

SKRIPSI
PENENTUAN RUTE BARU DISTRIBUSI *SPARE PART*
DI PT. BOSOWA BERLIAN MOTOR DENGAN
MENGGUNAKAN METODE *SAVING MATRIX*

Disusun dan diajukan oleh

KHANDY DILSAB APRILLIANI
H011171522



PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JUNI 2021

**PENENTUAN RUTE BARU DISTRIBUSI *SPARE PART*
DI PT. BOSOWA BERLIAN MOTOR DENGAN
MENGUNAKAN METODE *SAVING MATRIX***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

KHANDY DILSAB APRILLIANI

H011171522

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

JUNI 2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khandy Dilsab Aprilliani

Nim : H011171522

Program Studi : Matematika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penentuan Rute Baru Distribusi *Spare Part* di PT. Bosowa Berlian Motor dengan
Menggunakan Metode *Saving Matrix*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 8 Juli 2021

Yang menyatakan,



Khandy Dilsab Aprilliani

NIM. H011171522

LEMBAR PENGESAHAN

**Penentuan Rute Baru Distribusi *Spare Part* di PT. Bosowa Berlian
Motor Dengan Menggunakan Metode *Saving Matrix***

Disusun dan diajukan oleh

KHANDY DILSAB APRILLIANI

H011171522

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Matematika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

pada tanggal, 28 Juni 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

Prof. Dr. Hj. Aidawayati Rangkuti, MS.

Dr. Muh. Nur, S. Si, M. Si.

NIP. 19570705 198503 2 001

NIP. 19850529 200812 1 002

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Nurdin, S.Si., M.Si.

NIP. 19700807 200003 1 002



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Penentuan Rute Baru Distribusi Spare Part di PT. Bosowa Berlian Motor dengan Menggunakan Metode Saving Matrix**”.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Matematika Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan dapat terlewati berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menghanturkan rasa terima kasih yang tak terhingga dan teristimewa kepada orang tua penulis, Ayahanda **Didik Soemardjono, ST**, Ibunda **Sabariah** yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan motivasi serta selalu mendoakan setiap langkah dan proses penulis dalam mencari ilmu dengan segala pengorbanan yang telah diberikan. Terima kasih atas segala bentuk bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung kepada Adik **Shinta Dwi Aprilliani**. Penulis juga menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya dan **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Prof. Dr. Nurdin, S. Si., M. Si.**, selaku Ketua Departemen Matematika yang senantiasa mendidik dan memberikan motivasi. Segenap dosen pengajar dan staf **Departemen Matematika** yang telah memberikan banyak ilmu dan kemudahan dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika.
3. **Ibu Prof. Dr. Hj. Aidawayati Rangkuti, MS.**, selaku dosen pembimbing utama yang sabar dan tulus meluangkan begitu banyak waktu di tengah berbagai kesibukan untuk mengarahkan dan membimbing penulisan skripsi ini.

4. **Bapak Dr. Muh. Nur, S.Si., M.Si**, selaku dosen pembimbing pertama sekaligus penasehat akademik yang dengan sabar dan tulus meluangkan begitu banyak waktu di tengah berbagai kesibukan dan memberikan begitu banyak masukan serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.
5. **Bapak Prof. Dr. Jeffry Kusuma dan Bapak Prof. Dr. Eng. Mawardi Bahri, M.Si**, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini.
6. Spesial untuk teman penulis, **Agustiani Tri Wulandari, Rista Ismayanti Nur, dan Rispaini Afifah** yang telah menjadi teman terbaik dan senantiasa memberikan dorongan, semangat, dan motivasi dalam setiap keadaan.
7. Spesial untuk **GengBel, Nurfadilla Firdanis Salam, Tasya Wiraz, Alif Miftahul Jannah, Nur Khairunisa, Indi Ria, Krisdayanti, dan Eka Kurnia** yang telah menjadi teman dan selalu memberikan dorongan serta motivasi kepada penulis.
8. Teman seperjuangan selama perkuliahan, **Faathir, Fika, Kayis, Alfian, Luthfia, Indah, Nisa, Farah, Nanda, Mamat, Esty, Kaye, Cahyudi, Teka, Upi, dan Matematika 2017** yang telah memberikan dorongan dan suka duka selama berjuang menjalani pendidikan di Departemen Matematika.
9. Keluarga besar **DISKRIT 2017**. Terima kasih untuk cerita sekaligus pengalaman selama proses yang telah dilalui. Tetap **SATUKAN KUATKAN ERATKAN**.
10. Keluarga besar **HIMATIKA FMIPA UNHAS** terima kasih atas ilmu yang tidak bisa didapatkan dalam proses perkuliahan. **BRAVO HIMATIKA**.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembang ilmu.

Makassar, Juni 2021

Khandy Dilsab Aprilliani

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khandy Dilsab Aprilliani

NIM : H0111 71 522

Program Studi : Matematika

Departemen : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Prediktor Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

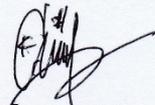
“Penentuan Rute Baru Distribusi *Spare Part* di PT. Bosowa Berlian Motor dengan Menggunakan Metode *Saving Matrix*”

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal tersebut, maka pihak Universitas Hasanuddin berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal, 8 Juli 2021

Yang menyatakan,



Khandy Dilsab Aprilliani

ABSTRAK

Distribusi *spare part* memerlukan rute yang optimal dengan tujuan untuk meminimalkan biaya distribusi. Permasalahan distribusi *spare part* merupakan permasalahan rute kendaraan yang disebut *Vehicle Routing Problem* (VRP). Salah satu batasan atau kendala VRP adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). CVRP merupakan model dasar dalam VRP dengan kapasitas angkut kendaraan sebagai kendala yang dihadapi. Permasalahan CVRP dapat di efisienkan dengan menggunakan metode *Saving Matrix*. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan rute pengiriman yang paling tepat serta jarak dan biaya transportasi yang minimum pada pendistribusian *spare part* di PT. Bosowa Berlian Motor dengan menggunakan metode *Saving Matrix*. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa dengan menggunakan metode *Saving Matrix* untuk urutan rute konsumen pada 6 rute pengiriman diperoleh penghematan jarak 0.84 km atau sebesar 0,55% dan penghematan biaya transportasi Rp. 19.968 atau sebesar 1,81%.

Kata kunci: *Capacitated Vehicle Routing Problem, Saving Matrix, Distribusi Spare Part.*

ABSTRACT

Spare part distribution requires an optimal route with the goal is to minimize distribution costs. The problem of spare part distribution is a transportation route problem called the Vehicle Routing Problem (VRP). One of VRP boundary or constraints is Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). CVRP is a base model in VRP with vehicle carrying capacity as a constraint. CVRP problems can be streamlined by using the Saving Matrix method. The purpose of this study is to find the most appropriate shipping route with minimum distance and transportation costs for the distribution of spare parts at PT. Bosowa Berlian Motor using the Saving Matrix method. The results of this study explain that using the Saving Matrix method for the sequence of customer on 6 shipping routes, the distance savings are 0.84 km or 0,55% and transportation cost savings are Rp. 19.968 or 1,81%.

