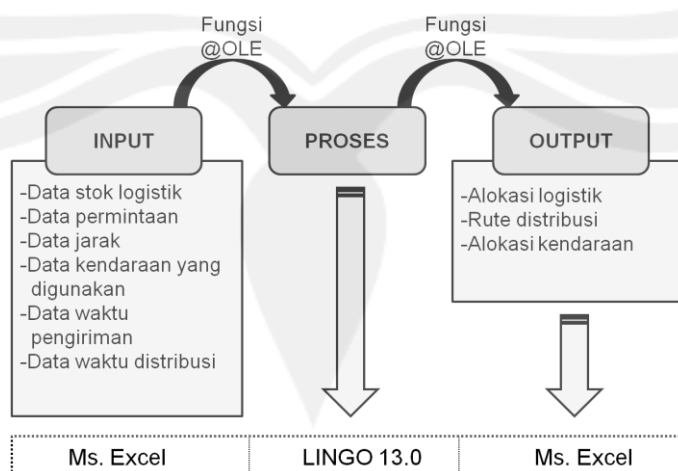


BAB 5 ANALISIS MODEL

5.1. Solusi Model

Model distribusi yang telah dikembangkan bertujuan untuk mencari alokasi logistik bencana ke setiap barak pengungsian, alokasi kendaraan yang digunakan, serta rute kendaraan. Model ini termasuk kategori *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Solusi model akan dicari menggunakan *software* LINGO 13.0 secara simultan/sekaligus dengan metode *Branch and Bound*. *Software* LINGO 13.0 yang digunakan dalam penelitian ini adalah khusus untuk edukasi, dimana terdapat batas maksimum kendala, variabel, integer variabel, non linear variabel, dan global variabel. *Software* tersebut hanya maksimal mampu menjalankan 4000 kendala, 8000 variabel, 800 integer variabel, 800 non linear variabel, dan 20 global variabel. Model yang dikembangkan masih dalam batasan maksimum LINGO 13.0 tersebut, sehingga model masih bisa dikerjakan dengan menggunakan *software* tersebut.

Pencarian solusi ini juga memanfaatkan *spreadsheet* Ms. Excel sebagai *tools* pembantu. *Software* LINGO 13.0 mengimpor data dari Ms. Excel dan solusi di ekspor menuju Ms. Excel lagi dengan menggunakan fungsi @OLE yang terdapat pada LINGO. Proses ini memudahkan bagi pengguna untuk menginput data maupun melihat solusi, mengingat penggunaan *spreadsheet* Ms. Excel yang tinggi di lapangan. Gambar 5.1 menggambarkan alur pencarian solusi model.



Gambar 5.1. Alur Pencarian Solusi Model

Model matematis harus diubah ke dalam program LINGO 13.0 dengan mengikuti bahasa LINGO. Penulisan program LINGO untuk penyelesaian model adalah sebagai berikut:

```

MODEL:
SETS:
KOMODITAS/1..A/; !menunjukkan anggota komoditas, yaitu dari 1 hingga A (dapat pula
langsung ditulis menggunakan nama komoditas);
WAKTU/1..T/; !menunjukkan rentang periode waktu perencanaan, yaitu dari 1 hingga T;
HIMP1 (KOMODITAS, WAKTU) : S;

CUSTOMER/1..J/; !menunjukkan anggota titik permintaan, yaitu dari 1 hingga J;
HIMP2 (CUSTOMER, KOMODITAS, WAKTU): D, P;

VEHICLE/1..K/:Q; !menunjukkan anggota kendaraan yang digunakan, yaitu dari 1 hingga
K;
HIMP3 (KOMODITAS, CUSTOMER, VEHICLE, WAKTU): Z;
HIMP4 (CUSTOMER, VEHICLE) : U;
HIMP5 (CUSTOMER, CUSTOMER, VEHICLE) : R, X;
ENDSETS

!Fungsi Tujuan;
MIN = @SUM(CUSTOMER (J) : @SUM (KOMODITAS (A) :
P (J, A, T)) / @SUM (CUSTOMER (J) : @SUM (KOMODITAS (A) : @SUM (WAKTU (T) : D (J, A, T))));

!Kendala 1;
@FOR (CUSTOMER (J) :
@FOR (KOMODITAS (A) :
@FOR (WAKTU (T) :
@SUM (WAKTU (W) | W#LE#T : D (J, A, W)) -
@SUM (VEHICLE (K) : @SUM (WAKTU (W) | W#LE#T : Z (A, J, K, W))) = P (J, A, T)
));

!Kendala 2;
@FOR (KOMODITAS (A) :
@FOR (CUSTOMER (J) :
@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (WAKTU (T) : Z (A, J, K, T) <= M * @SUM (CUSTOMER (I) | I#NE#J :
X (I, J, K)
)))));

!Kendala 3;
@FOR (KOMODITAS (A) :
@FOR (WAKTU (T) :
@SUM (CUSTOMER (J) : @SUM (VEHICLE (K) : Z (A, J, K, T))) <= S (A, T)
));

!Kendala 4;
@FOR (VEHICLE (K) :
@SUM (CUSTOMER (I) : @SUM (CUSTOMER (J) : R (I, J, K) * X (I, J, K))) <= 24
);

!Kendala 5;
@FOR (CUSTOMER (J) | J#GT#1 :
@SUM (VEHICLE (K) : @SUM (CUSTOMER (I) | I#NE#J : X (I, J, K))) = 1
);

!Kendala 6;
@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (CUSTOMER (I) | I#EQ#1 :
@SUM (CUSTOMER (J) | J#GT#1 : X (I, J, K)) = 1
));

!Kendala 7;
@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (CUSTOMER (J) | J#EQ#1 :
@SUM (CUSTOMER (I) | I#GT#1 : X (I, J, K)) = 1
));

!Kendala 8;
@FOR (VEHICLE (K) :

