

OPTIMALISASI PENDISTRIBUSIAN BARANG DENGAN MODEL MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING PADA PT. LOGISTIK EKSPRESINDO UTAMA

Zaharuddin, Rafika Apriani Pratiwi, Uun Novalia Harahap

e-mail: zaharuddin@unhar.ac.id

Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan

ABSTRAK

PT. Logistik Ekspresindo Utama merupakan salah satu Perusahaan Jasa yang memiliki layanan integrasi mulai dari jasa *Freight Forwarding* darat, laut maupun udara, PPJK (Perusahaan Pengurusan Jasa Kepabeanan), Manajemen Transportasi untuk Project, yang didukung oleh pilihan lengkap armada transportasi darat, laut dan udara spesialisasi dalam menangani kargo yang membutuhkan penanganan khusus baik di dalam maupun luar negeri. Penilaian subjektif perusahaan saja yang digunakan untuk memilih rute saat ini, dan biaya pengiriman belum diperhitungkan. Akibatnya, untuk menyelesaikan masalah ini, diperlukan pendekatan yang unik. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi rute yang hemat biaya dan mengoptimalkan biaya distribusi. Penelitian ini menggunakan metode *Integer Linear Programming* untuk mengoptimalkan pengiriman barang dan meminimalkan biaya transportasi. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Integer Linear Programming* dapat meminimumkan jarak tempuh sebesar 604 km atau 13,04%, minimum waktu tempuh sebesar 14,9 jam atau 12,88%, minimum total biaya distribusi sebesar Rp. 1.154.650 atau 16,47%.

Kata kunci: *Biaya Optimal; Integer Linear Programming; Penentuan Rute*

Abstract

PT. LogistikEkspresindoUtama is a service company that has integration services ranging from land, sea and air Freight Forwarding services, PPJK (Customs Service Management Company), and Transportation Management for Projects, which is supported by a complete selection of land, sea and air transportation fleets specializing in handling cargo that requires special handling both at home and abroad. The company's subjective judgment alone has been used to choose the current route, and the shipping cost has not been considered. As a result, a unique approach is required to solve this issue. Consequently, this research aims to identify a cost-effective route and optimize distribution costs. This study uses the Integer Linear Programming method to optimize the delivery of goods and minimize transportation costs. Based on the data processing results using the Integer Linear Programming method, it can minimize the distance of 604 km or 13.04%; the minimum travel time is 14.9 hours or 12.88%; the minimum total distribution cost is Rp 1,154,650 or 16.47%.

Keywords: *Optimal Cost; Integer Linear Programming; Route Determination*

PENDAHULUAN

Transportasi adalah masalah pendistribusian sejumlah produk atau komoditas dari beberapa sumber distribusi (*supply*) kepada beberapa daerah tujuan (*demand*) dengan berpegang pada prinsip distribusi (Chopra & Meindl, 2010) (Chopra & Meindl, 2013). Pemodelan transportasi dapat digunakan untuk menemukan keuntungan atau pendapatan maksimum dari strategi distribusi komoditas yang memiliki keunggulan tertentu selain menemukan biaya distribusi minimum (BowerSox, 1996) (Purnomo, 2004).

Persoalan pendistribusian suatu komoditas atau produk dari sejumlah sumber (penawaran) ke sejumlah tujuan (permintaan) dengan tujuan meminimalkan biaya transportasi merupakan pokok bahasan transportasi personal (Tjutju, 1994).

Menurut (Dimiyati, 2004), moda transportasi adalah sistem untuk memindahkan barang dengan sarana transportasi tertentu. (*made of transportation*).

Jasa pengiriman merupakan salah satu jenis layanan publik yang memudahkan pengangkutan barang antarkota dengan aman dan dapat dilacak oleh penyedia jasa. Dokumen, barang elektronik, dan barang lainnya dapat dikirimkan.

Saat mengirim barang, pilihannya adalah melalui jalur darat, laut, atau udara. Jarak menjadi faktor penting dalam menentukan metode transportasi yang akan digunakan untuk mengirimkan produk.

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah peneliti lakukan di PT. Logistik Ekspresindo Utama bahwa PT. Logistik Ekspresindo Utama terus mengalami keterlambatan dalam pengiriman barang setiap bulannya dengan jumlah yang berbeda-beda. Sedangkan pencapaian kinerja yang disepakati oleh perusahaan adalah ketepatan waktu pengiriman kemasing-masing destinasi yang harus sesuai dengan *time window*.

Tabel 1. Keterlambatan pengiriman barang wilayah Sumatera Utara dan Aceh bulan Januari – Desember 2021

Bulan	Target Pengiriman	Aktual	Keterlambatan Pengiriman	Persentase
Januari	60	43	17	28,33%
Februari	54	38	16	29,62%
Maret	55	43	12	21,81%
April	54	44	10	18,51%
Mei	69	54	15	21,73%
Juni	66	54	12	18,18%
Juli	58	40	18	31,03%
Agustus	62	46	16	25,80%
September	52	40	12	23,07%
Oktober	50	40	10	20%
November	50	40	10	20%
Desember	65	50	15	23,07%

Permasalahan keterlambatan pengiriman yang terjadi di PT. Logistik Ekspresindo Utama adalah penentuan rute yang digunakan masih dilakukan secara manual sehingga mengakibatkan tingginya biaya transportasi, sebab penilaian subjektif perusahaan digunakan untuk memilih tujuan barang yang dikirim melalui rute tersebut.