Keywords: Capacitated Vehicle Routing Problem, Saving Matrix, Spare Part Distribution.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 State of The Art	5
II.2 Transportasi	5
II.3 Linear Programming (Pemrograman Linear).....	6
II.4 Integer Linear Programming	7
II.5 Travelling Salesman Problem (TSP).....	7
II.6 Vehicle Routing Problem (VRP).....	8
II.7 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)	8
II.8 Metode Saving Matrix (Matriks Penghematan)	10
II.9 Network Planning (Jaringan Kerja).....	12
II.10 Contoh Kasus Metode Saving Matrix (Matriks Penghematan).....	12
BAB III	27
METODOLOGI PENELITIAN.....	27
III.1 Jenis dan Sumber Data	27
III.1.1. Jenis Data	27

III.1.2. Sumber Data	27
III.2 Tempat dan Waktu Penelitian	27
III.3 Tahapan Penelitian	27
III.4 Diagram Alur Penelitian.....	28
BAB IV	30
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
IV.1. Pengumpulan Data.....	30
IV.2. Model Capacitated Vehicle Routing Problem pada Penentuan Rute Baru Distribusi Spare Part.....	34
IV.3. Pengelolaan Data.....	35
IV.4. Analisis	57
BAB V	81
KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
V.1. Kesimpulan.....	81
V.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anak Panah.....	12
Gambar 2.2 Lingkaran.....	12
Gambar 2.3 Anak Panah Tebal.....	12
Gambar 2.4 Jaringan Kerja Rute B, C, dan D dengan Metode <i>Farthest Insert</i> ..	21
Gambar 2.5 Jaringan Kerja Rute A, E, dan F dengan Metode <i>Farthest Insert</i> ...	22
Gambar 2.6 Jaringan Kerja Rute B, C, dan D dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	22
Gambar 2.7 Jaringan Kerja Rute A, E, dan F dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	23
Gambar 2.8 Jaringan Kerja Rute B, C, dan D dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	24
Gambar 2.9 Jaringan Kerja Rute A, E, dan F dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	24
Gambar 2.10 Jaringan Kerja Rute A, B, C, D, E, dan F dengan Metode <i>Farthest Insert, Nearest Insert, dan Nearest Neighbor</i>	25
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1 Jaringan Kerja dari Rute 6 konsumen 4 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	60
Gambar 4.2 Jaringan Kerja dari Rute 2 konsumen 2, 4, 7, 11, 16, 17, 18, dan 19 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	61
Gambar 4.3 Jaringan Kerja dari Rute 1 konsumen 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, dan 15 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	62
Gambar 4.4 Jaringan Kerja dari Rute 2 konsumen 2, 4, 7, 11, 16, 17, 18, dan 19 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	63
Gambar 4.5 Jaringan Kerja dari Rute 1 konsumen 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, dan 15 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	64
Gambar 4.6 Jaringan Kerja dari Rute 2 konsumen 2, 4, 7, 11, 16, 17, 18, dan 19 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	65
Gambar 4.7 Jaringan Kerja dari Rute 1 konsumen 6, 9, 12, dan 14 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	69
Gambar 4.8 Jaringan Kerja dari Rute 2 konsumen 1, 5, dan 13 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	70
Gambar 4.9 Jaringan Kerja dari Rute 3 konsumen 2, 3, dan 7 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	70

Gambar 4.10 Jaringan Kerja dari Rute 4 konsumen 10, 11, 17, dan 18 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	71
Gambar 4. 11 Jaringan Kerja dari Rute 5 konsumen 8, 15, 16, dan 19 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	71
Gambar 4.12 Jaringan Kerja dari Rute 6 konsumen 4 dengan Metode <i>Farthest Insert</i>	72
Gambar 4.13 Jaringan Kerja dari Rute 1 konsumen 6, 9, 12, dan 14 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	72
Gambar 4.14 Jaringan Kerja dari Rute 2 konsumen 1, 5, dan 13 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	73
Gambar 4.15 Jaringan Kerja dari Rute 3 konsumen 2, 3, dan 7 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	73
Gambar 4.16 Jaringan Kerja dari Rute 4 konsumen 10, 11, 17, dan 19 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	74
Gambar 4.17 Jaringan Kerja dari Rute 6 konsumen 4 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	75
Gambar 4.18 Jaringan Kerja dari Rute 5 konsumen 8, 15, 16, dan 19 dengan Metode <i>Nearest Insert</i>	75
Gambar 4.19 Jaringan Kerja dari Rute 2 konsumen 1, 5, dan 13 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	76
Gambar 4.20 Jaringan Kerja dari Rute 1 konsumen 6, 9, 12, dan 14 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	76
Gambar 4.21 Jaringan Kerja dari Rute 3 konsumen 2, 3, dan 7 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	77
Gambar 4.22 Jaringan Kerja dari Rute 4 konsumen 10, 11, 17, dan 18 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	77
Gambar 4.24 Jaringan Kerja dari Rute 6 konsumen 4 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	78
Gambar 4.23 Jaringan Kerja dari Rute 5 konsumen 8, 15, 16, dan 19 dengan Metode <i>Nearest Neighbor</i>	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Rata-Rata Permintaan Kayu Gelondong (Kg)	13
Tabel 2.2 Matriks Jarak Konsumen (Km)	13
Tabel 2.3 Rute Awal Jarak Konsumen (Km)	14
Tabel 2.4 Elemen Biaya per Mobil Truck	14
Tabel 2.5 Biaya Transportasi Awal Konsumen	15
Tabel 2.6 Perhitungan Matriks Penghematan (<i>Saving Matrix</i>) (Km)	16
Tabel 2.7 Matriks Penghematan (<i>Saving Matrix</i>) (Km)	17
Tabel 2.8 Pengurutan Nilai Matriks Penghematan (<i>Saving Matrix</i>) Terbesar	18
Tabel 2.9 Urutan Rute Pengiriman dengan Metode <i>Farthest Insert</i> , <i>Nearest Insert</i> , dan <i>Nearest Neighbor</i>	20
Tabel 2.10 Efisiensi Jarak dan Biaya Transportasi	26
Tabel 4.1 Data Nama dan Alamat Konsumen	30
Tabel 4.2 Permintaan <i>Spare Part</i> Bulan Oktober Tahun 2020 (pcs)	32
Tabel 4.3 Rute Awal Perjalanan Konsumen (km)	33
Tabel 4.4 Matriks Jarak Konsumen <i>Spare Part</i> (Km)	36
Tabel 4.5 Matriks Penghematan (<i>Saving Matrix</i>) (Km)	38
Tabel 4.6 Matriks Jarak Rute 1 konsumen 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, dan 15	50
Tabel 4.7 Matriks Jarak Rute 2 konsumen 2, 4, 7, 11, 16, 17, 18, dan 19	51
Tabel 4.8 Matriks Jarak Rute 1 konsumen 6, 9, 12, dan 14	54
Tabel 4.9 Matriks Jarak Rute 2 konsumen 1, 5, dan 13	54
Tabel 4.10 Matriks Jarak Rute 3 konsumen 2, 3, dan 7	55
Tabel 4.11 Matriks Jarak Rute 4 konsumen 10, 11, 17, dan 18	55
Tabel 4.12 Matriks Jarak Rute 5 konsumen 8, 15, 16, dan 19	55
Tabel 4.13 Urutan Rute Pengiriman <i>Spare Part</i> dengan Metode <i>Farthest Insert</i> , <i>Nearest Insert</i> , dan <i>Nearest Neighbor</i> pada 2 rute pengiriman	58
Tabel 4.14 Urutan Rute Pengiriman <i>Spare Part</i> dengan Metode <i>Farthest Insert</i> , <i>Nearest Insert</i> , dan <i>Nearest Neighbor</i> pada 6 Rute Pengiriman	67
Tabel 4.15 Efisiensi Jarak dan Biaya Transportasi	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) (Km)..... 86
Lampiran 2. Pengurutan Nilai Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) Terbesar 91

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan bidang kegiatan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu pentingnya transportasi disebabkan oleh distribusi barang dan jasa. Distribusi merupakan suatu aktivitas memindahkan barang dari produsen sampai ke konsumen. Dikarenakan pentingnya kegiatan transportasi dan distribusi maka transportasi dan distribusi dapat mempengaruhi keunggulan kompetitif suatu perusahaan. Penurunan biaya transportasi dapat meningkatkan keuntungan perusahaan secara tidak langsung. Salah satu cara untuk menurunkan biaya transportasi adalah dengan mengefisienkan sistem distribusi dan penggunaan jenis transportasi yang ada (Wahyudin, 2019). Metode *Saving Matrix* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jarak, rute, waktu dan ongkos dalam pelaksanaan pengiriman barang dari perusahaan kepada konsumen. Kelebihan metode *Saving Matrix* adalah terletak pada kemudahan untuk dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan atau batasan lainnya (Evelyn, Susanty, dan Puspitasari, 2016).

Salah satu industri yang berkembang pesat terkait transportasi dan distribusi yaitu industri otomotif khususnya mobil. Dalam memproduksi, selain memperhatikan fungsi mobil sebagai angkutan barang maupun penumpang, produsen juga harus memperhatikan perawatan mobil. Mobil memerlukan perawatan yang baik agar penggunaanya tetap nyaman dan menjaga kinerja mobil sehingga dapat meminimalisir kecelakaan. Perawatan mobil dapat dilakukan dengan cara mengganti *spare part* atau suku cadang secara berkala di bengkel (Mehanidra, Cholissodin, dan Sutrisno, 2018).

