penulis memfokuskan lingkup pemenuhan *demand* pada 3 jenis bencana yang menimbulkan dampak paling dominan yaitu banjir, tanah longsor, dan angin puting beliung.

```

109
110 //Demand pada masing-masing titik demand
111 int A1=49203;
112 int A2=285;
113 int A3=15768;
114 int A4=8508;
115 int A5=1552;
116 int A6=469;
117 int A7=14727;
118 int A8=2295;
119 int A9=17349;
120 int A10=29070;
121 int A11=201;
122 int A12=2796;
123 int A13=798;
124 int A14=197;
125 int A15=14200;
126 int A16=975;
127 int A17=1064;
128 int A18=394;
129 int A19=597;
130 int A20=52;
131 int A21=26333;
132 int A22=288;
133 int A23=328;
134 int A24=2482;
135 int A25=497;
136 int A26=229;
137 int A27=56;
138

```

GAMBAR 18
(Demand)

▪ **Priority Value**

Kepadatan penduduk merupakan salah tujuh variabel dalam model MCLP modifikasi. Variabel ini berfungsi mengurutkan prioritas pelayanan masing-masing wilayah berdasarkan tingkat kepadatan penduduk dimana semakin tinggi tingkat kepadatan penduduk maka akan semakin diutamakan pula pemenuhan kebutuhan wilayah tersebut [14].

Yang dimaksudkan variabel kepadatan penduduk disini bukan mengacu pada nilai kepadatan penduduk dalam satuan jiwa/km² melainkan nilai yang telah dikonversikan ke dalam integer dengan rentang 1-10. Integer ini didapat dari hasil perhitungan nilai tertinggi normalisasi kepadatan penduduk dibagi 10 dikali kelipatan 1-10 sampai terbentuk 10 tingkatan berbeda.

```

107
108 //Nilai priority value pada masing-masing titik demand
109 int PV1=2;
110 int PV2=1;
111 int PV3=2;
112 int PV4=2;
113 int PV5=1;
114 int PV6=1;
115 int PV7=2;
116 int PV8=1;
117 int PV9=1;
118 int PV10=2;
119 int PV11=1;
120 int PV12=1;
121 int PV13=1;
122 int PV14=1;
123 int PV15=1;
124 int PV16=1;
125 int PV17=1;
126 int PV18=1;
127 int PV19=10;
128 int PV20=2;
129 int PV21=9;
130 int PV22=7;
131 int PV23=10;
132 int PV24=7;
133 int PV25=8;
134 int PV26=6;
135 int PV27=3;
136

```

GAMBAR 19
(Priority Value)

▪ **Jumlah Gudang Untuk Ditempatkan**

Variabel yang satu ini nilainya tidak tetap karena pada kasus yang tengah diselesaikan penulis, menentukan jumlah gudang merupakan bagian dari tujuan dilakukannya penelitian. Untuk itu *running* model dilakukan

berulang sambil mengganti parameter jumlah gudang sampai ditemukan solusi terbaik dimana semua wilayah dapat tertutupi *demand*-nya.

```

10
11 //Jumlah gudang yang akan ditempatkan
12 int P=1;
13

```

GAMBAR 20
(Jumlah Gudang Untuk Ditempatkan)

▪ **Aksesibilitas Transportasi**

Kepadatan jalan difungsikan sebagai penyortir lokasi kandidat gudang dalam aspek aksesibilitas jalan. Secara teori, lokasi gudang terpilih adalah lokasi dengan tingkat aksesibilitas baik berdasarkan kriteria berlaku. Kriteria berlaku sendiri mengacu pada satu nilai yang dijadikan batas minimum dalam penyortiran. Adapun karena Jawa Barat belum memiliki klasifikasi kepadatan jalan yang menyatakan tingkat kualitas aksesibilitasnya, maka penulis berinisiatif membuat rentang nilai dengan mengacu pada nilai kepadatan jalan ke-27 wilayah. Rentang ini yang ditampilkan dalam TABEL 4 didapat dari hasil perhitungan nilai tertinggi kepadatan jalan dibagi 6 dikali kelipatan 1-6 sampai terbentuk 6 tingkatan berbeda. Dari ke-6 tingkat tersebut, batas bawah tingkat 2 yang bernilai 1,719 dipilih sebagai batas minimum dalam fungsi pembatas aksesibilitas jalan.