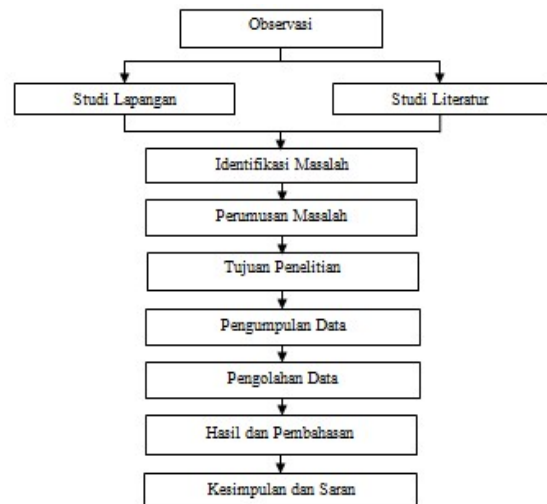
Maka dari itu, berdasarkan permasalahan yang dialami, PT. Logistik Ekspresindo Utama dapat diklasifikasikan permasalahan rute kendaraan atau dikenal dengan *Vehicle Routing Problem (VRP)* yang dicirikan oleh jumlah dan jenis kendaraan dengan kapasitas yang bervariasi atau dikenal sebagai *Heterogenous Fleet Vehicle (HFV)* dan batasan waktu pengiriman atau *Time Window (TW)* (Nurchayoh, Alias, & Shamsuddin, 2002) (Cahyaningsih, 2015). Oleh karena itu, studi ini akan mengkaji optimalisasi pengiriman barang dalam suatu rentang waktu, dengan mempertimbangkan jumlah moda transportasi, waktu, dan biaya pengiriman untuk mengidentifikasi cara yang lebih efektif untuk mengurangi keterlambatan pengiriman barang dan biaya transportasi PT. Logistik Ekspresindo Utama Medan.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan rancangan rute yang optimal dalam pendistribusian barang menggunakan *Mixed Integer Linear Programming*.
2. Untuk mengetahui perbandingan total biaya distribusi barang saat ini dan total biaya distribusi barang yang optimal menggunakan *Mixed Integer Linear Programming*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian penelitian merupakan langkah - langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk menyelesaikan permasalahan sehingga penelitian lebih terarah dan tujuan penelitian ini tercapai dengan langkah - langkah seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah Metode Penelitian

Uraian dari alur metode penelitian sebagai berikut : **Observasi**

Penelitian dimulai dengan melakukan observasi langsung untuk mengetahui permasalahan yang ada.

Studi Lapangan

Kegiatan ini mengamati objek untuk memperoleh data primer dan data sekunder dengan melihat langsung proses pendistribusian barang dan wawancara dengan karyawan.

Studi Literatur

Studi literatur adalah tahap pengkajian teori-teori yang terkait dengan permasalahan.

Identifikasi Masalah

Setelah dilakukan observasi selanjutnya adalah melakukan identifikasi permasalahan yang terdapat pada objek penelitian.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah digunakan agar peneliti dan pengguna hasil penelitian mempunyai pandangan yang sama terhadap penelitian yang dihasilkan.

Tujuan Penelitian

Pada tahap ini ditentukan tujuan yang akan dicapai melalui penelitian yang dilakukan yaitu optimalisasi yang lebih efisien untuk meminimasi keterlambatan pengiriman barang.

Pengumpulan Data

Data - data yang dikumpulkan peneliti untuk mendukung penelitian ini yaitu data wilayah pengiriman, data tanggal order release dan deadline order permintaan, data kapasitas, jumlah armada, data biaya pengiriman, biaya pekerja, biaya bahan bakar kendaraan, data rute umum distribusi, dan waktu pelayanan.

Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang telah terkumpul akan diolah dan dianalisis dengan menggunakan metode yang telah ditentukan serta melakukan evaluasi dari data yang telah diolah berdasarkan metode *Mixed Integer Linear Programming*.

Hasil dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan mengarah pada tujuan penelitian dan akan menjawab pertanyaan pada rumusan masalah.

Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan, dimana telah diperoleh kesimpulan dan alternatif yang sesuai untuk objek penelitian. Memberikan saran untuk bahan pertimbangan objek penelitian dan pembaca atau penulis lain sebagai referensi.

Pengolahan Data

Perhitungan Waktu Tempuh Existing

Penentuan rute dalam distribusi yang dilakukan PT. Logistik Ekspresindo Utama Medan saat ini masih berdasarkan subjektivitas perusahaan. Waktu tempuh adalah waktu yang dibutuhkan untuk memulai perjalanan dari satu titik ke titik berikutnya. Dalam penelitian ini, waktu tempuh ditentukan dengan menghitung kecepatan kendaraan dan jarak antar titik. Sehingga waktu tempuh adalah pembagian dari kecepatan kendaraan dengan jarak tempuh. Berdasarkan hasil wawancara dengan operator yang melakukan pengiriman kecepatan rata-rata kendaraan yang digunakan adalah 40 km/jam. Kecepatan rata-rata tersebut diasumsikan sama ketika kendaraan membawa muatan ataupun dalam keadaan kosong. Hasil perhitungan menunjukkan waktu tempuh dalam keadaan lancar atau tidak dalam kondisi

kemacetan lalu lintas.

Tujuan perhitungan waktu tempuh adalah untuk mengetahui berapa banyak waktu yang akan dihemat, sehingga dapat diasumsikan bahwa kepadatan lalu lintas harian pada kecepatan kendaraan konstan adalah normal. Jarak dan waktu tempuh pada kondisi saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jarak dan Waktu Tempuh *Existing*

Rute	Urutan Jalur	Jarak Tempuh (Km)	Kecepatan Kendaraan	Waktu Tempuh (Jam)
1	1 → 13 → 15 → 25 → 1	842	40 km/jam	21,05
2	1 → 14 → 12 → 20 → 1	461		11,52
3	1 → 2 → 21 → 3 → 4 → 5 → 1	372		9,3
4	1 → 22 → 10 → 11 → 23 → 9 → 24 → 1	799		19,97
5	1 → 17 → 6 → 7 → 8 → 1	911		22,77
6	1 → 19 → 18 → 17 → 1	1241		31,02
Total		4626		115,63

Perhitungan jarak dan waktu tempuh rute existing untuk rute 1 dapat diketahui sebagai berikut :

- Jarak Medan (1) ke Binjai (13) = 20 km
Jarak Binjai (13) ke Stabat (15) = 23 km
Jarak Stabat (15) ke Aceh (25) = 379 km
Jarak Aceh (25) ke Medan (1) = 420 km
- Total jarak tempuh = 20 km + 23 km + 379 km + 420 km = 842 km
- Waktu tempuh rute 1 = $\frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan}} = \frac{842}{40} = 21,05$ jam.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui total jarak yang harus ditempuh untuk memenuhi semua wilayah pengiriman adalah sebesar 4569 km dengan kecepatan rata-rata kendaraan konstan yaitu 40 km/jam dan waktu tempuh total dari semua rute yang dihasilkan adalah sebesar 114,21 jam. Waktu tempuh tersebut merupakan waktu tempuh yang dilalui kendaraan dari satu ke beberapa wilayah. Sedangkan waktu tempuh yang digunakan adalah waktu tempuh total dari setiap rute termasuk dengan waktu unloading barang dan waktu istirahat serta pergantian operator kendaraan ketika melakukan pengiriman lebih dari jam kerja.