PT. Bosowa Berlian Motor (BBM) merupakan Dealer resmi kendaraan Mitsubishi di Indonesia Timur sejak tahun 1973 yang terletak di Jl. Urip Sumoharjo No. 266 Makassar. PT. Bosowa Berlian Motor melayani penjualan mobil, *service* atau pemeliharaan, dan penjualan *spare part* atau suku cadang. Dalam aktivitas penjualan *spare part*, PT. Bosowa Berlian Motor mendistribusikan produknya ke konsumen yang ada di Kota Makassar ataupun di luar Kota Makassar. Sasaran dari

PT. Bosowa Berlian Motor adalah melakukan pengiriman produk secara tepat dan cepat.

Ketepatan dan kecepatan distribusi akan meningkatkan tingkat pelayanan terhadap konsumen. Untuk menjamin ketepatan pengiriman produk baik waktu, kualitas maupun jumlah produk ke konsumen diperlukan perencanaan distribusi dan transportasi yang baik. Akan tetapi, distribusi yang optimal tergantung dari kompleksitas pendistribusian produk, yang akan semakin meningkatkan tingkat kesukarannya karena dengan adanya beberapa batasan tempat tujuan, kapasitas dan keterbatasan sumber daya yang harus dipenuhi bersama-sama dengan tujuan untuk meminimalkan biaya distribusi (Ikfan dan Masudin, 2013).

Permasalahan yang berfokus pada penentuan rute optimal dengan tujuan meminimalkan biaya distribusi merupakan permasalahan rute kendaraan yang disebut *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Karakteristik dari VRP yaitu kendaraan yang digunakan berangkat dan kembali ke gudang yang sama, diketahui jumlah permintaan konsumen serta memenuhi sejumlah kendala lainnya. Selain dari karakteristik tersebut, secara umum VRP menggunakan model *integer linear programming*. *Integer linear programming* merupakan model pemrograman linear dengan persyaratan tambahan yaitu beberapa atau semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat (Sopacua dan Pailin, 2015). Permasalahan yang dihadapi dalam kasus ini adalah masalah rute distribusi dengan terbatasnya jumlah kendaraan serta sistem distribusi awal perusahaan yang pendistribusian produknya tidak dilakukan dari gudang ke masing-masing konsumen dalam sekali pengiriman namun disesuaikan dengan jadwal pengiriman dan tidak disesuaikan dengan kapasitas kendaraan yang membuat biaya distribusi menjadi cukup tinggi.

Berdasarkan permasalahan distribusi tersebut maka dengan mengoptimalkan rute kendaraan agar waktu yang digunakan untuk melayani konsumen lebih efisien dan barang dapat sampai ke konsumen tepat waktu adalah dengan menggunakan metode *Saving Matrix*. Beberapa penelitian yang dilakukan berhubungan dengan mengoptimalkan rute adalah Suparjo (2017) menggunakan metode *Saving Matrix* sebagai metode alternatif untuk efisiensi biaya distribusi dengan studi empirik pada perusahaan angkutan kayu gelondong di Jawa Tengah dimana dapat mempersingkat jarak sebesar 42,47% serta penghematan biaya

distribusi sebesar 44,07%. Selanjutnya, penelitian Amri, Rahman, dan Yuniarti (2014) menggunakan metode yang sama dengan penentuan rute menggunakan metode *Nearest Neighbor* di MTP Nganjuk Distributor PT. Coca Cola dapat memperpendek jarak tempuh sebesar 3,81% dan biaya distribusi sebesar 12,08%.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka akan dilakukan penelitian dengan judul **“Penentuan Rute Baru Distribusi *Spare Part* di PT. Bosowa Berlian Motor dengan Menggunakan Metode *Saving Matrix*”**.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana rute pengiriman distribusi yang paling tepat untuk pendistribusian *spare part* di PT. Bosowa Berlian Motor?
2. Berapa jarak minimum serta biaya transportasi yang diperoleh setelah menggunakan metode *Saving Matrix*?

I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di PT. Bosowa Berlian Motor.
2. Data permintaan yang digunakan adalah data permintaan selama 1 bulan.
3. Jarak berangkat dan jarak kembali dianggap sama.

I.4 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang telah diajukan sebelumnya maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis rute pengiriman distribusi yang paling tepat untuk pendistribusian *spare part* di PT. Bosowa Berlian Motor.
2. Menganalisis jarak minimum serta biaya transportasi yang diperoleh setelah menggunakan metode *Saving Matrix*.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai penerapan metode *Saving Matrix* untuk dapat menyelesaikan masalah transportasi khususnya pada penentuan rute distribusi dengan metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor*.
2. Memberikan informasi dan referensi bagi perusahaan dalam upaya sebagai acuan untuk menentukan rute pengiriman distribusi serta meminimalkan biaya distribusi transportasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 State of The Art

Penyusunan penelitian ini mengambil beberapa referensi penelitian sebelumnya, yaitu penelitian dari Muhammad, Erliana, dan Sitompul (2019) membahas bagaimana menentukan rute distribusi untuk meminimalkan biaya transportasi dengan menggunakan metode *Saving Matrix* pada PT. X dimana dapat mempersingkat rute yang sebelumnya sebanyak 14 rute menjadi 12 rute serta menghemat biaya yang sebelumnya sebesar Rp. 18.138.897 menjadi sekitar Rp. 15.434.394 per siklus distribusi, yang berarti biaya distribusi dipersingkat sebesar Rp. 2.704.503 atau sebesar 14,9%.

Dalam penelitian Suparjo (2017) menggunakan metode *Saving Matrix* sebagai metode alternatif untuk efisiensi biaya distribusi dengan studi empirik pada perusahaan angkutan kayu gelondong di Jawa Tengah dimana hasil analisa yang diperoleh adalah diturunkan dari 20 rute menjadi 10 rute dengan mempersingkat jarak tempuh semula sejauh 3.890 km menjadi 2.238 km, yang berarti jarak tempuh dipersingkat sebesar 1.652 km atau 42,47%. Selain mempersingkat rute dan jarak, diperoleh penghematan biaya distribusi sebesar 44,07%.

Selain itu, penelitian Amri, Rahman, dan Yuniarti (2014) menggunakan metode *Saving Matrix* sebagai penyelesaian *vehicle routing problem* dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor* untuk mengoptimalkan rute pendistribusian di MTP Nganjuk Distributor PT. Coca Cola dimana dapat memperpendek jarak tempuh sebesar 13,14% dan waktu perjalanan mampu dipercepat sebesar 3,81%, sehingga menekan biaya distribusi sebesar 12,08%.

II.2 Transportasi

Transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Dengan kata lain, proses transportasi merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana kegiatan angkutan dimulai, ke tempat tujuan, kemana kegiatan pengangkutan diakhiri. Sedangkan menurut Chopra, transportasi adalah sekumpulan aktivitas yang berkenaan dengan pemindahan, pengangkutan, dan

penyimpanan atas barang dari titik produksi ke titik konsumsi. Sehingga berdasarkan definisi tersebut, kegiatan transportasi tidak lepas dari perencanaan rute pemindahan dan alat angkut atau *vehicle* (Ikfan dan Masudin, 2013).

Metode transportasi membahas masalah pendistribusian suatu barang dari sejumlah sumber atau *supply* ke sejumlah tujuan atau *demand*, dengan tujuan meminimumkan ongkos pengangkutan yang terjadi. Selain untuk mengatur distribusi pengiriman barang, metode transportasi juga dapat digunakan untuk masalah lain seperti penjadwalan dalam proses produksi agar memperoleh total waktu, proses pengerjaan terendah, atau penempatan persediaan agar mendapatkan total biaya persediaan kecil. Dalam kaitannya dengan perencanaan fasilitas, metode transportasi dapat digunakan untuk memilih suatu lokasi yang dapat meminimalkan total biaya transportasi (Sasongko, Dwijanto, dan Arifudin, 2012).