```

```

@FOR (CUSTOMER (H) :
@SUM (CUSTOMER (I) | I#NE#H: X (I, H, K)) - @SUM (CUSTOMER (J) | J#NE#H:
X (H, J, K)) = 0
));

!Kendala 9;
@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (CUSTOMER (I) :
@FOR (WAKTU (T) | T#EQ#1:
@FOR (CUSTOMER (J) | J#GT#1#AND#I#NE#J: U (I, K) - U (J, K) + Q (K) *
X (I, J, K) - Q (K) + @SUM (KOMODITAS (A) : Z (A, J, K, T)) <= 0
)))));

@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (WAKTU (T) | T#EQ#1:
@FOR (CUSTOMER (I) : U (I, K) >= @SUM
(KOMODITAS (A) : Z (A, I, K, T))
)))));

@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (CUSTOMER (I) : U (I, K) <= Q (K)
));

!Kendala 10;
@FOR (VEHICLE (K) :
@FOR (WAKTU (T) :
@SUM (CUSTOMER (J) : @SUM (KOMODITAS (A) : Z (A, J, K, T))) <= Q (K)
));

!Kendala 11;
@FOR (HIMP5 : @BIN (X));

!Kendala 12;
@SUM (HIMP3 : Z) >= 0;
@SUM (HIMP2 : P) >= 0;
@SUM (HIMP4 : U) >= 0;

DATA:
M = 9999;
!Import data dari excel;
D, S, Q, R = @OLE ('lokasi file asal', 'DEMAND', 'STOK', 'QK', 'TDISTRIBUSI');

!Export data ke excel;
@OLE ('lokasi file tujuan', 'KIRIM', 'RUTE', 'NKIRIM') = Z, X, P;
ENDDATA
END

```

Bagian awal program menunjukkan notasi set, notasi parameter dan notasi variabel keputusan yang digunakan dalam pemodelan. Program diawali dengan *command* MODEL dan ditutup dengan *command* END. Penjabaran notasi terletak diantara *command* SETS dan *command* ENDSETS. Data-data yang menjadi input diletakan di antara *command* DATA dan *command* ENDDATA.

Fungsi-fungsi yang digunakan dalam program LINGO 13.0 dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. MIN: digunakan untuk memperhitungkan nilai minimum dari sebuah pernyataan dari seluruh member set, dalam penelitian ini digunakan dalam fungsi tujuan.

- b. @SUM: digunakan untuk menyatakan jumlah suatu pernyataan dari seluruh member set, atau dengan kata lain fungsi ini menggantikan notasi Σ pada model matematis. Penggunaannya terletak pada fungsi tujuan dan dalam kendala-kendala.
- c. @FOR: digunakan untuk menentukan setiap member suatu set dalam suatu kendala.
- d. @BIN: digunakan untuk mendeskripsikan bahwa variabel tersebut adalah biner (0 dan 1).
- e. @OLE: digunakan untuk memindahkan data dan solusi, dari dan menuju Ms. Excel dengan menggunakan transfer berbasis OLE. Dalam transfer data maupun solusi, OLE membaca melalui nama melalui *range* pada excel. Pergerakan variabel dalam *range* dimulai dari kiri atas hingga kanan bawah mengikuti pembacaan indeks variabel yang paling terakhir ke paling awal.

Model yang dibuat dapat dilihat dengan cara mengklik pada status bar: *LINGO|Generate|Display model*. Untuk menjalankan program, pastikan Ms. Excel yang berisi data telah dibuka (jika Ms. Excel tidak dibuka maka LINGO akan membukanya secara otomatis, namun memperlama waktu komputasi), kemudian pada status bar LINGO pilih: *LINGO|Solve* atau dapat menggunakan *shortcut Ctrl+U*. Dalam menyelesaikan model, LINGO akan mencari metode terbaik secara otomatis serta melakukan validasi terhadap kendala-kendala yang di program ke dalamnya. Solusi model akan langsung tampak pada Ms. Excel, sudah dalam bentuk *form* yang mudah untuk dibaca.