TABEL 4
(Rentang Nilai Kepadatan Jalan)

Kategori	Batas Bawah	Batas Atas
1	0	1,719
2	1,719	3,438
3	3,438	5,157
4	5,157	6,876
5	6,876	8,595
6	8,595	10,314

```

13
14 //Batas minimum nilai aksesibilitas jalan
15 float NT=1.71897876412535;
16
17 //Nilai aksesibilitas jalan pada 27 kandidat lokasi gudang
18 float T1=0.82374774316161;
19 float T2=0.547656838493762;
20 float T3=0.986301541375482;
21 float T4=0.76640384893493;
22 float T5=0.688423775897534;
23 float T6=0.451517645098121;
24 float T7=1.56463529435664;
25 float T8=0.393946787158393;
26 float T9=0.55520535657391;
27 float T10=1.3163976637211;
28 float T11=0.832390865869471;
29 float T12=0.983662725038198;
30 float T13=0.582683168316832;
31 float T14=1.1411027684259;
32 float T15=0.706619498930806;
33 float T16=0.432158622186844;
34 float T17=0.668649107901444;
35 float T18=0.552655819441124;
36 float T19=6.96313437108606;
37 float T20=2.78324081416865;
38 float T21=2.12863399641837;
39 float T22=7.84268700421941;
40 float T23=3.65348459383753;
41 float T24=4.80192719486081;
42 float T25=10.3138725847521;
43 float T26=4.76497409326425;
44 float T27=2.90979546646466;
45

```

GAMBAR 21
(Aksesibilitas Transportasi)

▪ **Indeks Pembangunan Manusia (IPM)**

Indeks pembangunan manusia (IPM) merupakan salah tujuh variabel anggota fungsi pembatas yang berperan menyeleksi kandidat lokasi gudang dan memastikan bahwa lokasi gudang terpilih adalah lokasi yang memang kompatibel. Dalam hal ini, IPM

menyeleksi kandidat lokasi gudang berdasarkan aspek komponen dasar kualitas hidup. Nilai yang dipilih sebagai batas minimum lulusnya kandidat lokasi adalah batas bawah kategori tinggi dengan nilai 70.

TABEL 5
(Rentang Nilai IPM)

Kategori	Batas Bawah	Batas Atas
Rendah	0	59
Sedang	60	69
Tinggi	70	79
Sangat Tinggi	80	100

```

45
46 //Batas minimum indeks pengembangan manusia
47 int ND=70;
48
49 //Indeks pengembangan manusia pada 27 kandidat lokasi gudang
50 float D1=73.16;
51 float D2=69.04;
52 float D3=75.22;
53 float D4=71.2;
54 float D5=71.45;
55 float D6=65.94;
56 float D7=70.06;
57 float D8=67.41;
58 float D9=68.55;
59 float D10=71.74;
60 float D11=70.16;
61 float D12=68.56;
62 float D13=69.03;
63 float D14=71.56;
64 float D15=69.87;
65 float D16=67.64;
66 float D17=72.69;
67 float D18=66.84;
68 float D19=82.5;
69 float D20=72.55;
70 float D21=82.46;
71 float D22=77.17;
72 float D23=78.77;
73 float D24=75.89;
74 float D25=81.86;
75 float D26=75.4;
76 float D27=73.83;
77

```

GAMBAR 22
(Indeks Pembangunan Manusia (IPM))

Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI)

IRBI menyeleksi kandidat lokasi gudang berdasarkan aspek kerentanan paparan bencana. Hal ini merupakan kebalikannya dari model modifikasi dimana variabel "R" mengacu pada nilai yang menyatakan ketahanan wilayah terhadap bencana. Namun walaupun terdapat perbedaan dari segi kategori, keduanya tetap mewakili tujuan yang sama yaitu menghindari terpilihnya kandidat lokasi yang memiliki risiko tinggi terpapar bencana. Maka dari itu disini dipilih batas maksimum kategori sedang dengan nilai 144 dimana lokasi terpilih adalah kandidat lokasi dengan nilai IRBI di bawah dari 144.