II.3 Linear Programming (Pemrograman Linear)

Menurut (Rangkuti A, 2013) Pemrograman Linear (PL) merupakan suatu metode untuk membuat keputusan di antara berbagai alternative kegiatan pada waktu kegiatan-kegiatan tersebut dibatasi oleh kegiatan tertentu. Keputusan yang akan diambil dinyatakan sebagai fungsi tujuan (*objective function*), sedangkan kendala-kendala yang dihadapi dalam membuat keputusan tersebut dinyatakan dalam bentuk fungsi kendala (*constraints*).

Bentuk umum model program linear sebagai berikut:

Minimalikan

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j , \quad (2.1)$$

dengan batasan

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i, \quad \text{untuk } i = 1, 2, 3, \dots, m , \quad (2.2)$$

$$x_j \geq 0, \quad \text{untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n . \quad (2.3)$$

Keterangan:

Z : Fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimal atau minimal).

x_j : Tingkat kegiatan ke- j .

- c_j : Kenaikan nilai Z apabila ada penambahan tingkat kegiatan x_j dengan satu satuan unit atau sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan j terhadap Z .
- a_{ij} : Banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unsur keluaran kegiatan j .
- b_i : Kapasitas sumber i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan.
- n : Macam kegiatan yang menggunakan sumber atau fasilitas yang tersedia.
- m : Macam batasan sumber atau fasilitas yang tersedia.

II.4 Integer Linear Programming

Integer Linear Programming merupakan model program linear dengan persyaratan tambahan yaitu beberapa atau semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat. Salah satu klasifikasi *integer linear programming* berdasarkan banyaknya variabel keputusan yang bernilai bulat adalah *Binary Integer Programming* (BIP). *Binary Integer Programming* merupakan permasalahan *integer programming* jika semua variabel keputusan memiliki nilai berupa bilangan biner, yaitu 0 atau 1 (Sopacua dan Pailin, 2015).

II.5 Travelling Salesman Problem (TSP)

Menurut (Firdaus dan Rahayu, 2018) *Travelling Salesman Problem* (TSP) merupakan suatu permasalahan untuk menentukan rute perjalanan terpendek gudang kemudian mengunjungi konsumen yang harus dilalui satu kali dan kembali lagi ke gudang. TSP dapat dinyatakan sebagai graf berarah $G = (V, A)$, dengan $V = \{0, 1, \dots, n\}$ menyatakan himpunan titik yang menunjukkan lokasi kota, dan $A = \{(i, j) | i, j \in V, i \neq j\}$ merupakan ruas berarah yang menyatakan lokasi jalan penghubung tiap kota. Titik 0 menyatakan kota asal atau gudang yang menjadi tempat salesman memulai perjalanan. Misalkan c_{ij} adalah jarak tempuh atau biaya perjalanan dari kota i ke kota j dan jika variabel keputusannya adalah:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Jika ruas } (i, j) \in A \text{ dilalui rute perjalanan} \\ 0, & \text{Jika lainnya} \end{cases}$$

Maka *Travelling Salesman Problem* (TSP) dapat diformulasikan secara matematis sebagai berikut (Sukarmawati, Nahry, dan Hartono, 2013):

Fungsi tujuan

$$\text{Min } Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij} \quad , \quad (2.4)$$

dengan kendala

- a. Salesman mendatangi dan meninggalkan setiap kota tepat satu kali.

$$\sum_{i=0}^n x_{ij} = 1, \text{ untuk } j = 0, 1, 2, \dots, n \quad , \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=0}^n x_{ij} = 1, \text{ untuk } i = 0, 1, 2, \dots, n \quad , \quad (2.6)$$

dan

$$x_{ij} = 0, \text{ untuk } i = j \quad .$$

- b. Variabel keputusan x_{ij} merupakan bilangan bulat biner.

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i, j = 0, 1, 2, \dots, n \quad . \quad (2.7)$$

II.6 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan suatu permasalahan yang berfokus pada pendistribusian barang dari gudang perusahaan kepada pelanggannya. Solusi dari VRP berupa rute-rute yang dapat ditempuh kendaraan untuk mengantarkan seluruh permintaan pelanggan dimana setiap rute ditempuh oleh satu kendaraan yang berawal dan berakhir di gudang. Berdasarkan batasan atau kendala yang ada, VRP dibagi dalam beberapa tipe, yaitu: CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*); VRPTW (*Vehicle Routing Problem Time Windows*); VRPB (*Vehicle Routing Problem Backhauls*); dan VRPPD (*Vehicle Routing Problem with Pick-Up and Delivering*) (Amri, Rahman, dan Yuniarti, 2014).

II.7 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan model dasar dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan kapasitas angkut kendaraan sebagai kendala yang dihadapi. Kendaraan yang digunakan adalah identik dan hanya terdapat satu gudang sebagai alokasi awal dan akhir setiap kendaraan (Amri, Rahman, dan Yuniarti, 2014).

Tonci Caric dan Hrvoje Gold mendefinisikan CVRP sebagai suatu graf berarah $G = (V, A)$ dengan $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$ adalah himpunan titik, v_0 menyatakan gudang. Sedangkan $A = \{(v_i, v_j): v_i, v_j \in V, i \neq j\}$ adalah himpunan sisi yang menghubungkan antara titik. Setiap titik $v_i \in V$ memiliki permintaan (*demand*) sebagai d_i . Himpunan $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ merupakan himpunan kendaraan yang homogen dengan kapasitas yang identik yaitu Q , sehingga panjang setiap rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap titik (v_i, v_j) memiliki jarak tempuh c_{ij} yaitu jarak dari titik v_i ke titik v_j . Jarak perjalanan di asumsikan simetrik yaitu $c_{ij} = c_{ji}$ dan $c_{ii} = c_{jj} = 0$. Permasalahan tersebut kemudian diformulasikan ke dalam model matematika dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan (Rupiah, Mulyono, dan Sugiharti, 2017).

Didefinisikan variabel keputusan:

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{Jika kendaraan } k \text{ melakukan perjalanan dari titik } v_i \text{ ke titik } v_j \\ 0, & \text{Jika kendaraan } k \text{ tidak melakukan perjalanan dari titik } v_i \text{ ke titik } v_j \end{cases}$$

Fungsi tujuan untuk meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Jika z adalah fungsi tujuan, maka:

$$\text{Min } z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij}^k, \quad (2.8)$$

dengan kendala

- a. Setiap titik hanya dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V} x_{ij}^k = 1, \quad \forall i \in V, \quad (2.9)$$

- b. Total jumlah permintaan pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang melayani rute tersebut.

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_i x_{ij}^k \leq Q, \quad \forall k \in K, \quad (2.10)$$

- c. Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dari gudang.

$$\sum_{j \in V} x_{0j}^k = 1, \quad (2.11)$$

- d. Setiap rute perjalanan kendaraan berakhir di gudang.

$$\sum_{i \in V} x_{ij}^k = 1 \quad , \quad (2.12)$$

e. Variabel keputusan x_{ij}^k merupakan *integer biner*.

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \forall i, j \in V, i \neq j, K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} \quad . \quad (2.13)$$

Keterangan:

K : Kendaraan yang digunakan.

V : Himpunan titik.

A : Himpunan sisi berarah $\{(v_i, v_j): v_i, v_j \in V, i \neq j\}$.

c_{ij} : Jarak antara titik v_i ke titik v_j .

d_i : Jumlah permintaan pada titik v_i .

Q : Kapasitas masing-masing kendaraan.

II.8 Metode Saving Matrix (Matriks Penghematan)

Metode *Saving Matrix* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jarak, rute, waktu, dan ongkos dalam pelaksanaan pengiriman barang dari perusahaan kepada konsumen. Metode ini bertujuan agar pengiriman barang yang sesuai pesanan konsumen dapat dilakukan dengan cara yang efektif dan efisien, sehingga perusahaan dapat menghemat biaya, tenaga, dan waktu pengiriman (Suparjo, 2017). Langkah-langkah dalam metode *Saving Matrix* adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi Matriks Jarak (*Distance Matrix*).

Pada langkah ini, diperlukan jarak antara gudang ke masing-masing konsumen dan jarak antara konsumen. Dimana dalam memperoleh jarak tersebut dibutuhkan bantuan dari aplikasi *google maps*.