5.2. Contoh Numerik

Pada bagian ini akan dibahas mengenai contoh numerik yang digunakan untuk memberikan gambaran atau ilustrasi dari model matematis yang telah dibuat. Parameter-parameter yang digunakan dalam contoh numerik ini berasal dari studi kasus Suryani dan Bintoro (2013) yang telah dimodifikasi dengan menghilangkan satu titik permintaan serta melakukan perubahan terhadap data stok. Dalam contoh numerik ini dilakukan perencanaan distribusi dari depot menuju titik permintaan dengan rentang waktu perencanaan satu minggu (7 hari). Contoh numerik dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5.1. Data Jarak dari Depot ke Titik Permintaan dan Jarak Setiap Titik Permintaan (km)

Jarak dari <i>i</i> ke <i>j</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>
<i>J1</i>	0	6.6	5.6	5.9	7.5	12.3	13
<i>J2</i>	6.6	0	1.8	3.8	5.5	5.5	8.6
<i>J3</i>	5.6	1.8	0	4.3	6.1	7.2	10.1
<i>J4</i>	5.9	3.8	4.3	0	2.8	4.8	6.9
<i>J5</i>	7.5	5.5	6.1	2.8	0	4.1	5.5
<i>J6</i>	12.3	5.5	7.2	4.8	4.1	0	4
<i>J7</i>	13	8.6	10.1	6.9	5.5	4	0

Keterangan:

J1: Desa Bangunkerto (gudang penyalur)

J5: Desa Candibinangun

J2: Desa Girikerto

J6: Desa Hargobinangun

J3: Desa Wonokerto

J7: Desa Wukirsari

J4: Desa Purwobinangun

Tabel 5.2. Data Permintaan (kg)

Titik Permintaan	Komoditas	Periode (Hari ke-)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>J1</i>	Beras	0	0	0	0	0	0	0
	Mie	0	0	0	0	0	0	0
	Air	0	0	0	0	0	0	0
<i>J2</i>	Beras	2000	1860	2100	2300	2100	2700	1860
	Mie	2250	2210	1400	1735	1700	2100	2250
	Air	1500	2600	2000	2180	1600	2240	1500
<i>J3</i>	Beras	2700	1740	1950	2150	2200	2430	1740
	Mie	2400	1450	2250	1900	1540	1900	2100
	Air	2900	2700	1800	2250	2550	2450	2000

Tabel 5.2. Lanjutan

Titik Permintaan	Komoditas	Periode (Hari ke-)						
		1	2	3	4	5	6	7
J4	Beras	2025	1980	2000	1800	2190	2750	2480
	Mie	2150	2870	1900	2350	2230	2425	2750
	Air	1400	2900	1750	2230	2160	2870	2800
J5	Beras	2200	1670	2200	2250	3300	3700	2370
	Mie	880	2402	2500	3500	3300	3500	2980
	Air	1700	2110	2700	2600	3600	3402	2750
J6	Beras	1400	1450	2860	2900	2500	3860	2450
	Mie	1300	1690	3100	2700	3025	3100	2700
	Air	1500	2570	2800	2450	3850	3690	2600
J7	Beras	2500	1300	2050	2000	2300	2420	2160
	Mie	1200	1710	2050	1870	2150	2500	1895
	Air	2200	2210	2200	2140	2270	2710	1875

Tabel 5.3. Data Stok Logistik di Depot (kg)

Komoditas	Periode (Hari ke-)						
	1	2	3	4	5	6	7
Beras	10000	12000	12000	13000	15000	17000	15000
Mie	8000	10000	15000	15000	15000	10000	16835
Air	10000	13000	13150	14000	17000	17362	18750

Tabel 5.4. Data Kendaraan yang Tersedia

Materi	Kendaraan		Satuan
	Truk Engkel	Truk <i>Double</i>	
Kapasitas	12000	26000	kg
Kecepatan	30	30	km/jam
Waktu Loading	0.333	0.5	jam
Jumlah	2	1	unit

5.3. Analisis Hasil Perhitungan

Perhitungan dilakukan oleh *software* LINGO dan Ms. Excel. File Ms. Excel yang digunakan dibentuk ke dalam empat *sheets*, yaitu: "INPUT", "CALCULATION", "RESULT", dan "REKAP". *Sheets* "INPUT" digunakan untuk memasukkan data-

data yang dijadikan sebagai parameter., *sheets* “CALCULATION” berfungsi untuk melakukan perhitungan terhadap beberapa parameter yang tidak didapat secara langsung dari data, *sheets* “RESULT” menampilkan hasil/output yang berasal dari program LINGO, dan *sheets* “REKAP” menampilkan hasil rekap dari *sheets-sheets* lainnya sehingga memudahkan dalam pembacaan.