TABEL 6
(Rentang Nilai IRBI)

Kategori	Batas Bawah	Batas Atas
Rendah	0	12
Sedang	13	144
Tinggi	145	>145

```

77
78 //Batas maksimum indeks risiko bencana
79 int NR=144;
80
81 //Indeks risiko bencana pada 27 kandidat lokasi gudang
82 float R1=145.94;
83 float R2=108.89;
84 float R3=124.1;
85 float R4=116.54;
86 float R5=133.52;
87 float R6=207.62;
88 float R7=156.58;
89 float R8=164.91;
90 float R9=122.49;
91 float R10=157.81;
92 float R11=113.58;
93 float R12=136.35;
94 float R13=137.36;
95 float R14=128.98;
96 float R15=157.25;
97 float R16=186.61;
98 float R17=129.87;
99 float R18=174.11;
100 float R19=103.05;
101 float R20=145.04;
102 float R21=124.95;
103 float R22=71.01;
104 float R23=62.01;
105 float R24=141.07;
106 float R25=76.53;
107 float R26=92.91;
108 float R27=114.69;
109

```

GAMBAR 23
(Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI))

D. Penguraian Kombinasi Solusi

Setelah menuliskan persamaan model berikut parameter dan variabel keputusan dalam bentuk bahasa pemrograman, langkah selanjutnya adalah menjalankan model menggunakan ILOG CPLEX. Disini dijalankan 2 model berbeda dimana model pertama tidak menyertakan variabel *priority value* sementara model kedua sebaliknya.

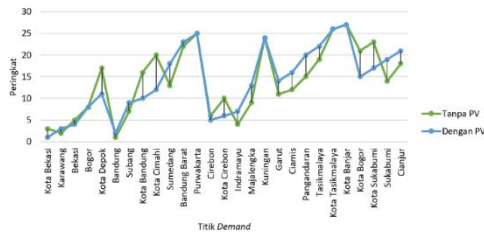


GAMBAR 24
(Jumlah Gudang Berdasarkan Pergantian Parameter Batas Penempatan Gudang)



GAMBAR 25
(Jumlah Gudang Terhadap Persentase Jumlah Wilayah Terlayani)

Dalam model modifikasi variabel *priority value* ditambahkan ke dalam fungsi tujuan untuk mengurutkan titik *demand* berdasarkan tingkat kepadatan penduduk dimana wilayah yang memiliki tingkat kepadatan penduduk tinggi pantas diprioritaskan pemenuhannya. Dalam konteks penelitian ini, ditambahkan variabel *priority value* pada fungsi tujuan memberikan perubahan signifikan terhadap peringkat *demand* di masing-masing wilayah. Dari 27 wilayah hanya 18,52%-nya saja yang bertahan dengan peringkat yang sama. Sementara dari sisi variabel keputusan, disertakan atau tidak disertakannya *priority value* tidak merubah jumlah atau lokasi terpilihnya gudang maupun terpenuhinya *demand*.



GAMBAR 26

(Perbandingan Peringkat Demand Tanpa Priority Value dan Dengan Priority Value)

Dari hasil penyelesaian menggunakan ILOG CPLEX didapati bahwa seluruh wilayah terpenuhi demand-nya saat batas penempatan gudang diberikan nilai sejumlah 5 atau lebih. Ketika $P \leq 6$, MILP solution error-nya berada pada angka $8,88178E-1$ yang mana nilai tersebut memegang posisi paling mendekati 0.



GAMBAR 27

(MILP Solution Error)

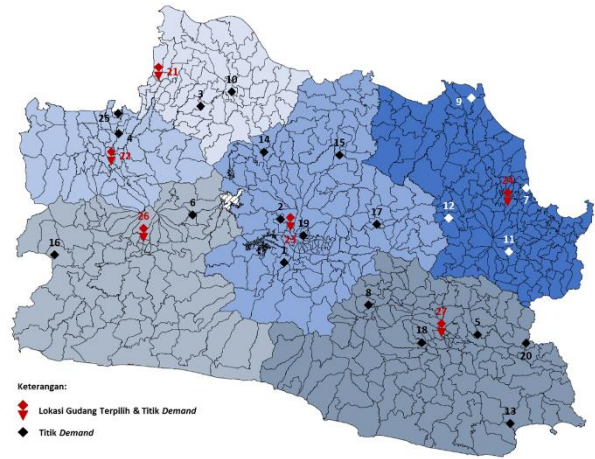
Kemudian karena metode MCLP ini terbatas hanya sampai memberikan informasi lokasi penempatan gudang tanpa ada informasi anggota wilayah di bawah pelayanannya maka disini keputusan biner yang dihasilkan akan coba diuraikan lebih lanjut. Penguraian tersebut dilakukan lewat cara manual dengan bantuan matriks waktu tempuh yang sebelumnya digunakan pada tahap penyeleksian kandidat lokasi gudang berdasarkan batas jangkauan.