2. Mengidentifikasi Matriks Penghematan (*Saving Matrix*).

Saving Matrix merepresentasikan penghematan yang bisa direalisasikan dengan menggabungkan dua konsumen ke dalam satu rute selama tidak melebihi kapasitas angkut. Rumus untuk mendapatkan matriks penghematan (*Saving Matrix*) adalah sebagai berikut:

$$S(x, y) = J(G, x) + J(G, y) - J(x, y) \quad . \quad (2.14)$$

dengan

$S(x, y)$: Penghematan jarak (*Saving Matrix*) yang diperoleh dengan menggabungkan rute x dan y menjadi satu.

$J(G, x)$: Jarak dari gudang ke konsumen x .

$J(G, y)$: Jarak dari gudang ke konsumen y .

$J(x, y)$: Jarak dari konsumen x ke konsumen y .

3. Mengidentifikasi Konsumen ke Kendaraan dan Rute berdasarkan Lokasi.

Langkah pertama dari prosedur iterasi ini adalah menggabungkan dua rute dengan penghematan yang terbesar menjadi satu rute yang layak. Prosedur ini dilakukan terus menerus sampai tidak ditemukan lagi kombinasi yang layak.

4. Mengurutkan Konsumen ke dalam Rute yang sudah terdefinisi.

Beberapa metode pengurutan rute adalah sebagai berikut:

a. *Farthest Insert*

Metode ini dilakukan dengan penambahan konsumen dalam sebuah rute perjalanan, dimulai dari yang memiliki peningkatan jarak yang paling besar atau paling jauh. Prosedur ini akan dilakukan hingga seluruh konsumen masuk ke dalam rute.

b. *Nearest Insert*

Metode ini merupakan kebalikan dari metode *Farthest Insert* dimana prosedur ini dimulai dari penentuan rute kendaraan ke konsumen yang memiliki jarak paling dekat. Kemudian prosedur ini akan terus berulang hingga semua konsumen masuk ke dalam rute perjalanan.

c. *Nearest Neighbor*

Prosedur pengurutan kunjungan konsumen dengan metode *Nearest Neighbor* dimulai dari gudang kemudian dilakukan penambahan konsumen yang jaraknya paling dekat dengan gudang. Pada setiap tahap, rute yang ada dibangun dengan melakukan penambahan konsumen yang jaraknya paling dekat dengan konsumen terakhir yang dikunjungi (Arifudin, Wisnubroto, dan Parwati, 2017).

II.9 Network Planning (Jaringan Kerja)

Konsep dasar dari perencanaan jaringan kerja merupakan metode yang mendefinisikan satu kombinasi kegiatan-kegiatan yang saling berkaitan yang harus dilakukan dengan urutan tertentu sebelum keseluruhan tugas dapat diselesaikan.

Untuk merepresentasikan hasil dari pengerjaan metode *Saving Matrix* dapat digunakan simbol-simbol pada jaringan kerja sebagai berikut (Kurnia dan Handayaningsih, 2014):

a. Simbol Anak Panah (*Arrow*)

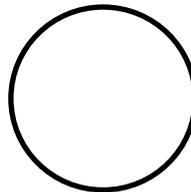
Simbol anak panah menyatakan sebuah kegiatan atau aktivitas. Perlu diketahui kepala anak panah menunjukkan arah jalur rangkaian atau urutan.



Gambar 2.1 Anak Panah

b. Simbol Lingkaran (*Node*)

Simbol lingkaran menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa.



Gambar 2.2 Lingkaran

c. Simbol Anak Panah Tebal

Simbol anak panah tebal menyatakan jalur kritis.



Gambar 2.3 Anak Panah Tebal

II.10 Contoh Kasus Metode Saving Matrix (Matriks Penghematan)

Contoh kasus ini diambil dari beberapa data yang ada pada jurnal Suparjo tahun 2017 dengan judul “Metode *Saving Matrix* sebagai Metode Alternatif untuk Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondong di Jawa Tengah)”.

Perusahaan jasa angkutan kayu gelondong di Jawa Tengah dibawah bendera Bunga Bangsa Group Co. Semarang memiliki enam perusahaan pengangkutan kayu gelondongan. Dari enam perusahaan memiliki alat angkut berupa Truck sejumlah enam buah. Masing-masing alat angkut mempunyai kapasitas maksimal 20.000 kg. Rute awal perusahaan berjumlah enam rute dimana dimulai dari gudang ke konsumen dan kembali lagi ke gudang. Total jarak yang dihasilkan pada rute awal adalah 1.176 km. Jarak pada rute awal dinilai terlalu panjang dan harus dipangkas agar tidak menimbulkan waktu pengiriman yang lama dan biaya transportasi yang tinggi. Berikut merupakan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan transportasi pada perusahaan Bunga Bangsa Group Co., yaitu:

Tabel 2.1 Data Rata-Rata Permintaan Kayu Gelondong (Kg)

No.	Kode Konsumen	Permintaan Rata-rata
1.	A	6.140
2.	B	6.430
3.	C	5.500
4.	D	7.340
5.	E	7.360
6.	F	6.010

Sumber: Bunga Bangsa Group Co., Tahun 2017.

Pada Tabel 2.1 diketahui bahwa untuk permintaan rata-rata kayu gelondong masing-masing konsumen adalah konsumen A sebesar 6.140 kg, konsumen B sebesar 6.430 kg, konsumen C sebesar 5.500 kg, konsumen D sebesar 7.340 kg, konsumen E sebesar 7.360 dan konsumen F sebesar 6.010 kg.

Tabel 2.2 Matriks Jarak Konsumen (Km)

Kode Konsumen	G	A	B	C	D	E	F
G	0	28	47	95	108	230	80
A	28	0	18	48	79	203	44
B	47	18	0	40	82	205	40
C	95	48	40	0	35	233	79

Kode Konsumen	G	A	B	C	D	E	F
D	108	79	82	35	0	261	108
E	230	203	205	233	261	0	177
F	80	44	40	79	108	177	0

Sumber: Bunga Bangsa Group Co., Tahun 2017.

Pada Tabel 2.2 diperoleh dari data perusahaan untuk matriks jarak antar konsumen sehingga tidak perlu mencari jarak dengan bantuan aplikasi *google maps*.

Tabel 2.3 Rute Awal Jarak Konsumen (Km)

No.	Rute Awal Konsumen	Jarak (Km)
1.	G-A-G	56
2.	G-B-G	94
3.	G-C-G	190
4.	G-D-G	216
5.	G-E-G	460
6.	G-F-G	160

Sumber: Bunga Bangsa Group Co., Tahun 2017.

Pada Tabel 2.3 diketahui bahwa rute awal konsumen adalah dari gudang ke konsumen A dan kembali lagi ke gudang dengan total jarak tempuh diperoleh dari Tabel 2.2 yaitu matriks jarak konsumen, dimana karena jarak berangkat dianggap sama dengan jarak kembali maka untuk jarak dari gudang ke konsumen A adalah 28 km dan jarak dari konsumen A kembali ke gudang adalah 28 km, sehingga total jarak dari rute konsumen G-A-G adalah sebesar 56 km. Begitupula untuk rute awal jarak konsumen yang lainnya.

Tabel 2.4 Elemen Biaya per Mobil Truck

No.	Elemen Biaya	Biaya (Rp.)
1.	BBM /liter	5.600
2.	Tenaga Kerja /hari	1.250.000

No.	Elemen Biaya	Biaya (Rp.)
3.	Uang Makan /hari	100.000
4.	Retribusi	200.000
5.	Maintenance	300.000

Sumber: Bunga Bangsa Group Co., Tahun 2017.

dengan:

- 1 liter solar mampu menempuh jarak sebesar 15 km.
- Biaya retribusi merupakan biaya tol, parkir, pungutan, dll.