Data-data yang terdapat pada contoh numerik dimasukkan ke dalam *sheets* “INPUT”. Tampilan *sheets* “INPUT” dapat dilihat pada Gambar 5.2.

DISTRIBUSI LOGISTIK BENCANA LETUSAN MERAPI											
≈ STOK			≈ PERMINTAAN								
Komoditas	Periode	Stok	Titik Permintaan	Komoditas	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 5	Periode 6	Periode 7
Beras	1	10000	Bangunkerto	Beras	0	0	0	0	0	0	0
	2	12000		Mie	0	0	0	0	0	0	0
	3	12000		Air	0	0	0	0	0	0	0
	4	13000	Girikerto	Beras	2000	1860	2100	2300	2100	2700	1860
	5	15000		Mie	2250	2210	1400	1735	1700	2100	2250
	6	17000		Air	1500	2600	2000	2180	1600	2240	1500
	7	15000	Wonokerto	Beras	2700	1740	1950	2150	2200	2430	1740
1	8000	Mie		2400	1450	2250	1900	1540	1900	2100	
2	10000	Air		2900	2700	1800	2250	2550	2450	2000	
Mie	3	15000	Purwobinangun	Beras	2025	1980	2000	1800	2190	2750	2480
	4	15000		Mie	2150	2870	1900	2350	2230	2425	2750
	5	15000		Air	1400	2900	1750	2230	2160	2870	2800
	6	10000	Candibinangun	Beras	2200	1670	2200	2250	3300	3700	2370
	7	16835		Mie	880	2402	2500	3500	3300	3500	2980
	1	10000		Air	1700	2110	2700	2600	3600	3402	2750
	Air	2	13000	Hargobinangun	Beras	1400	1450	2860	2900	2500	3860
3		13150	Mie		1300	1690	3100	2700	3025	3100	2700
4		14000	Air		1500	2570	2800	2450	3850	3690	2600
5		17000	Wukirsari	Beras	2500	1300	2050	2000	2300	2420	2160
6		17362		Mie	1200	1710	2050	1870	2150	2500	1895
7		18750		Air	2200	2210	2200	2140	2270	2710	1875
≈ KENDARAAN											
	Truk Engkel (K1)	Truk Engkel (K2)	Truk Double (K3)								
Kapasitas	12000	12000	26000								
Kecepatan	30	30	30								
Wkt. Load	0.333	0.333	0.5								
≈ JARAK											
	Bangunkerto	Girikerto	Wonokerto	Purwobinangun	Candibinangun	Hargobinangun	Wukirsari				
Bangunkerto	0	6.6	5.6	5.9	7.5	12.3	13				
Girikerto	6.6	0	1.8	3.8	5.5	5.5	8.6				
Wonokerto	5.6	1.8	0	4.3	6.1	7.2	10.1				
Purwobinangun	5.9	3.8	4.3	0	2.8	4.8	6.9				
Candibinangun	7.5	5.5	6.1	2.8	0	4.1	5.5				
Hargobinangun	12.3	5.5	7.2	4.8	4.1	0	4				
Wukirsari	13	8.6	10.1	6.9	5.5	4	0				

by Fransiska Mulyani (10 06 06319)

Gambar 5.2. Tampilan *Sheets* “INPUT” pada Ms. Excel

Parameter waktu pengiriman dan waktu distribusi memerlukan proses perhitungan terlebih dahulu. Waktu pengiriman di dapat dengan membagi jarak tiap titik dengan kecepatan setiap kendaraan, dalam persamaan matematis dapat dipaparkan sebagai berikut:

$$O_{ijk} = \frac{Y_{ij}}{c_k} \quad (6.17)$$

Sedangkan waktu distribusi diperoleh dengan cara menjumlahkan waktu pengiriman dengan waktu loading dari setiap kendaraan. Waktu distribusi dapat dituliskan dalam persamaan matematis berikut ini:

$$R_{ijk} = O_{ijk} + L_k \quad (6.18)$$

Persamaan matematis tersebut diprogram pada Ms. Excel pada *sheets* "CALCULATION" dan hasilnya akan tertampil pada *sheets* tersebut. Hasil waktu pengiriman dan waktu distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6. Masing-masing kendaraan di notasikan sebagai berikut: truk engkel 1 (*K1*), truk engkel 2 (*K2*), dan truk *double* (*K3*).