Langkah pertama untuk menguraikan solusi ini adalah menghapus waktu tempuh selain dari waktu tempuh titik demand ke lokasi gudang terpilih. Setelah itu barulah dilakukan pemisahan antara titik demand yang hanya bisa dipenuhi demand-nya oleh satu fasilitas dengan titik demand yang memiliki beberapa opsi fasilitas. Terakhir, pada titik demand dengan beberapa opsi fasilitas, pilih waktu tempuh bernilai terkecil dengan begitu didapat solusi optimal klusterisasi wilayah pelayanan berdasarkan kedekatan waktu tempuh lokasi gudang dan titik demand.

TABEL 7
(Penguraian Solusi)

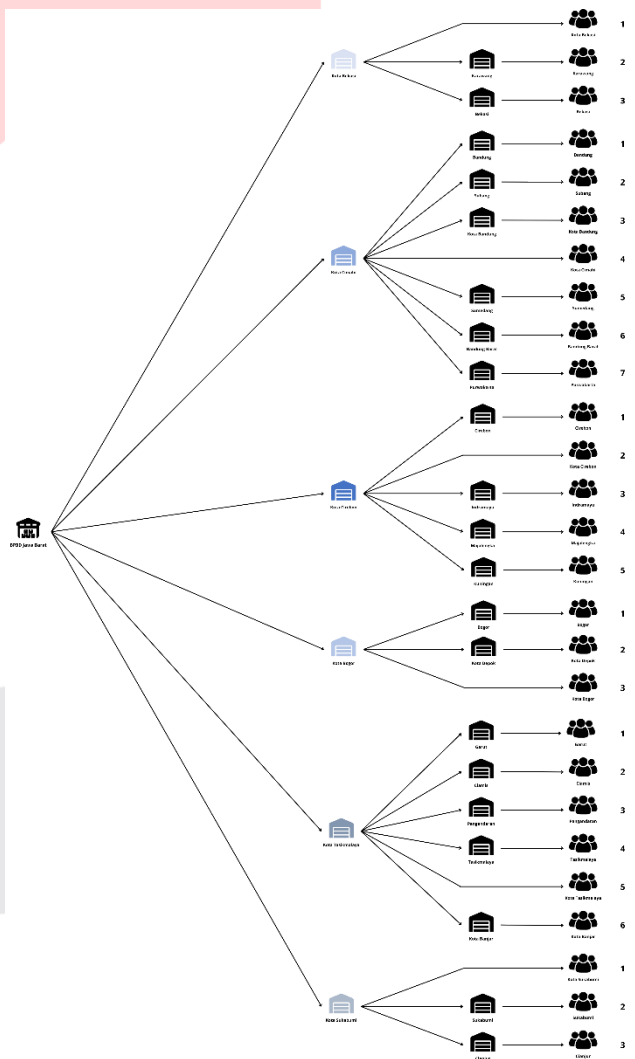
THIK Demand	Opsi Tanggal	Kandidat Lokasi Gudang			Lokasi Gudang Terpilih
		Opsi 1	Opsi 2	Opsi 3	
1	19,53				19,53
2		6,60	53,40		6,60
3	30,36				30,36
4		44,86	18,64		18,64
5	13,53				13,53
6		44,49	36,73	21,00	21,00
7	9,43				9,43
8	38,04				38,04
9	34,66				34,66
10	35,40				35,40
11		25,21	48,80		25,21
12		30,73	52,82		30,73
13	51,03				51,03
14	47,05				47,05
15	39,00				39,00
16	39,20				39,20
17		56,55	58,91		56,55
18	9,80				9,80
19	6,77				6,77
20	31,25				31,25
21	0,00				0,00
22	0,00				0,00
23	0,00				0,00
24	0,00				0,00
25	0,00	31,47	25,07		25,07
26	0,00				0,00
27	0,00				0,00