Langkah 1 Untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan diawal oleh perusahaan, dapat dilihat pada Tabel 2.5, yaitu:

Tabel 2.5 Biaya Transportasi Awal Konsumen

No.	Rute Awal Konsumen	Jarak (Km)	Biaya		Total Biaya (Rp.)
			Tenaga Kerja, Uang Makan, Retribusi, Maintenance (Rp.)	BBM (Rp.)	
1.	G-A-G	56	1.850.000	20.906,66	1.870.906,67
2.	G-B-G	94	1.850.000	35.093,33	1.885.093,33
3.	G-C-G	190	1.850.000	70.933,33	1.920.933,33
4.	G-D-G	216	1.850.000	80.640	1.930.640
5.	G-E-G	460	1.850.000	171.733,33	2.021.733,33
6.	G-F-G	160	1.850.000	59.733,33	1.909.733,33
Total		1176	Rp. 11.539.040		

Sumber: Data Diolah, Tahun 2020.

Pada Tabel 2.5 untuk memperoleh biaya BBM dapat dihitung dengan memperhatikan Tabel 2.4 Elemen Biaya per Mobil Truck, dimana biaya BBM per liter adalah Rp. 5.600 dengan 1 liter dapat menempuh jarak sebesar 15 km sehingga untuk rute awal konsumen G-A-G dengan jarak 56 km dapat dibagi dengan 15 km menghasilkan 3.733 liter. Setelah diperoleh 3.733 liter kalikan dengan Rp. 5.600 maka hasilnya adalah Rp. 20.906,67 untuk biaya BBM. Dengan cara yang sama

akan diperoleh biaya BBM untuk konsumen lainnya seperti rute awal konsumen G-A-G.

Langkah 2 Mengidentifikasi Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.14, yaitu:

$$S(x, y) = J(G, x) + J(G, y) - J(x, y)$$

Berikut merupakan Tabel 2.6 tentang perhitungan untuk memperoleh matriks penghematan (*Saving Matrix*):

Tabel 2.6 Perhitungan Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) (Km)

$S(A, B)$	$= J(G, A) + J(G, B) - J(A, B)$ $= 28 + 47 - 18 = 57$	$S(B, F)$	$= J(G, B) + J(G, F) - J(B, F)$ $= 47 + 80 - 40 = 87$
$S(A, C)$	$= J(G, A) + J(G, C) - J(A, C)$ $= 28 + 95 - 48 = 75$	$S(C, D)$	$= J(G, C) + J(G, D) - J(C, D)$ $= 95 + 108 - 35 = 168$
$S(A, D)$	$= J(G, A) + J(G, D) - J(A, D)$ $= 28 + 108 - 79 = 57$	$S(C, E)$	$= J(G, C) + J(G, E) - J(C, E)$ $= 95 + 230 - 233 = 92$
$S(A, E)$	$= J(G, A) + J(G, E) - J(A, E)$ $= 28 + 230 - 203 = 55$	$S(C, F)$	$= J(G, C) + J(G, F) - J(C, F)$ $= 95 + 80 - 79 = 96$
$S(A, F)$	$= J(G, A) + J(G, F) - J(A, F)$ $= 28 + 80 - 44 = 64$	$S(D, E)$	$= J(G, D) + J(G, E) - J(D, E)$ $= 108 + 230 - 261 = 77$
$S(B, C)$	$= J(G, B) + J(G, C) - J(B, C)$ $= 47 + 95 - 40 = 102$	$S(D, F)$	$= J(G, D) + J(G, F) - J(D, F)$ $= 108 + 80 - 108 = 80$
$S(B, D)$	$= J(G, B) + J(G, D) - J(B, D)$ $= 47 + 108 - 82 = 73$	$S(E, F)$	$= J(G, E) + J(G, F) - J(E, F)$ $= 230 + 80 - 177 = 133$
$S(B, E)$	$= J(G, B) + J(G, E) - J(B, E)$ $= 47 + 230 - 205 = 72$		

Sumber: Data Diolah, Tahun 2020.

Pada Table 2.6 dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan perhitungan matriks penghematan (*Saving Matrix*) dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.14 dengan menggunakan Tabel 2.2 Matriks Jarak Konsumen untuk menghitung jaraknya. Pada $S(A, B) = J(G, A) + J(G, B) - J(A, B)$, untuk menghitung nilai dari $J(G, A)$ dapat diperhatikan dari kolom kedua baris pertama yaitu G dan kolom pertama baris ketiga yaitu A sehingga untuk nilai dari $J(G, A)$ adalah 28 km. Untuk

menghitung nilai dari $J(G, B)$ dapat diperhatikan dari kolom kedua baris pertama yaitu G dan kolom pertama baris keempat yaitu B sehingga untuk nilai dari $J(G, B)$ adalah 47 km. Untuk menghitung nilai dari $J(A, B)$ dapat diperhatikan dari kolom ketiga baris pertama yaitu A dan kolom keempat baris pertama yaitu B sehingga untuk nilai dari $J(A, B)$ adalah 18 km. Maka hasil dari $S(A, B) = J(G, A) + J(G, B) - J(A, B) = 28 + 47 - 18 = 57$ km. Dengan cara yang sama untuk perhitungan matriks penghematan (*Saving Matrix*) yang lainnya dapat dihitung seperti $S(A, B)$.

Setelah dilakukan perhitungan matriks penghematan (*Saving Matrix*) seperti yang ada pada Tabel 2.6, selanjutnya dapat dibentuk matriks penghematan (*Saving Matrix*) sebagai berikut:

Tabel 2.7 Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) (Km)

Kode Konsumen	A	B	C	D	E	F
A	0	57	75	57	55	64
B	57	0	102	73	72	87
C	75	102	0	168	92	96
D	57	73	168	0	77	80
E	55	72	92	77	0	133
F	64	87	96	80	133	0

Sumber: Data Diolah, Tahun 2020.

Pada Tabel 2.7 untuk mendapatkan matriks penghematan (*Saving Matrix*) dapat diperoleh dengan melihat Tabel 2.6, dimana $S(A, B) = 57$ km dapat ditempatkan pada kolom kedua baris pertama yaitu A dan kolom pertama baris ketiga yaitu B. Dengan cara yang sama untuk perhitungan matriks penghematan (*Saving Matrix*) yang lainnya dapat ditempatkan seperti $S(A, B)$.

Langkah 3 Mengalokasikan Konsumen ke Kendaraan dan Rute berdasarkan Lokasi.

Untuk mempermudah mengalokasikan konsumen ke kendaraan dan rute maka dapat dibuatkan tabel untuk nilai terbesar dari matriks penghematan (*Saving Matrix*) sebagai berikut:

Tabel 2.8 Pengurutan Nilai Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) Terbesar

Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai
1.	168	6.	87	11.	72
2.	133	7.	80	12.	64
3.	102	8.	77	13.	57
4.	96	9.	75	14.	57
5.	92	10.	73	15.	55

Sumber: Data Diolah, Tahun 2020.

Pada Tabel 2.8 dapat diketahui untuk mempermudah pengalokasian konsumen ke kendaraan dan rute dapat diurutkan dari Tabel 2.7 Matriks Penghematan (*Saving Matrix*) dengan memulai nilai matriks dari yang terbesar ke nilai matriks yang terkecil.

Iterasi 1:

Pada nilai matriks penghematan (*Saving Matrix*) yang berada diperingkat pertama dengan nilai 168, dimana nilai 168 merupakan matriks penghematan jarak dari rute konsumen C dan D menjadi satu. Sebelum menggabungkan rute, perlu dicek kelayakan dengan melihat kapasitas kendaraan yang digunakan. Untuk kapasitas kendaraan maksimal dari mobil Truck adalah 20.000 kg dan untuk mengetahui kapasitasnya dapat dilihat dari Tabel 2.1 Data Rata-rata Permintaan Konsumen (Kg) dengan melihat kode konsumen C dan D yaitu 5.500 kg dan 7.340 kg. Jumlah dari kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen adalah 12.840 kg. Sehingga jumlah data rata-rata permintaan konsumen kurang dari kapasitas kendaraan maksimal, maka rute C dan D layak digunakan.

Iterasi 2:

Pada nilai matriks penghematan (*Saving Matrix*) terbesar selanjutnya dengan nilai 133, dimana nilai 133 merupakan matriks penghematan jarak dari rute konsumen E dan F menjadi satu. Untuk kode konsumen E dan F memiliki permintaan sebanyak 7.360 kg dan 6.010 kg. Jumlah dari kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen adalah 13.370 kg. Sehingga jumlah data rata-

rata permintaan konsumen kurang dari kapasitas kendaraan maksimal, maka rute E dan F layak digunakan.