Tabel 5.5. Waktu Pengiriman (jam)

Asal	Tujuan	Kendaraan		
		<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>
<i>J1</i>	<i>J1</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J2</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J3</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J4</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J5</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J6</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J7</i>	0.0001	0.0001	0.0001
<i>J2</i>	<i>J1</i>	0.2200	0.2200	0.2200
	<i>J2</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J3</i>	0.0600	0.0600	0.0600
	<i>J4</i>	0.1267	0.1267	0.1267
	<i>J5</i>	0.1833	0.1833	0.1833
	<i>J6</i>	0.1833	0.1833	0.1833
	<i>J7</i>	0.2867	0.2867	0.2867
<i>J3</i>	<i>J1</i>	0.1867	0.1867	0.1867
	<i>J2</i>	0.0600	0.0600	0.0600
	<i>J3</i>	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>J4</i>	0.1433	0.1433	0.1433
	<i>J5</i>	0.2033	0.2033	0.2033
	<i>J6</i>	0.2400	0.2400	0.2400
	<i>J7</i>	0.3367	0.3367	0.3367

Tabel 5.5. Lanjutan

Asal	Tujuan	Kendaraan		
		K1	K2	K3
J4	J1	0.1967	0.1967	0.1967
	J2	0.1267	0.1267	0.1267
	J3	0.1433	0.1433	0.1433
	J4	0.0001	0.0001	0.0001
	J5	0.0933	0.0933	0.0933
	J6	0.1600	0.1600	0.1600
	J7	0.2300	0.2300	0.2300
J5	J1	0.2500	0.2500	0.2500
	J2	0.1833	0.1833	0.1833
	J3	0.2033	0.2033	0.2033
	J4	0.0933	0.0933	0.0933
	J5	0.0001	0.0001	0.0001
	J6	0.1367	0.1367	0.1367
	J7	0.1833	0.1833	0.1833
J6	J1	0.4100	0.4100	0.4100
	J2	0.1833	0.1833	0.1833
	J3	0.2400	0.2400	0.2400
	J4	0.1600	0.1600	0.1600
	J5	0.1367	0.1367	0.1367
	J6	0.0001	0.0001	0.0001
	J7	0.1333	0.1333	0.1333
J7	J1	0.4333	0.4333	0.4333
	J2	0.2867	0.2867	0.2867
	J3	0.3367	0.3367	0.3367
	J4	0.2300	0.2300	0.2300
	J5	0.1833	0.1833	0.1833
	J6	0.1333	0.1333	0.1333
	J7	0.0001	0.0001	0.0001

Tabel 5.6. Waktu Distribusi (jam)

Asal	Tujuan	Kendaraan		
		K1	K2	K3
J1	J1	0.3331	0.3331	0.5001
	J2	0.3331	0.3331	0.5001
	J3	0.3331	0.3331	0.5001
	J4	0.3331	0.3331	0.5001
	J5	0.3331	0.3331	0.5001
	J6	0.3331	0.3331	0.5001
	J7	0.3331	0.3331	0.5001
J2	J1	0.5530	0.5530	0.7200
	J2	0.3331	0.3331	0.5001
	J3	0.3930	0.3930	0.5600
	J4	0.4597	0.4597	0.6267
	J5	0.5163	0.5163	0.6833
	J6	0.5163	0.5163	0.6833
	J7	0.6197	0.6197	0.7867
J3	J1	0.5197	0.5197	0.6867
	J2	0.3930	0.3930	0.5600
	J3	0.3331	0.3331	0.5001
	J4	0.4763	0.4763	0.6433
	J5	0.5363	0.5363	0.7033
	J6	0.5730	0.5730	0.7400
	J7	0.6697	0.6697	0.8367
J4	J1	0.5297	0.5297	0.6967
	J2	0.4597	0.4597	0.6267
	J3	0.4763	0.4763	0.6433
	J4	0.3331	0.3331	0.5001
	J5	0.4263	0.4263	0.5933
	J6	0.4930	0.4930	0.6600
	J7	0.5630	0.5630	0.7300
J5	J1	0.5830	0.5830	0.7500
	J2	0.5163	0.5163	0.6833
	J3	0.5363	0.5363	0.7033
	J4	0.4263	0.4263	0.5933
	J5	0.3331	0.3331	0.5001
	J6	0.4697	0.4697	0.6367
	J7	0.5163	0.5163	0.6833

Tabel 5.6. Lanjutan

Asal	Tujuan	Kendaraan		
		K1	K2	K3
J6	J1	0.7430	0.7430	0.9100
	J2	0.5163	0.5163	0.6833
	J3	0.5730	0.5730	0.7400
	J4	0.4930	0.4930	0.6600
	J5	0.4697	0.4697	0.6367
	J6	0.3331	0.3331	0.5001
	J7	0.4663	0.4663	0.6333
J7	J1	0.7663	0.7663	0.9333
	J2	0.6197	0.6197	0.7867
	J3	0.6697	0.6697	0.8367
	J4	0.5630	0.5630	0.7300
	J5	0.5163	0.5163	0.6833
	J6	0.4663	0.4663	0.6333
	J7	0.3331	0.3331	0.5001