Keterangan Warna:
 21 Kota Bekasi
 22 Kota Bogor
 23 Kota Cimahi
 24 Kota Cirebon
 26 Kota Sukabumi
 27 Kota Tasikmalaya



GAMBAR 28

(Peta Lokasi Gudang Terpilih)



GAMBAR 29

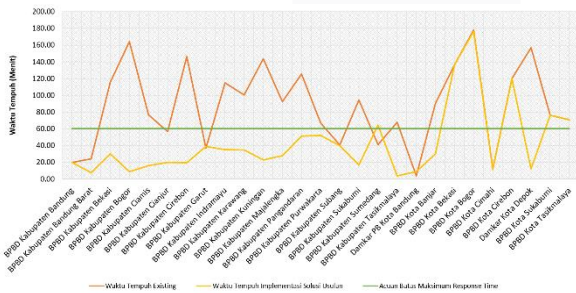
(Pola Distribusi Lokasi Gudang Terpilih)

TABEL 8
(Urutan Prioritas Pelayanan Lokasi Gudang Terpilih)

No	Lokasi Gudang	Titik Demand	Waktu Tempuh Dari Lokasi Gudang Ke Titik Demand	Per Wilayah		Per Kluster Wilayah	
				Demand	Demand Berdasarkan Skala Prioritas	Total Demand	Total Demand Berdasarkan Skala Prioritas
1	Kota Bekasi	Kota Bekasi	0,00	26.333	236.997	71.171	326.673
		Karawang	35,40	29.070	58.140		
		Bekasi	30,36	15.768	31.536		
2	Kota Cimahi	Bandung	19,23	49.203	98.406	65.874	123.402
		Suhang	39,00	14.200	14.200		
		Kota Bandung	6,77	597	5.970		
		Kota Cimahi	0,00	328	3.280		
		Sumedang	56,55	1.064	1.064		
		Bandung Barat	6,60	285	285		
		Purwakarta	47,05	197	197		
3	Kota Cirebon	Cirebon	9,43	14.727	29.454	37.555	67.174
		Kota Cirebon	0,00	2.482	17.374		
		Indramayu	24,66	17.349	17.349		
		Majalengka	30,73	2.796	2.796		
		Kuningas	23,21	201	201		
4	Kota Bogor	Bogor	18,64	8.508	17.016	9.293	23.008
		Kota Depok	25,07	497	3.976		
		Kota Bogor	0,00	288	2.016		
		Garut	38,04	2.295	2.295		
5	Kota Tasikmalaya	Ciamis	13,53	1.552	1.552	5.147	5.311
		Pangandaran	51,03	798	798		
		Tasikmalaya	9,80	394	394		
		Kota Tasikmalaya	0,00	56	168		
		Kota Banjar	31,25	52	104		
6	Kota Sukabumi	Kota Sukabumi	0,00	229	1.374	1.673	2.818
		Sukabumi	39,20	975	975		
		Cianjur	21,00	469	469		

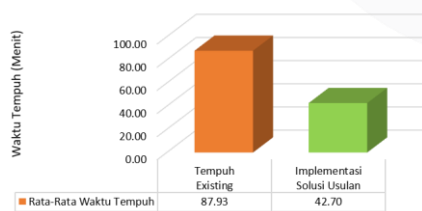
E. Perbandingan Kondisi Existing & Solusi Usulan

Pada kondisi existing, rata-rata response time pendistribusian bantuan logistik dari BPBD Jawa Barat menuju BPBD/Damkar kabupaten/kota adalah 87,93 menit. Sementara ketika solusi usulan pendistribusian berpola multi-echelon diimplementasikan pada asumsi kondisi lalu lintas yang sama maka rata-rata response time diproyeksikan turun mencapai 48,56% ke nilai 42,70 menit. Di sisi lain pengimplementasian usulan solusi dengan menjadikan kantor BPBD masing-masing wilayah sebagai titik demand membuat 6 wilayah tidak lolos ambang batas response time 60 menit. Keenam wilayah tersebut tidak lain adalah Kabupaten Sumedang, Kota Bekasi, Kota Bogor, Kota Cirebon, Kota Sukabumi, dan Kota Tasikmalaya.