Perhitungan Biaya Distribusi Existing

Penentuan rute pengiriman produk menuju wilayah distribusi selama ini ditentukan oleh perusahaan. Setiap kendaraan mengirimkan produk dari PT. Logistik Ekspresindo Utama Medan menuju masing-masing wilayah distribusi.

Tabel 3 Biaya Distribusi Existing

Rute	Rute	Jarak Tempuh (Km)	Waktu Tempuh (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp)	Biaya Bahan Bakar (Rp)	Total Biaya Transportasi (Rp)
1	1 → 13 → 15 → 25 → 1	842	21,05	204.200	1.052.500	1.256.700
2	1 → 14 → 12 → 20 → 1	461	11,52	204.200	576.250	780.450
3	1 → 2 → 21 → 3 → 4 → 5 → 1	372	9,3	204.200	465.000	669.200
4	1 → 22 → 10 → 11 → 23 → 9 → 24 → 1	799	19,97	204.200	998.750	1.202.950
5	1 → 17 → 6 → 7 → 8 → 1	911	22,77	204.200	1.138.750	1.342.950
6	1 → 19 → 18 → 17 → 1	1241	31,02	204.200	1.551.250	1.755.450
Total Biaya Distribusi						7.007.700

Berdasarkan Tabel 3 waktu tempuh diperoleh dari perhitungan waktu tempuh dan kecepatan rata-rata. Biaya bahan bakar/km merupakan biaya konsumsi bahan bakar tiap kendaraan untuk menempuh jarak 1 km. Contoh perhitungan biaya transportasi existing untuk rute 1 adalah sebagai berikut :

1. Biaya Tenaga Kerja = Rp. 204.200,00
2. Biaya Bahan Bakar = Jarak tempuh (km) x biaya bahan bakar/km
= 842 km x Rp. 1.250,00
= Rp. 1.052.500
3. Total Biaya Distribusi = Biaya tenaga kerja + Biaya bahan bakar
= Rp. 204.200,00 + Rp. 1.052.500,00
= Rp. 1.256.700

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa total biaya distribusi dengan rute saat ini adalah sebesar **Rp. 7.007.700,00**. Total biaya ini yang nantinya akan dibandingkan dengan total biaya distribusi dengan *Linear Programming*.

Model Matematis Dengan Model Mixed Integer Linear Programming

Sebelum menggunakan pemrograman linier untuk mengolah data, terlebih dahulu harus diketahui rumusan model matematikanya. Hal ini meliputi penentuan variabel keputusan, kemudian menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala untuk mendapatkan aliran distribusi terbaik. Rumusan matematika dalam penelitian ini didasarkan pada model acuan yang diajukan oleh (Kallehauge, 2001). Tujuan formulasi model dalam penelitian ini adalah untuk meminimasi biaya distribusi. Berikut ini merupakan indeks dan parameter yang digunakan dalam pembuatan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala.

1. Indeks
Berikut ini merupakan indeks yang akan digunakan dalam penelitian ini.

ij = indeks yang menyatakan lokasi wilayah distribusi

Indeks ij di atas dinyatakan dalam bentuk node dan dalam penelitian ini terdapat 25 *node*. *Node* 1 menyatakan PT. Logistik Ekspresindo Utama Medan untuk pusat distribusi dan *node* lain sebagai wilayah distribusi. Nomor *node* yang digunakan adalah urut dari 1 - 25.

Tabel 4 Nomor Node Pusat dan Wilayah Distribusi

Node	Kota	Kode	No Node	Kota	Medan
1	Medan	M	14	Kabanjahe	KJ
2	Lubuk Pakam	LP	15	Stabat	ST
3	Tabing Tinggi	TT	16	Balige	BG
4	Pematang-siantar	PS	17	Penyabungan	PYB
5	Parapat	PT	18	Sibuhuan	SH
6	Tarutung	TT	19	Gunung Tua	GT
7	Sibolga	SG	20	Salak	SL
8	Padang-sidempuan	PSD	21	Sei Rampah	SR
9	Rantau Prapat	RT	22	Lima Puluh	LPH
10	Kisaran	KS	23	Aek Kanopan	AK
11	Tanjungbalai	TB	24	Kota Pinang	KP
12	Sidikalang	SG	25	Aceh	A
13	Binjai	B			

2. Parameter
Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 i = indeks sumber, $N = 1,2,\dots,25$, $N = 1$, node Medan, $N \neq 1$, Node Tujuan
 j = indeks tujuan, $N = 1,2,\dots,25$, $N = 1$, node Medan, $N \neq 1$, Node Tujuan
 k = armada, $V = 1,2,\dots,8$
 C_{ijk} = biaya untuk menempuh sumber i ketujuan j menggunakan armada k
 B_k =biaya bahan bakar perkilometer
 D_{ij} = jarak tempuh sumber i ketujuan j
 Q_k = kapasitas dari setiap armada
 X_{ij} = bernilai 1 jika titik j dikunjungi setelah i bernilai 0 jika titik j tidak dikunjungi setelah i

3. Variabel Keputusan
Dalam penelitian inivariabel keputusan yang digunakan adalah urutan kunjungan yang dimulai dari PT. Logistik Ekspresindo Utama Medan menuju wilayah distribusi. Variabel keputusan ini bernilai biner (0/1) yang dinyatakan dengan simbol x_{ij} dimana i merupakan titik asal, j merupakan titik tujuan tepat setelah i .
 $x_{ij} = 0$ Jika titik j tidak dikunjungi setelah titik i
 1 Jika titik j dikunjungi setelah titik i

4. Fungsi Tujuan dan Kendala

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in V} C_{ijk} X_{ijk} \quad (1)$$

Dibatasi oleh:

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} = 1 \text{ untuk } k \in V, j \neq i \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} x_{iik} = 1 \text{ untuk } k \in V, i \neq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ihk} - \sum_{j \in N} x_{jhk} = 0 \text{ untuk } k \in V,$$

$$h \in N, h \neq 1, h \neq j, h \neq i \quad (4)$$

$$i \sum_{j \in N} Y_i \sum_{k \in V} X_{ijk} \leq Qk \text{ untuk } k \in V,$$

$$i \neq j \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i,j=1,2,3,\dots,25; i \neq j \quad (6)$$

Persamaan (1) fungsi tujuan pendistribusian. Persamaan (2) semua armada berangkat dari PT. LEU. Persamaan (3) semua armada kembali ke PT. LEU. Persamaan (4) rute yang continue. Persamaan (5) kapasitas armada. Persamaan (6) penentuan variable keputusan.