Berdasarkan contoh numerik di atas didapatkan solusi model yang mampu meminimasi total rasio permintaan yang tidak terpenuhi untuk seluruh komoditas pada seluruh titik permintaan sampai pada akhir periode perencanaan pada 6 barak pengungsian, 3 komoditas, 3 kendaraan, selama 7 hari waktu perencanaan. Solusi model menggunakan LINGO 13.0 menghasilkan nilai *objective* sebesar 0,0171974 dalam kondisi *global optimum*. Waktu komputasi yang diperlukan adalah 6 detik dengan menggunakan *netbook* dengan *processor* Intel(R) Atom(TM) CPU N2800 @1,86 GHz dengan *memory* 2,00 GB.

Alokasi logistik untuk setiap titik permintaan dapat dilihat pada Tabel 5.7, sedangkan data permintaan yang tidak terpenuhi sampai periode t dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.7. Alokasi Logistik untuk Setiap Titik Permintaan (kg)

Periode	Komoditas	Titik Permintaan						
		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
1	Beras	0	2000	2075	2025	0	1400	2500
	Mie	0	1125	2400	2150	0	1125	1200
	Air	0	1500	2900	1400	1700	1500	1000

Tabel 5.7. Lanjutan

Periode	Komoditas	Titik Permintaan						
		<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>
2	Beras	0	1860	2365	1980	3045	1450	1300
	Mie	0	2105	1450	2870	0	1865	1710
	Air	0	1520	2700	2900	1617	236	3410
3	Beras	0	115	1950	2000	3025	2860	2050
	Mie	0	2630	738	700	5782	3100	2050
	Air	0	3080	1800	1750	3193	1127	2200
4	Beras	0	4050	0	1800	2250	2900	2000
	Mie	0	1735	3412	1783	3500	2700	1870
	Air	0	553	2250	0	2600	6457	2140
5	Beras	0	2335	2375	2190	3300	2500	2300
	Mie	0	1700	1540	3285	3300	3025	2150
	Air	0	1500	2550	1477	3600	3850	2270
6	Beras	0	1516	4405	1597	3202	3860	2420
	Mie	0	273	627	0	3500	3100	2500
	Air	0	2729	2450	5783	0	3690	2710
7	Beras	0	2149	1740	3633	2868	2450	2160
	Mie	0	0	3373	5887	2980	2700	1895
	Air	0	2738	2000	2800	6152	2600	1875

Tabel 5.8. Permintaan yang Tidak Terpenuhi sampai Periode t (kg)

Titik Permintaan	Komoditas	Periode (Hari ke-)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>J1</i>	Beras	0	0	0	0	0	0	0
	Mie	0	0	0	0	0	0	0
	Air	0	0	0	0	0	0	0
<i>J2</i>	Beras	0	0	1985	235	0	1184	895
	Mie	1125	1230	0	0	0	1827	4077
	Air	0	1080	0	1627	1727	1238	0
<i>J3</i>	Beras	625	0	0	2150	1975	0	0
	Mie	0	0	1512	0	0	1273	0
	Air	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5.8. Lanjutan

Titik Permintaan	Komoditas	Periode (Hari ke-)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>J4</i>	Beras	0	0	0	0	0	1153	0
	Mie	0	0	1200	1767	712	3137	0
	Air	0	0	0	2230	2913	0	0
<i>J5</i>	Beras	2200	825	0	0	0	498	0
	Mie	880	3282	0	0	0	0	0
	Air	0	493	0	0	0	3402	0
<i>J6</i>	Beras	0	0	0	0	0	0	0
	Mie	175	0	0	0	0	0	0
	Air	0	2334	4007	0	0	0	0
<i>J7</i>	Beras	0	0	0	0	0	0	0
	Mie	0	0	0	0	0	0	0
	Air	1200	0	0	0	0	0	0

Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 menunjukkan bahwa model akan berusaha memenuhi permintaan yang tidak terpenuhi pada periode t pada periode-periode selanjutnya selama stok dan kapasitas kendaraan yang digunakan masih mencukupi.

Setiap kendaraan menempuh rutanya masing-masing. Kendaraan $K1$ menempuh rute $J1-J5-J1$, kendaraan $K2$ menempuh rute $J1-J2-J3-J1$, dan kendaraan $K3$ menempuh rute $J1-J6-J7-J4-J1$. Nilai utilitas kendaraan diperoleh dari total komoditas yang diangkut kendaraan setiap periodenya dibagi dengan kapasitas angkut maksimum kendaraan. Utilitas penggunaan kendaraan setiap perodenya ditunjukkan pada Tabel 5.9, sedangkan Tabel 5.10 menunjukkan total waktu tempuh dan jarak tempuh setiap kendaraan.