GAMBAR 30

(Perbandingan Waktu Tempuh Existing dan Solusi Usulan)



GAMBAR 31

(Perbandingan Rata-Rata Waktu Tempuh Existing dan Solusi Usulan)

V. KESIMPULAN

Dengan menggunakan pendekatan *Maximal Coverage Location Problem* (MCLP), mulanya *response time* pendistribusian bantuan logistik ke wilayah kabupaten/kota dapat terminimalisir sejalan dengan diperkecilnya skala jangkauan distribusi lewat klusterisasi wilayah. Dari penyelesaian model, didapati bahwa seluruh titik *demand* akan terlayani ketika ditempatkan 5 atau 6 gudang. Kemudian setelah melewati verifikasi dan validasi, diputuskan bahwa solusi terpilih adalah solusi ke-2 (persamaan dengan fungsi pembatas $P \leq 6$). Dibandingkan dengan kondisi *existing*, solusi ke-2 berhasil menurunkan rata-rata *response time* sebesar 48,56%.

Lewat pengimplementasian solusi, kebijakan sistem persediaan bantuan logistik di wilayah Jawa Barat bermigrasi ke struktur *multi-echelon*. Pada struktur baru ini, BPBD Jawa Barat masih memegang tanggung jawab sebagai *supplier* tunggal. Perbedaan mencolok terjadi pada tingkatan ke-2 dimana jika sebelumnya ke-27 wilayah harus mengambil/menerima bantuan logistik secara mandiri ke/dari BPBD Jawa Barat, kini tugas tersebut cukup dilakukan oleh 6 BPBD/Damkar kabupaten/kota selaku pengelola gudang penyangga yang menjembatani aktivitas pendistribusian bantuan logistik antara BPBD Jawa Barat dan BPBD/Damkar kabupaten/kota. Enam BPBD/Damkar terpilih untuk menjalankan mandat tersebut antara lain: a) BPBD Kota Bekasi; b) BPBD Kota Cimahi; c) BPBD Kota Cirebon; d) BPBD Kota Bogor; e) BPBD Kota Tasikmalaya; dan f) BPBD Kota Sukabumi.

REFERENSI

- [1] BNPB, "Data Bencana," 1 Januari 2023. [Online]. Available: <https://gis.bnpb.go.id/>.
- [2] P. Coppola, Introduction to International Disaster Management (3rd Edition), Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015.
- [3] Saeyeon Roh, Hsuan Hung Lin, Hyunmi Jang, "Performance Indicators for Humanitarian Relief Logistics in Taiwan," The Asian Journal of Shipping and Logistics, vol. 38, no. 3, pp. 173-180, 2022.
- [4] Navid Sahebjamnia, S. Ali Torabi, S. Afshin Mansouri, "A Hybrid Decision Support System for Managing Humanitarian Relief Chains," Decision Support Systems, vol. 95, pp. 12-26, 2017.
- [5] Saeyeon Roh, Dong-Wook Kwak, Anthony Beresford, Stephen Pettit, "Challenges in Humanitarian Logistics Management: An Empirical Study on Pre-Positioned Warehouses," International Symposium of Logistics: Reflections on Supply Chain Research and Practice, 2016.
- [6] L. N. V. Wassenhove, "Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear," Journal of the Operational Research Society, vol. 57, no. 5, pp. 475-489, 2006.
- [7] Stephen Pettit, Anthony Beresford, "Critical Success Factors in the Context of Humanitarian Aid Supply Chains," International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 39, no. 6, pp. 450-468, 2009.
- [8] Fritz Institute, "Humanitarian Logistics Conferences," Geneva, 2004.