Langkah pertama dalam menemukan solusi terbaik untuk program linear yang telah dibentuk melalui model matematika adalah menulis model matematika dalam LINGO 20.0. Semua data, fungsi tujuan, dan fungsi kendala yang telah didefinisikan sebelumnya diubah menjadi tata bahasa program yang sesuai dengan bahasa LINGO 20.0. Program tersebut dapat dilihat pada gambar 2.

```
MODEL:
!1 MEDAN 24 TUJUAN
NODE 1=MEDAN
NODE 2=LUBUK PAKAM
NODE 3=TEBING TINGGI
NODE 4=PEMATANG SIANTAR
NODE 5=PARAPAT
NODE 6=TARUTUNG
NODE 7=SIBOLGA
NODE 8=PADANG SIDEMPUAN
NODE 9=RANTAU PRAPAT
NODE 10=KISARAN
NODE 11=TANJUNG BALAI
NODE 12=SIDIKALANG
NODE 13=BINJAI
NODE 14=KABANJAHE
NODE 15=STABAT
NODE 16=BALIGE
NODE 17=PENYABUNGAN
NODE 18=SIBUHUAN
NODE 19=GUNUNG TUA
NODE 20=SALAK
NODE 21=SEI RAMPAH
NODE 22=LIMA PULUH
NODE 23=AEKANOPAN
NODE 24=KOTA PINANG
NODE 25=ACEH;
```

Gambar 2. Hasil Input Pada Software LINGO

```
SETS:
!Y = Jumlah Pengiriman Setiap Tujuan;
Node /1..25/:Y;

!B = Biaya bahan bakar per kilometer;
!Q = Kapasitas armada k;
ARMADA /1..6/:Q,B;

!D = Matriks jarak i ke j;
!C = Biaya Transportasi;
!X = Variabel biner yang menandakan rute (i,j) dikunjungi;
JARAK (Node, Node):D;
RUTE (Node, Node, ARMADA):X,C;

ENDSETS

DATA:
Y = 0 500 450 400 700 1400 1600 2000 500 400 450
2000 1000 2000 500 1500 2500 2000 2000 2500 450
350 300 500 1000;
Q = 2500 2500 2500 6500 6500 6500;
B = 1250 1700 1250 1250 1700 1700;
D =
```

Gambar 3. (Lanjutan dari Gambar 2)

0	27	81	128	186	204	382	448	282	180	208	20	153	78	43	238	521	495	427	193	63	121	219	342	432
29	0	52	99	157	265	353	419	259	151	180	63	182	107	72	216	492	466	396	222	54	92	190	313	466
31	52	0	47	105	213	301	367	207	79	107	83	176	199	124	164	440	414	344	216	18	40	138	203	143
128	99	47	0	58	168	254	320	238	89	117	156	126	98	171	117	393	367	297	169	65	50	148	271	558
186	157	105	58	0	108	196	262	275	147	175	203	187	156	229	59	338	309	239	227	123	108	206	329	503
204	265	213	168	108	0	88	182	217	295	285	312	352	264	337	49	227	203	131	192	231	216	337	214	543
382	353	301	254	196	88	0	88	307	345	373	374	207	352	425	137	161	240	170	247	319	304	376	253	606
448	419	367	320	262	112	88	0	199	327	355	421	295	376	425	161	73	152	82	335	385	328	288	165	652
208	259	207	245	275	217	307	199	0	148	156	109	441	366	331	960	272	207	137	481	225	167	69	54	712
180	151	79	110	147	257	345	327	128	0	28	181	333	258	223	206	400	335	265	374	117	98	59	182	584
208	189	107	138	175	285	373	355	156	28	0	203	361	286	251	234	428	363	293	401	145	126	87	210	606
29	63	83	156	203	312	374	421	309	181	203	0	156	82	23	262	488	465	416	317	56	143	245	363	411
153	182	176	129	187	352	207	295	441	333	361	156	0	75	196	149	379	447	348	49	216	274	372	431	401
78	107	159	98	156	264	352	376	336	187	215	82	75	0	121	215	599	465	395	115	141	399	397	420	404
43	72	124	173	239	337	425	491	271	223	251	23	186	121	0	231	561	538	468	256	164	341	382	352	352
245	216	164	117	59	49	137	161	360	206	234	262	149	215	288	0	276	313	243	189	175	167	265	326	539
521	492	440	393	335	227	161	73	272	400	428	488	379	599	564	276	0	225	155	419	458	443	218	720	720
495	466	414	367	309	201	140	52	307	335	363	365	417	655	538	313	225	0	70	487	432	417	266	315	717
425	396	344	297	239	131	170	82	137	265	293	416	348	395	468	243	155	70	0	388	362	347	206	83	681
193	232	216	169	227	102	247	335	481	274	401	317	40	115	236	189	419	487	388	0	259	219	412	471	402
63	34	18	65	123	218	319	385	225	117	145	86	216	141	186	175	458	432	362	256	0	58	156	279	489
121	92	40	50	108	216	304	328	167	98	126	143	274	189	164	167	443	417	347	216	58	0	157	221	546
219	190	138	148	256	337	376	288	69	59	87	245	372	297	341	365	341	266	206	412	156	157	0	123	648
342	313	261	271	329	214	253	165	51	182	210	363	431	420	382	326	238	235	83	471	279	221	123	0	766
432	466	411	558	503	513	606	652	712	584	606	411	601	401	392	539	720	717	681	102	459	546	648	766	81