Iterasi 3:

Pada nilai matriks penghematan (*Saving Matrix*) terbesar selanjutnya dengan nilai 102, dimana nilai 102 merupakan matriks penghematan jarak dari rute konsumen B dan C menjadi satu. Pada iterasi sebelumnya telah diperoleh bahwa rute konsumen C dan D layak digunakan dengan jumlah kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen sebesar 12.840 kg. Sedangkan untuk kode konsumen B yaitu 6.430 kg. Jumlah dari kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen adalah 19.270 kg. Sehingga jumlah data rata-rata permintaan konsumen kurang dari kapasitas kendaraan maksimal, maka rute B, C, dan D layak digunakan.

Iterasi 4:

Pada nilai matriks penghematan (*Saving Matrix*) terbesar selanjutnya dengan nilai 96, dimana nilai 96 merupakan matriks penghematan jarak dari rute konsumen C dan F menjadi satu. Pada iterasi sebelumnya telah diperoleh bahwa rute konsumen B, C, dan D layak digunakan dengan jumlah kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen sebesar 19.270 kg dan rute konsumen E dan F layak digunakan dengan jumlah kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen sebesar 13.370 kg. Jumlah dari kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen adalah 32.640 kg. Sehingga jumlah data rata-rata permintaan konsumen lebih dari kapasitas kendaraan maksimal, maka rute B, C, D, E, dan F tidak layak digunakan.

Untuk **Iterasi 5** sampai **Iterasi 11** akan diperoleh rute yang tidak layak digunakan karena jumlah dari kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen melebihi kapasitas kendaraan maksimal dari mobil Truck yang sebesar 20.000 kg. Sehingga akan dilanjutkan perhitungannya pada iterasi 12 sebagai berikut:

Iterasi 12:

Pada nilai matriks penghematan (*Saving Matrix*) terbesar selanjutnya dengan nilai 64, dimana nilai 64 merupakan matriks penghematan jarak dari rute konsumen A dan F menjadi satu. Pada iterasi sebelumnya telah diperoleh bahwa rute konsumen E dan F layak digunakan dengan jumlah kapasitas kendaraan untuk

data rata-rata permintaan konsumen sebesar 13.370 kg. Sedangkan untuk kode konsumen A yaitu 6.140 kg. Jumlah dari kapasitas kendaraan untuk data rata-rata permintaan konsumen adalah 19.510 kg. Sehingga jumlah data rata-rata permintaan konsumen kurang dari kapasitas kendaraan maksimal, maka rute A, E, dan F layak digunakan.

Dari iterasi yang telah diperoleh, maka alokasi konsumen ke kendaraan dan rute adalah sebagai berikut:

- Truck 1 terdiri dari rute konsumen B, C, dan D.
- Truck 2 terdiri dari rute konsumen A, E, dan F.

Sehingga dengan memaksimalkan kapasitas angkut kendaraan, metode matriks penghematan (*Saving Matrix*) dapat menghemat total kendaraan yang awalnya terdapat 6 Truck menjadi 2 Truck.

Langkah 4 Mengurutkan Konsumen kedalam Rute yang sudah terdefinisi, yaitu diperoleh pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

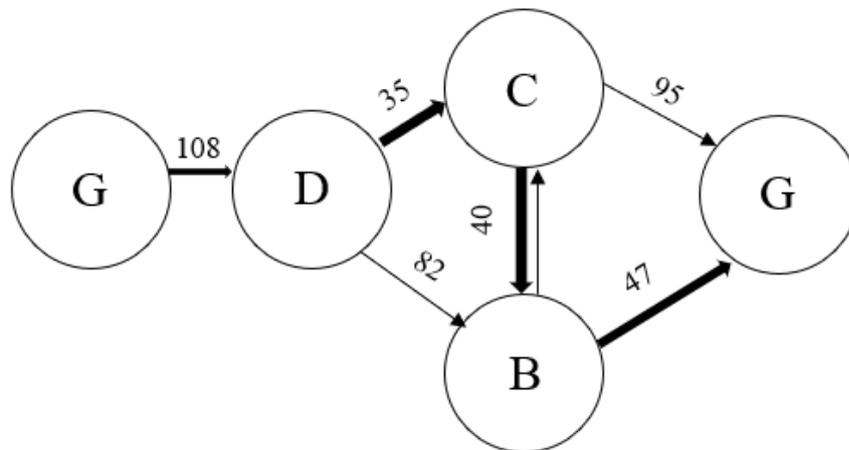
Tabel 2.9 Urutan Rute Pengiriman dengan Metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor*

Metode	Rute	Urutan Rute	Total Jarak (Km)
<i>Farthest Insert</i>	B, C, dan D	$G \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow G$	230
		$G \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow G$	322
	A, E, dan F	$G \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow G$	479
		$G \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow F \rightarrow G$	557
<i>Nearest Insert</i>	B, C, dan D	$G \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow G$	230
		$G \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$	230
	A, E, dan F	$G \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow G$	479
		$G \rightarrow A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow G$	479
<i>Nearest Neighbor</i>	B, C, dan D	$G \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$	230
		$G \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow G$	259
	A, E, dan F	$G \rightarrow A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G$	488
		$G \rightarrow A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow G$	479

Sumber: Data Diolah, Tahun 2020.

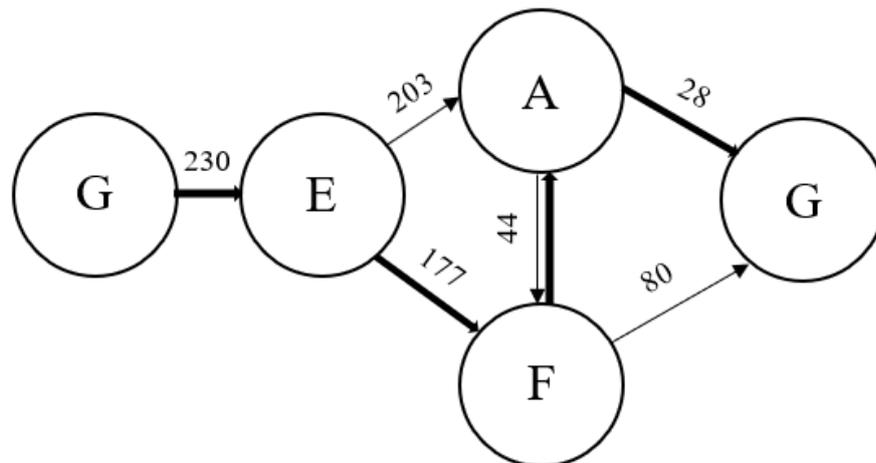
Pada Tabel 2.9 diketahui bahwa dengan menggunakan metode *Farthest Insert* untuk rute konsumen B, C, dan D lebih tepat menggunakan urutan rute $G \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow G$ dengan total jarak 230 km dan untuk rute konsumen A, E, dan F lebih tepat menggunakan urutan rute $G \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow G$ dengan total jarak 479 km. Pada metode *Nearest Insert* urutan rute konsumen B, C, dan D dapat menggunakan 2 rute sebagai berikut $G \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow G$ dan $G \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$ dengan total jarak 230 km dan untuk rute konsumen A, E, dan F dapat menggunakan 2 rute sebagai berikut $G \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow G$ dan $G \rightarrow A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow G$ dengan total jarak 479 km. Sedangkan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor* urutan rute konsumen B, C, dan D lebih tepat menggunakan urutan rute $G \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$ dengan total jarak 230 km dan urutan rute konsumen A, E, dan F lebih tepat menggunakan $G \rightarrow A \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow G$ dengan total jarak 479 km.