- [9] Pemerintah RI, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana," 8 Maret 2008. [Online]. Available: <https://www.bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/migration/pubs/4.pdf>.
- [10] BNPB, "Peraturan BNPB Republik Indonesia No. 4 Tahun 2018 tentang Sistem Manajemen Logistik dan Peralatan," 29 Juni 2018. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/peraturan-kepala/2018/perban-4-tahun-2018-tentang-sistem-manajemen-logistik-dan-peralatan-bn-828.pdf>.
- [11] BNPB, "Peraturan Kepala BNPB No. 20 Tahun 2011 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Manajemen Logistik Penanggulangan Bencana," 30 Desember 2011. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/219658/perka-bnpb-no-20-tahun-2011>.
- [12] BNPB, "Peraturan Kepala BNPB No. 26 Tahun 2014 tentang Pemanfaatan Bantuan Logistik Penanggulangan Bencana," 31 Desember 2014. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/peraturan-kepala/2014/perka-26-tahun-2014.pdf>.
- [13] BNPB, "Peraturan Kepala BNPB No. 25 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Pertanggungjawaban Bantuan Logistik Penanggulangan Bencana," 16 Maret 2020. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/peraturan-kepala/2014/perka-25-tahun-2014-tentang-pengelolaan-pertanggungjawaban-bantuan-logistik-pb.PDF>.
- [14] BNPB, "Peraturan Kepala BNPB No. 10 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Bantuan Logistik Pada Status Keadaan Darurat Bencana," 3 September 2012. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/peraturan-kepala/2012/perka-10-tahun-2012-tentang-pengelolaan-bantuan-logistik-pada-status-keadaan-darurat-bencana.pdf>.
- [15] A. Agarwal, "Validation of Inventory models for Single-echelon Supply Chain using Discrete-event Simulation," arXiv: Optimization and Control, 2018.
- [16] Nadeera Ekanayake, Nilesh Joshi, & Shital Thekdi, "Comparison of Single-Echelon Vs. Multi-Echelon Inventory Systems using Multi-Objective Stochastic Modelling," *International Journal of Logistics Systems and Management*, vol. 23, no. 2, pp. 255-279, 2016.
- [17] Sunil Chopra & Peter Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, 6 penyunt., London: Pearson Education Limited, 2016.
- [18] C. B. Lee, "Multi-Echelon Inventory Optimization," *Evant White Paper Series*, pp. 1-13, 2023.
- [19] Liz Cantebery & Lawrence Li, "Facility Location Problem," 21 Desember 2020. [Online]. Available: https://optimization.cbe.cornell.edu/index.php?title=Facility_location_problem.
- [20] Rajali Maharjan & Shinya Hanaoka, "Warehouse Location Determination for Humanitarian Relief Distribution in Nepal," *Transportation Research Procedia*, vol. 25, pp. 1151-1163, 2017.
- [21] Wen-Chen Lee & Neng-Shu Yang, "Location Problems Solving by Spreadsheets," *WSEAS Transactions on Business and Economics*, vol. 6, no. 8, pp. 469-480, 2009.
- [22] Richard Church & Charles ReVelle, "The Maximal Covering Location Problem," *Papers of the Regional Science Association*, vol. 32, pp. 101-118, 1974.
- [23] U. Supdana, Interviewee, *Mekanisme Penyaluran dan Karakteristik Bantuan Logistik*. [Wawancara]. 16 Agustus 2023.
- [24] Oded Berman, Zvi Drezner, & George O. Wesolowsky, "The Maximal Covering Problem with Some Negative Weights," *Geographical Analysis*, vol. 41, no. 1, pp. 30-42, 2009.
- [25] Kemenhub, "Peraturan Menteri Perhubungan No. 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan," 29 Juli 2015. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/103508/permenhub-no-111-tahun-2015>.
- [26] Kementerian PUPR, "Peta Jalan Tol Indonesia," 6 Maret 2023. [Online]. Available: <https://sigi.pu.go.id/portallupr/apps/dashboards/ad691982b770462d8e236f8ca7e450f4>.
- [27] BPS Provinsi Jawa Barat, "Provinsi Jawa Barat Dalam Angka 2023," 28 Februari 2023. [Online]. Available: <https://jabar.bps.go.id/publication/2023/02/28/57231a828abbfdd50a21fe31/provinsi-jawa-barat-dalam-angka-2023.html>.
- [28] BPS, "Indeks Pembangunan Manusia 2022," 16 Mei 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/05/16/ef80bec78ab91cb5b703b943/indeks-pembangunan-manusia-2022.html>.
- [29] BNPB, "Indeks Risiko Bencana Indonesia Tahun 2022," 15 Januari 2023. [Online]. Available: <https://inarisk.bnpb.go.id/pdf/BUKU%20IRBI%202022.pdf>.