Gambar 4. (Lanjutan dari Gambar 2) (tampilan besar ada di Lampiran setelah daftar pustaka)

```
ENDDATA

!nilai Cijk;
@FOR (ARMADA (K) :
@FOR (Node (I) :
@FOR (Node (J) | J#NE#I :
C(I, J, K) = B(K) * D(I, J)););

!fungsi objektif;
MIN = @SUM (Node (I) :
@SUM (Node (J) | J#NE#I :
@SUM (ARMADA (K) : C(I, J, K)*X(I, J, K))););

!Kendala 1 Semua armada berangkat dari LEU;
@FOR ( ARMADA ( K) :
@SUM ( NODE ( J) | J#NE#I :
X(1, J, K) = 1);

!Kendala 2 Semua armada pulang ke LEU;
@FOR ( ARMADA ( K) :
@SUM ( NODE ( J) | J#NE#1 :
X( I, 1, K) = 1);

!Kendala 3 kekontinuan rute;
@FOR ( ARMADA ( K) :
@FOR ( Node ( H) | H #GT# 1 :
@SUM ( Node ( J) | H #NE# J :
X( J, H, K)
-
@SUM ( Node ( J) | H #NE# J :
X( H, J, K) = 0););

!Kendala 5 kapasitas armada;
@FOR ( ARMADA ( K) :
@SUM ( Node ( J) | I#NE#J :
Y ( I) * X ( I, J, K) <= L(J)););

!kendala 6, X(I, J, K) biner;
@FOR ( Node ( I) :
@FOR ( Node ( J) | I#NE#J :
@FOR ( ARMADA ( K) :
@BIN ( X ( I, J, K) )););
```

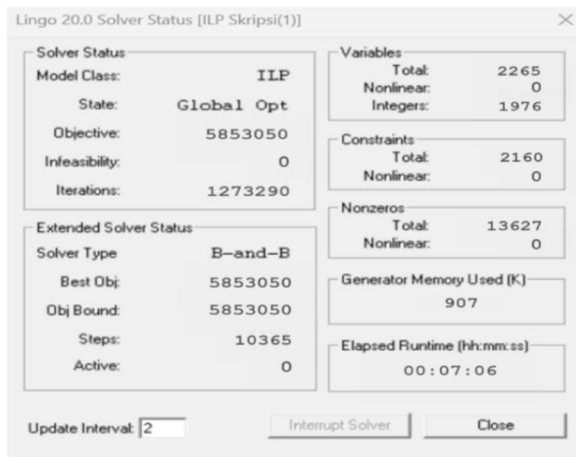
Gambar 6. (Lanjutan dari Gambar 2)

Dengan memasukkan fungsi tujuan dan kendala – kendala yang telah dibentuk, maka model tersebut dapat diolah dengan solver yang ada pada LINGO 20.0 dan dengan adanya solver tersebut maka model matematis yang telah dituliskan ke dalam LINGO 20.0 akan mencari solusi optimal dari seluruh elemen model matematis yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelesaian Model Linear Programming

Penyelesaian masalah distribusi ini dilakukan dengan bantuan software LINGO 20.0 Unlimited Version. Hasil solver status software Lingo 20.0 dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Hasil solver status software LINGO 20

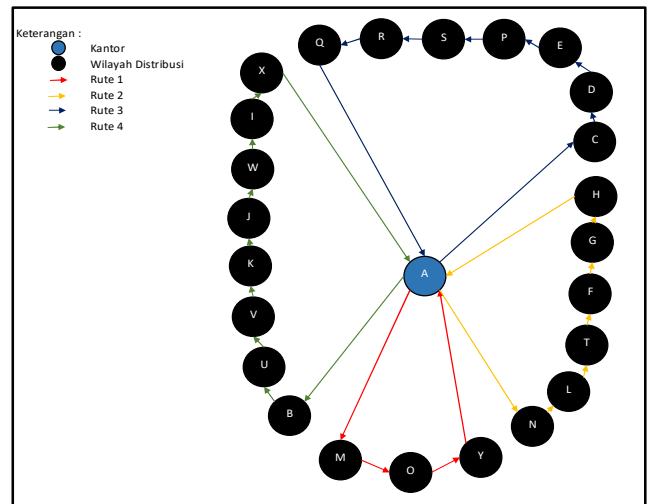
Gambar 7 merupakan hasil solver status dari software LINGO 20.0. Solusi yang diperoleh dari model ini merupakan solusi optimal. Total biaya transportasi sebesar **Rp 5.853.050**. Waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh solusi tersebut 7,06 menit. Untuk memperoleh solusi yang optimal tersebut diperlukan iterasi sebanyak 1.273.290 kali. Variabel dalam model ini sebanyak 1.976 variabel dan diantaranya adalah variabel keputusan sebanyak 2.025 sementara konstrain sebanyak 2.160 buah. Penyelesaian model Linear Programming dilakukan menggunakan software karena jumlah iterasi, variabel, dan constraint yang banyak.

Selanjutnya untuk menentukan rute yang optimal dilakukan pengelompokkan rute dengan Nearest Neighbor. Adapun hasil penyelesaian rute selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rute Usulan

Rute	Urutan Jalur	Jarak (Km)
1	1→13→15→25→1	842
2	1→14→12→20→6→7→8→1	1084
3	1→3→4→5→16→19→18→17→1	1304
4	1→2→21→22→10→11→23→9→24→1	799

Model struktur yang menggambarkan sistem distribusi model Mixed Integer Linear Programming dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Model Struktur Rute MILP

Berdasarkan Gambar 4.4 rute distribusi yang ditempuh berdasarkan hasil nearest neighbor dan linear programming adalah 4 (empat) rute. Sehingga dengan rute usulan dapat menghemat jumlah kendaraan yang digunakan.

Perhitungan Waktu Tempuh Model Mixed Integer Linear Programming

Setelah memperoleh rute baru selanjutnya dihitung jarak dan waktu tempuh dari rute yang dihasilkan tersebut. Jarak dan waktu tempuh model Mixed Integer Linear Programming dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jarak dan Waktu Tempuh Model MILP

No.	Rute	Jarak Tempuh (Km)	Kecepatan Armada	Waktu Tempuh (Jam)
1	1→13→15→25→1	842	40km/jam	21,05
2	1→14→12→20→6→7→8→1	1084		27,1
3	1→3→4→5→16→19→18→17→1	1304		32,6
4	1→2→21→22→10→11→23→9→24→1	799		19,97
Total		4029		100,72

Perhitungan jarak dan waktu tempuh rute model Mixed Integer Linear Programming untuk rute 1 dapat diketahui sebagai berikut:

- Jarak Medan (1) ke Binjai (13) = 20 km
- Jarak Binjai (13) ke Stabat (15) = 23 km
- Jarak Stabat (15) ke Aceh (25) = 379 km
- Jarak Aceh (25) ke Medan (1) = 420 km
- Total jarak tempuh = 20 km + 23 km + 379 km + 420 km = 842 km
- Waktu tempuh rute 1 = $\frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan kendaraan}} = \frac{842}{40} = 21,05 \text{ jam.}$

Pada Tabel 6 menunjukkan total jarak yang harus ditempuh untuk memenuhi semua pengiriman barang adalah 4029 km. Dengan kecepatan konstan sebesar 40 km/jam maka total waktu tempuhnya adalah 100,72 jam untuk total semua rute yang ada.