Tabel 5.9. Utilitas Penggunaan Kendaraan Setiap Periode

Kendaraan	Periode (Hari ke-)						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>K1</i>	14%	39%	100%	70%	85%	56%	100%
<i>K2</i>	100%	100%	86%	100%	100%	100%	100%
<i>K3</i>	55%	68%	83%	83%	89%	99%	100%

Tabel 5.10. Total Waktu Distribusi Setiap Kendaraan dan Total Jarak Tempuh Kendaraan

Kendaraan	Total Waktu Distribusi (jam)	Total Jarak Tempuh (km)
<i>K1</i>	0.9161	15
<i>K2</i>	1.2458	14
<i>K3</i>	2.5601	29.1

5.4. Validasi Model

Validasi yang dilakukan adalah validasi internal atau yang biasa disebut verifikasi. Verifikasi model merupakan cara untuk memastikan apakah model yang dibuat sudah valid dan sesuai dengan masalah. Validasi kendala telah dilakukan oleh *software* LINGO secara langsung saat pengambilan solusi, maka verifikasi yang penulis lakukan adalah memeriksa apakah model sudah logis dengan cara memasukan model pada program LINGO, kemudian setiap kendalanya satu per satu di cek apakah sudah sesuai dengan model. Hal ini dilakukan dengan cara men-*generate* setiap kendalanya. Setelah semua kendala logis maka dilakukan *running* program LINGO. Verifikasi lainnya dilakukan dengan mengecek konsistensi dan kebenaran ekspresi matematis serta notasi pada model matematis.

Dari verifikasi yang penulis lakukan, hasil *generate* pada program LINGO untuk setiap kendalanya telah sesuai dengan model matematis yang dibuat. Ekspresi matematis dan notasi pada model matematis telah konsisten serta benar.

5.5. Pengujian Model Terhadap Perubahan Ukuran Set Data

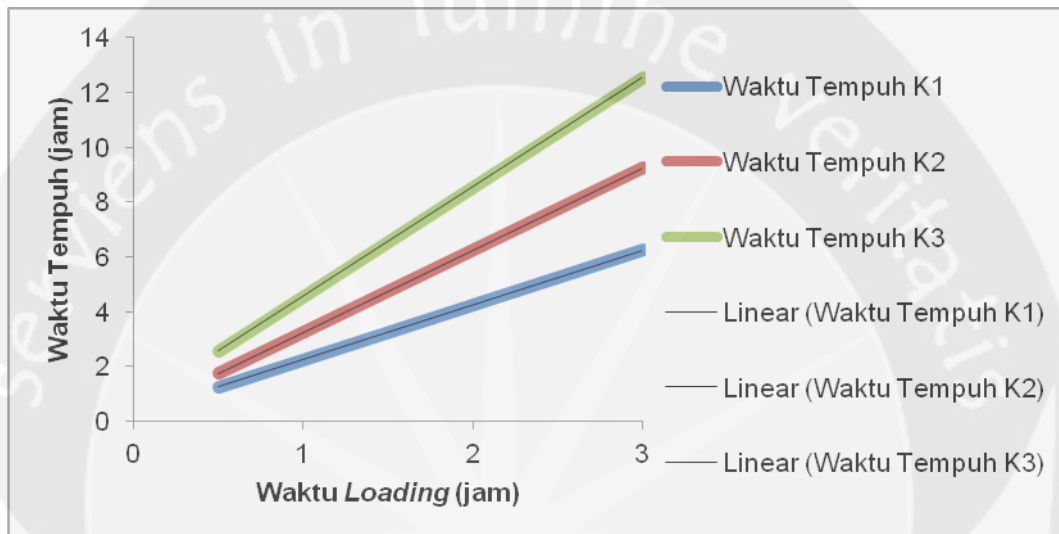
Uji numerik terhadap perubahan ukuran set data dilakukan untuk mengetahui pola dan perilaku model terkait perubahan ukuran model. Pengujian dilakukan terhadap perubahan waktu *loading* dan perubahan jumlah variabel biner. Seluruh pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* LINGO 13.0 pada *netbook* dengan *processor* Intel(R) Atom(TM) CPU N2800 @1,86 GHz dengan *memory* 2,00 GB.

5.5.1. Pengujian Model Terhadap Perubahan Waktu *Loading* Kendaraan

Waktu *loading* kendaraan akan berpengaruh terhadap waktu tempuh kendaraan. Waktu tempuh kendaraan menjadi sebuah hal yang penting dalam distribusi

bencana, dimana semakin singkat waktu tempuh kendaraan dapat mempercepat waktu respon serta dapat menekan korban jiwa. Pengujian waktu loading kendaraan dapat berguna untuk mengetahui waktu *loading* standar atau waktu *loading* maksimum agar respon distribusi logistik cepat.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan contoh numerik yang terdapat pada penelitian ini serta rute kendaraan yang dihasilkan. Grafik hasil pengujian model terhadap waktu *loading* kendaraan dapat dilihat pada Gambar 5.3.