Perhitungan Lama Waktu Pengiriman

Dari hasil penentuan rute maka dilakukan perhitungan waktu untuk lamanya pengiriman sehingga dapat mengurangi bahkan menghilangkan resiko keterlambatan pengiriman barang. Adapun perhitungan waktu pengiriman adalah sebagai berikut :

Perhitungan waktu total adalah sebagai berikut :
 Waktu Pengiriman = Waktu Perjalanan Total + Waktu Pelayanan Total + Allowance
 Waktu perjalanan total = $\frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan kendaraan}}$
 Waktu pelayanan total = Waktu Loading + Waktu Unloading Total
 Waktu unloading total = $\sum \text{waktu unloading tiap wilayah}$
 Allowance sebesar 20 % = 1 + 0,2 = 1,2
 Maka untuk rute 1 lama waktu pengiriman :
 Waktu tempuh rute 1 = $\frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan kendaraan}} = \frac{842}{40} = 21,05 \text{ jam.}$
 Waktu unloading total = N13 + N15 + N25 = 30 + 30 + 30 = 90 menit = 1,5 jam
 Waktu Loading = 40 menit = 0,67 jam
 Waktu Pelayanan Total = 1,5 jam + 0,67 jam = 2,17 jam
 Waktu Pengiriman = (Waktu Perjalanan Total + Waktu Pelayanan Total) x Allowance = (21,05 + 2,17) x 1,2 = 27,86 jam

Dengan menggunakan rumus yang sama maka waktu pengiriman untuk 4 rute yang diusulkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Waktu Pengiriman

Rute	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh (Jam)	Waktu Pelayanan (Jam)	Allowance	Waktu Pengiriman (Jam)
1	842	21,05	2,17	1,2	27,86
2	1.084	27,10	3,67	1,2	36,92
3	1.304	32,60	4,17	1,2	44,12
4	799	19,98	4,67	1,2	29,57

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa waktu pengiriman yang standar dalam pendistribusian barang untuk sekali jalan.

Analisis Perbandingan Rute dan Model Struktur Pendistribusian Barang

Dalam penentuan rute distribusi yang optimal jarak tempuh sangat berpengaruh karena semakin banyak rute maka semakin banyak pula armada yang digunakan. Tabel 8 merupakan hasil

perbandingan rute distribusi *existing* dan rute distribusi yang optimal dengan model *mixed integer linear programming*.

Tabel 8 Perbandingan rute existing dan MILP

No	Rute Existing	Total Jarak (Km)	No	Rute Usulan	Total Jarak (Km)
1	1 → 13 → 15 → 25 → 1	842	1	1 → 13 → 15 → 25 → 1	842
2	1 → 14 → 12 → 20 → 1	461	2	1 → 14 → 12 → 20 → 6 → 7 → 8 → 1	1084
3	1 → 2 → 21 → 3 → 4 → 5 → 1	372	3	1 → 3 → 4 → 5 → 16 → 19 → 18 → 17 → 1	1304
4	1 → 22 → 10 → 11 → 23 → 9 → 24 → 1	799	4	1 → 2 → 21 → 22 → 10 → 11 → 23 → 9 → 24 → 1	799
5	1 → 17 → 6 → 7 → 8 → 1	918			
6	1 → 19 → 18 → 17 → 1	1241			
	Total Jarak (Km)	4626		Total Jarak (Km)	4029

Pada Tabel 8 diatas perbedaan urutan rute akan menyebabkan perbedaan jarak tempuh dan total biaya pengiriman. Perbedaan rute *existing* dan rute hasil *linear programming* adalah pada jumlah rute yang dilalui, total jarak yang ditempuh dan jumlah penggunaan kendaraan. Pada rute *existing* terdapat 6 rute yang berbeda dimana kendaraan yang otomatis menggunakan 6 kendaraan dan total jarak yang ditempuh sejauh 4626 km, sedangkan pada rute hasil *mixed integer linear programming* jumlah rute yang dikunjungi adalah 4, sehingga jumlah kendaraan yang digunakan juga 4 dan jarak tempuh sejauh 4029 km. Dari hasil tersebut perusahaan dapat menghemat penggunaan kendaraan sebanyak 2 kendaraan dan menghemat jarak tempuh sebanyak 597 km atau 12,90 %.

Analisis Perbandingan Biaya Distribusi

Biaya transportasi yang dikeluarkan dipengaruhi oleh jarak tempuh yang dilalui oleh kendaraan ke masing-masing tujuan. Dari pengolahan data yang dilakukan, maka dapat diketahui perbandingan biaya transportasi *existing* dan setelah menggunakan metode *Mixed Integer Linear Programming*. Perbandingan biaya transportasi ini dilakukan untuk mengetahui selisih atau penghematan biaya transportasi. Tabel 9 merupakan hasil perbandingan biaya distribusi *existing* dan biaya distribusi yang optimal dengan *mixed integer linear programming*.

Tabel 9 Perbandingan biaya distribusi existing dan MILP

Keterangan	Existing	Optimal	Selisih	Persentase Penghematan (%)
Biaya Distribusi (Rp)	7.007.700	5.853.050	1.154.650	16,47

Persentase penurunan biaya distribusi dapat diformulasikan sebagai berikut :
 Persentase penurunan biaya distribusi

$$= \frac{\text{selisih biaya}}{\text{biaya existing}} \times 100\%$$

$$= \frac{7.007.700 - 5.853.050}{7.007.700} \times 100\%$$

$$= \frac{1.154.650}{7.007.700} \times 100\% = 0,1647 \times 100\% = 16,47\%$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, biaya distribusi dari Tabel dapat dilihat bahwa kendaraan yang direncanakan masing-masing memiliki biaya distribusi. Biaya distribusi sangat dipengaruhi kepada jarak tempuh yang lebih singkat dan jumlah rutenya. Adapun biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan pada saat ini sebesar Rp. 7.007.700,00 untuk 6 rute, sedangkan dengan usulan perbaikan biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 5.853.050,00 untuk 4 rute, sehingga perusahaan dapat menghemat biaya distribusi sebesar Rp 1.154.650,00 atau sebesar 16,47 %.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, biaya distribusi dengan rute baru hasil optimasi mengalami penurunan sebesar Rp. 1.154.650 atau 16,47% dibandingkan dengan rute *existing*. Kondisi optimal adalah meminimasi jarak tempuh yang berpengaruh pada biaya transportasi dari masing-masing kendaraan. Sementara model *existing* hanya menggunakan subjektifitas operator perencanaan distribusi untuk menentukan rute dari setiap kendaraan.