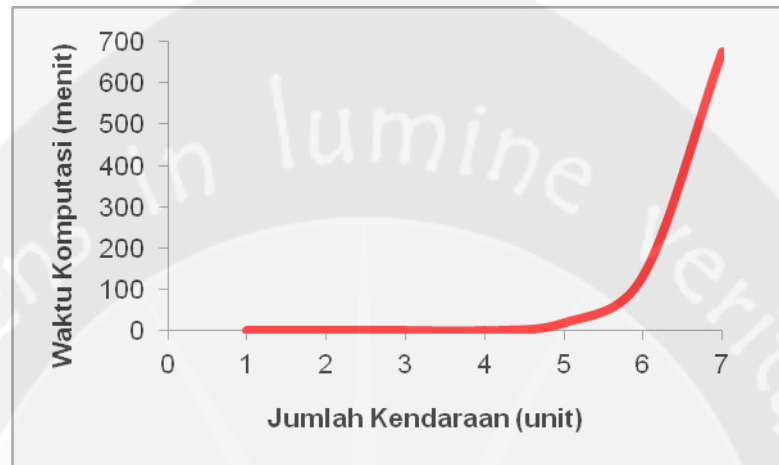
Gambar 5.3. Grafik Waktu *Loading* Kendaraan vs Waktu Tempuh Kendaraan

Perubahan waktu *loading* kendaraan akan berpengaruh terhadap waktu tempuh kendaraan secara *linear*. Oleh karena itu, perubahan waktu tempuh kendaraan dapat dinyatakan dalam persamaan *linear*. Persamaan *linear* untuk perubahan waktu tempuh *K1* adalah $y = 2x + 0.2501$ dengan $R^2 = 1$, persamaan *linear* untuk perubahan waktu tempuh *K2* adalah $y = 3x + 0.2468$ dengan $R^2 = 1$, dan persamaan *linear* untuk perubahan waktu tempuh *K3* adalah $y = 4x + 0.5601$ dengan $R^2 = 1$.

5.5.2. Pengujian Model Terhadap Perubahan Jumlah Variabel Biner

Dari hasil pengujian, terbukti bahwa perubahan ukuran model (jumlah kendaraan), berpengaruh signifikan terhadap waktu komputasi secara eksponensial. Peningkatan ukuran set data secara langsung juga akan menambah jumlah variabel biner yang berkontribusi paling besar terhadap lamanya waktu komputasi (Prasetya dan Ma'ruf, 2012).

Penambahan jumlah titik permintaan, jumlah komoditas dan jumlah periode tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap waktu komputasi. Pengujian dilakukan dengan 8 titik permintaan (J) sudah termasuk 1 depot), 3 komoditas (A), dan satu minggu periode perencanaan (T). Hasil pengujian waktu komputasi dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.4. Grafik Jumlah Kendaraan vs Waktu Komputasi
(set $J = 8$, $A = 3$, $T = 7$)

5.6. Diskusi dan Pembahasan

Berdasarkan hasil uji numerik, model yang dikembangkan dapat dijadikan pertimbangan dalam membuat rencana distribusi logistik bencana, karena model ini telah mengakomodasi permasalahan yang sering timbul dalam sistem nyata saat terjadi bencana. Dalam pencarian solusinya, model ini menggunakan *software* LINGO 13.0 yang dikombinasikan dengan Ms. Excel. Penggunaan *tools* ini mengacu pada kondisi keterbatasan teknologi serta kemampuan sumber daya manusia di lapangan. Instruksi singkat dalam LINGO 13.0 mudah dipahami oleh pengguna, serta pembacaan yang terstrukturisasi serta jelas di Ms. Excel.

Respon cepat yang ditunjukkan oleh waktu komputasi penyelesaian model dengan contoh numerik, membuktikan model ini telah berhasil mencapai tujuannya. Model ini dapat dilakukan dengan tepat dan cepat dalam permasalahan skala kecil. Kondisi bencana merupakan permasalahan yang rumit/kompleks dan dalam skala besar, model belum dapat mengerjakannya karena ada kendala teknologi atau mungkin model masih rumit. Model seperti ini bisa dikembangkan lebih lanjut agar waktu komputasi lebih singkat, selama teknologi (*hardware* dan *software*) mendukung.

Output model masih menemui keterbatasan, yaitu tidak memaksimalkan ketersediaan logistik serta kapasitas kendaraan, dimana stok logistik masih tersedia dan kapasitas kendaraan masih mencukupi. Kondisi demikian dapat diatasi secara manual, sehingga peran manusia adalah mengambil keputusan akhir (model hanya membantu dalam pengambilan keputusan).