Pada rute model *existing* total jarak tempuh sebesar 4626 km dan total jarak tempuh pada rute model *Mixed Integer Linear Programming* sebesar 4029 km sehingga biaya transportasi rute model *existing* lebih mahal dibandingkan dengan biaya transportasi rute model *Mixed Integer Linear Programming*.

Analisis Waktu Distribusi

Waktu distribusi sangat mempengaruhi reputasi perusahaan, untuk itu waktu distribusi harus dioptimalkan sehingga barang yang dikirim tepat waktu sehingga dapat mengurangi bahkan menghilangkan resiko keterlambatan pengiriman barang. Tabel 10 merupakan hasil perbandingan waktu distribusi *existing* dan waktu yang optimal dengan model *mixed integer linear programming*.

Tabel 10. Perbandingan Waktu Distribusi Existing dan MILP

Rute Existing	Total Jarak (Km)	Waktu Tempuh (Jam)	Rute Usulan	Total Jarak (Km)	Waktu Tempuh (Jam)
1	842	21,05	1	842	21,05
2	461	11,52	2	1084	27,1
3	372	9,3	3	1304	32,6
4	799	19,97	4	799	19,98
5	918	22,77			
6	1241	31,02			
Total Waktu Tempuh		115,63			100,73

Perhitungan waktu tempuh rute *existing* untuk rute 1 dapat diketahui sebagai berikut :

$$\text{Waktu tempuh rute 1} = \frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Kecepatan kendaraan}}$$

$$= \frac{842}{40} = 21,05 \text{ jam.}$$

Persentase penurunan waktu distribusi dapat diformulasikan sebagai berikut :

Persentase penurunan waktu distribusi

$$= \frac{\text{selisih waktu}}{\text{waktu existing}} \times 100\%$$

$$= \frac{100,73 - 115,63}{115,63} \times 100\%$$

$$= \frac{14,9}{115,63} \times 100\% = 0,1647 \times 100\% = 16,47\%$$

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui total waktu tempuh *existing* sebesar 115,63 jam, sedangkan dengan waktu tempuh model *mixed integer linear programming* sebesar 100,73 jam. Sehingga perusahaan dapat menghemat waktu tempuh sebesar 14,9 jam atau sebesar 16,47%. Waktu tempuh tersebut adalah waktu tempuh yang dilalui kendaraan dari masing-masing wilayah. Sedangkan waktu tempuh yang digunakan sudah termasuk waktu yang dihabiskan untuk *unloading* barang, istirahat, dan pergantian supir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasannya mengenai penentuan rute distribusi menggunakan *Linear Programming* terdapat beberapa kesimpulan, antara lain :

- Penggunaan *Linear Programming* dapat memberikan usulan rute distribusi sebagai berikut :
 - Rute 1 : Medan → Binjai → Stabat → Aceh
 - Rute 2 : Medan → Kabanjahe → Sidikalang → Salak → Tarutung → Sibolga → Padang Sidempuan → Medan
 - Rute 3 : Medan → Tebing Tinggi → Pematang Siantar → Parapat → Balige → Gunung Tua → Sibuhuan → Panyabungan
 - Rute 4 : Medan → Lubuk Pakam → Sei Rampah → Lima Puluh → Kisaran → Tanjung Balai → Aek Kanopan → Rantau Prapat → Kota Pinang.
- Biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan pada saat ini sebesar Rp. 7.007.700,00 untuk 6 rute, sedangkan biaya distribusi model *Linear Programming* yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp 5.853.050,00 untuk 4 rute. Dengan rute baru hasil optimasi biaya distribusi mengalami penurunan sebesar Rp 1.154.650,00 atau sebesar 16,48 %, jarak tempuh dapat diperpendek sebesar 604 km atau 13,04 % dalam satu kali pendistribusian.

Terdapat sejumlah perbedaan antara kondisi distribusi yang direncanakan dan yang sebenarnya saat membuat rute distribusi barang. Jalur sirkulasi barang yang sedang berjalan masih kurang efektif dan produktif karena adanya penundaan dalam pengangkutan produk atau pengangkutan barang yang kurang baik, sehingga diperlukan usulan konfigurasi jalur distribusi yang ideal dengan mempertimbangkan jarak yang tersedia sehingga distribusi barang dapat dilakukan dengan lebih nyata dan efektif. Pertimbangan waktu dan biaya berperan dalam menentukan rute yang direncanakan atau diusulkan.

Rute hasil model *mixed integer linear programming* dianggap optimal dalam meminimumkan jarak tempuh kendaraan. Bergantung pada jarak tempuh total, setiap kendaraan memerlukan biaya variabel yang berbeda. Berdasarkan pertimbangan tersebut terbukti bahwa rute hasil model *mixed integer linear programming* mampu menghasilkan rute pengiriman dengan pengelompokan wilayah distribusi, pengurutan pelayanan wilayah distribusi dalam satu rute, dan pengurutan pelayanan rute oleh satu kendaraan yang menghasilkan total waktu pengiriman antar kendaraan lebih minimal.

Dari beberapa sumber pustaka juga telah membuktikan hal tersebut seperti:

1. (Savitri, 2017) yang menyatakan bahwa model Mixed Integer Linear Programming mampu menurunkan jarak tempuh dan biaya bahan bakar.
2. (Nurmalatya, 2017) yang menyatakan bahwa model matematis Integer Linear Programming menunjukkan pengiriman dapat dilakukan dalam rentang waktu yang lebih cepat dengan memaksimalkan armada yang ada sehingga tidak terjadi keterlambatan serta dapat mereduksi biaya investasi.
3. (Pangestu, 2018) yang menyatakan bahwa yang menyatakan bahwa Mixed Integer Linear Programming mampu menurunkan jarak tempuh dan biaya distribusi.
4. (Zaharuddin & Hidayati, 2019) yang menyatakan bahwa moda transportasi dengan metode optimasi tangguh memiliki fungsi tujuan meminimasi biaya transportasi untuk memenuhi target distribusi.

Sebagai penutup artikel ini, ada beberapa rekomendasi yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pendistribusian produk. Pertama, perusahaan perlu memperhatikan proses pendistribusian produknya agar biaya yang dikeluarkan tidak terlalu besar, sehingga tidak

terjadi pemborosan dalam segi waktu dan biaya. Selanjutnya, perusahaan perlu membuat dan mencoba penjadwalan proses pendistribusian sesuai dengan hasil penelitian selama satu tahun ke depan. Langkah ini penting untuk meminimalkan kesalahan dalam pengiriman produk, mengurangi jarak tempuh, menekan biaya distribusi, dan menghemat waktu pengiriman.

Selain itu, perusahaan perlu mengembangkan sistem pendukung keputusan yang dapat mempermudah penerapan hasil penelitian secara langsung di lapangan. Dalam pengembangan sistem ini, faktor kepadatan lalu lintas harus dipertimbangkan agar sistem yang dibuat lebih realistis dan aplikatif. Penelitian selanjutnya juga dapat mempertimbangkan strategi distribusi dengan metode lain, seperti penggunaan jasa pengiriman untuk proses distribusi produk. Dengan demikian, perusahaan dapat mengoptimalkan proses distribusi, meningkatkan efisiensi, dan mencapai penghematan biaya serta waktu yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- BowerSox. (1996). *Manajemen Logistik, Integrasi Sistem-Sistem Manajemen Distribusi Fisik dan Manajemen Material*. Bumi Aksara.
- Cahyaningsih, S. E. (2015). Penyelesaian CVRP Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Optimasi Rute Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). In *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Harlow: Pearson Education.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2010). Strategy, Planning, and Operation. In *Supply Chain Management: New Jersey*: Prentice Hall.
- Dimiyati. (2004). *Operation Research*. Sinar Baru Algensindo.
- Kallehauge. (2001). Lagrangian Duality Applied To The Vehicle Routing Problem With Time Windows. In *Computer And Operation Research* . 33rd Ed.
- Nurchahyo, G. W., Alias, R., & Shamsuddin, S. & (2002). In *Sweep Algorithm in Vehicle Routing Problem For Public Transport* (pp. 51-64). Antara Bangsa.

- Nurmalatya, N. (2017). Optimasi Penentuan Jumlah Truk dan Penjadwalan Pengiriman Beras Raskin Dengan Data Penunjang Dari Sistem Informasi Geografis (Sig) Pada Perum Bulog Sub Drive Surabaya Utara.
- Pangestu, A. (2018). Penyelesaian VRPTW Distribusi Tissue Galon Air Mineral PT. Cool Clean Malang Menggunakan Algoritma Sweep dan MILP.
- Purnomo, H. (2004). *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*. Penerbit Graha Ilmu.
- Savitri, H. (2017). Pemodelan VRPTW Untuk Mengoptimasi Rute Distribusi Produk Sari Roti dengan Metode Algoritma Sweep dan Mixed Integer Linear Programming .
- Tjutju, T. (1994). Model - Model Pengambilan Keputusan. In *In Operation Research*.
- Zaharuddin, & Hidayati, J. (2019). Optimalisasi Moda Transportasi Dalam Mendistribusikan Produk PT. XYZ. *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)* .

Lampiran Gambar 4

0	27	81	128	186	294	382	448	282	180	208	20	153	78	43	238	521	495	427	193	63	121	219	342	432
29	0	52	99	157	265	353	419	259	151	180	63	182	107	72	216	492	466	396	222	34	92	190	313	466
81	52	0	47	105	213	301	367	207	79	107	83	176	159	124	164	440	414	344	216	18	40	138	261	141
128	99	47	0	58	168	254	320	238	89	117	156	126	98	171	117	393	367	297	169	65	50	148	271	558
186	157	105	58	0	108	196	262	275	147	175	203	187	156	229	59	335	309	239	227	123	108	206	329	503
294	265	213	168	108	0	88	112	217	257	285	312	152	264	337	49	227	201	131	192	231	216	337	214	543
382	353	301	254	196	88	0	88	307	345	373	374	207	352	425	137	161	240	170	247	319	304	376	253	606
448	419	367	320	262	112	88	0	199	327	355	421	295	376	425	161	73	152	82	335	385	328	288	165	652
288	259	207	238	275	217	307	199	0	128	156	309	441	366	331	360	272	207	137	481	225	167	69	54	712
180	151	79	110	147	257	345	327	128	0	28	181	333	258	223	206	400	335	265	374	117	98	59	182	584
208	180	107	138	175	285	373	355	156	28	0	203	361	286	251	234	428	363	293	401	145	126	87	210	606
20	63	83	156	203	312	374	421	309	181	203	0	156	82	23	262	488	465	416	317	86	143	245	363	411
153	182	176	129	187	152	207	295	441	333	361	156	0	75	196	149	379	447	348	40	216	274	372	431	401
78	107	159	98	156	264	352	376	336	187	215	82	75	0	121	215	599	465	395	115	141	199	397	420	404
43	72	124	171	229	337	425	491	271	223	251	23	196	121	0	281	564	538	468	236	186	164	341	382	392
245	216	164	117	59	49	137	161	360	206	234	262	149	215	288	0	276	313	243	189	175	167	265	326	539
521	492	440	393	335	227	161	73	272	400	428	488	379	599	564	276	0	225	155	419	458	443	341	238	720
495	466	414	367	309	201	240	152	207	335	363	465	447	465	538	313	225	0	70	487	432	417	266	235	717
425	396	344	297	239	131	170	82	137	265	293	416	348	395	468	243	155	70	0	388	362	347	206	83	681
193	222	216	169	227	192	247	335	481	374	401	317	40	115	236	189	419	487	388	0	256	219	412	471	402
63	34	18	65	123	231	319	385	225	117	145	86	216	141	186	175	458	432	362	256	0	58	156	279	489
121	92	40	50	108	216	304	328	167	98	126	143	274	199	164	167	443	417	347	216	58	0	157	221	546
219	190	138	148	206	337	376	288	69	59	87	245	372	297	341	265	341	266	206	412	156	157	0	123	648
342	313	261	271	329	214	253	165	54	182	210	363	431	420	382	326	238	235	83	471	279	221	123	0	766
432	466	141	558	503	543	606	652	712	584	606	411	401	404	392	539	720	717	681	402	489	546	648	766	0;