Selain dalam bentuk Tabel 2.9 urutan rute pengiriman dapat direpresentasikan dengan menggunakan jaringan kerja (*Network Planning*) sebagai berikut:



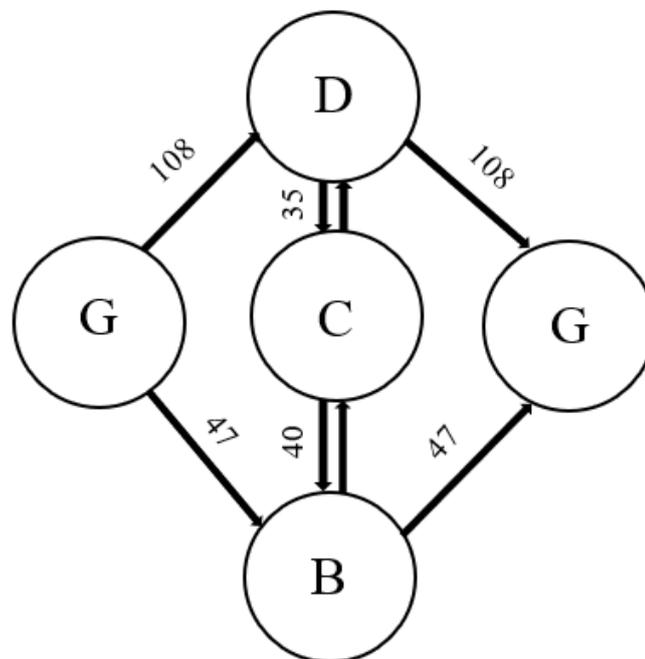
Gambar 2.4 Jaringan Kerja Rute B, C, dan D dengan Metode *Farthest Insert*

Pada Gambar 2.4 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute B, C, dan D dengan menggunakan metode *Farthest Insert* diperoleh jalur kritisnya dimulai dari $G \rightarrow D$ dengan jarak 108 km lalu $D \rightarrow C$ dengan jarak 35 km $C \rightarrow B$ dengan jarak 40 km dan $B \rightarrow G$ dengan jarak 47 km. Sehingga total jarak jalur kritis dari rute B, C, dan D yaitu 230 km.



Gambar 2.5 Jaringan Kerja Rute A, E, dan F dengan Metode *Farthest Insert*

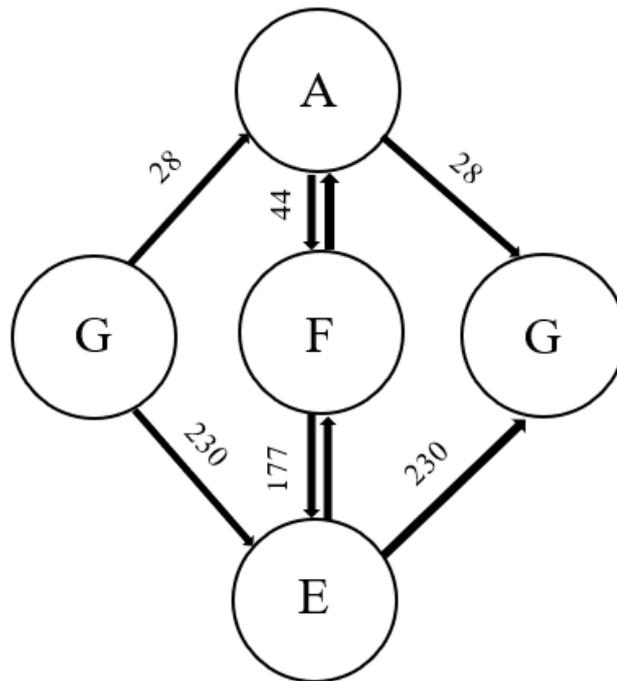
Pada Gambar 2.5 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute A, E, dan F dengan menggunakan metode *Farthest Insert* diperoleh jalur kritisnya dimulai dari $G \rightarrow E$ dengan jarak 230 km lalu $E \rightarrow F$ dengan jarak 177 km $F \rightarrow A$ dengan jarak 44 km dan $A \rightarrow G$ dengan jarak 28 km. Sehingga total jarak jalur kritis dari rute A, E, dan F yaitu 479 km.



Gambar 2.6 Jaringan Kerja Rute B, C, dan D dengan Metode *Nearest Insert*

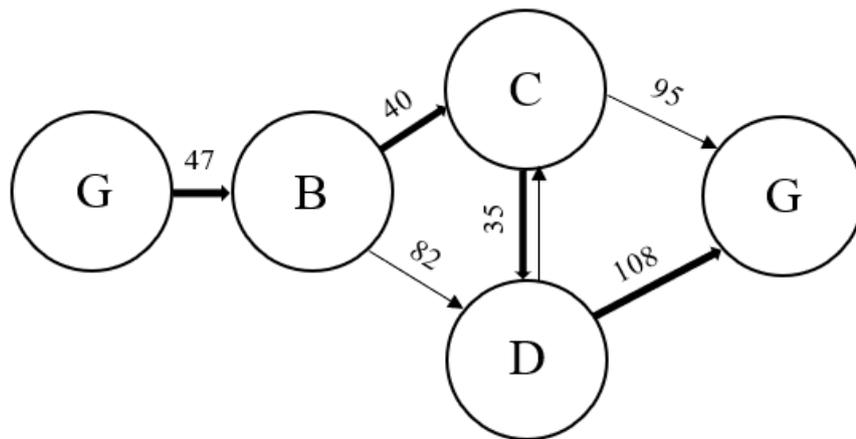
Pada Gambar 2.6 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute B, C, dan D dengan menggunakan metode *Nearest Insert* diperoleh jalur kritisnya adalah

seluruh jalurnya, dapat dimulai dari $G \rightarrow D$ dengan jarak 108 km lalu $D \rightarrow C$ dengan jarak 35 km $C \rightarrow B$ dengan jarak 40 km dan $B \rightarrow G$ dengan jarak 47 km ataupun dimulai dari $G \rightarrow B$ dengan jarak 47 km lalu $B \rightarrow C$ dengan jarak 40 km $C \rightarrow D$ dengan jarak 35 km dan $D \rightarrow G$ dengan jarak 108 km. Sehingga total jarak dari kedua jalur kritis pada rute B, C, dan D yaitu 230 km.



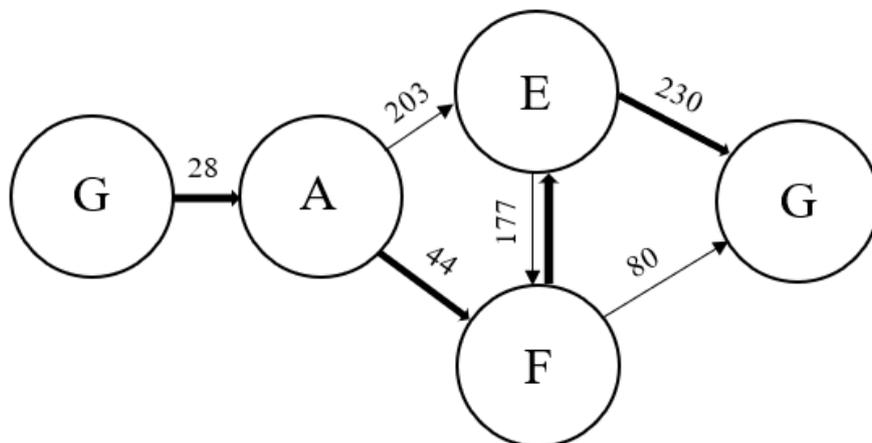
Gambar 2.7 Jaringan Kerja Rute A, E, dan F dengan Metode *Nearest Insert*

Pada Gambar 2.7 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute A, E, dan F dengan menggunakan metode *Nearest Insert* diperoleh jalur kritisnya adalah seluruh jalurnya, dapat dimulai dari $G \rightarrow A$ dengan jarak 28 km lalu $A \rightarrow F$ dengan jarak 44 km $F \rightarrow E$ dengan jarak 177 km dan $E \rightarrow G$ dengan jarak 230 km ataupun dimulai dari $G \rightarrow E$ dengan jarak 230 km lalu $E \rightarrow F$ dengan jarak 177 km $F \rightarrow A$ dengan jarak 44 km dan $A \rightarrow G$ dengan jarak 28 km. Sehingga total jarak dari kedua jalur kritis pada rute A, E, dan F yaitu 479 km.



Gambar 2.8 Jaringan Kerja Rute B, C, dan D dengan Metode *Nearest Neighbor*

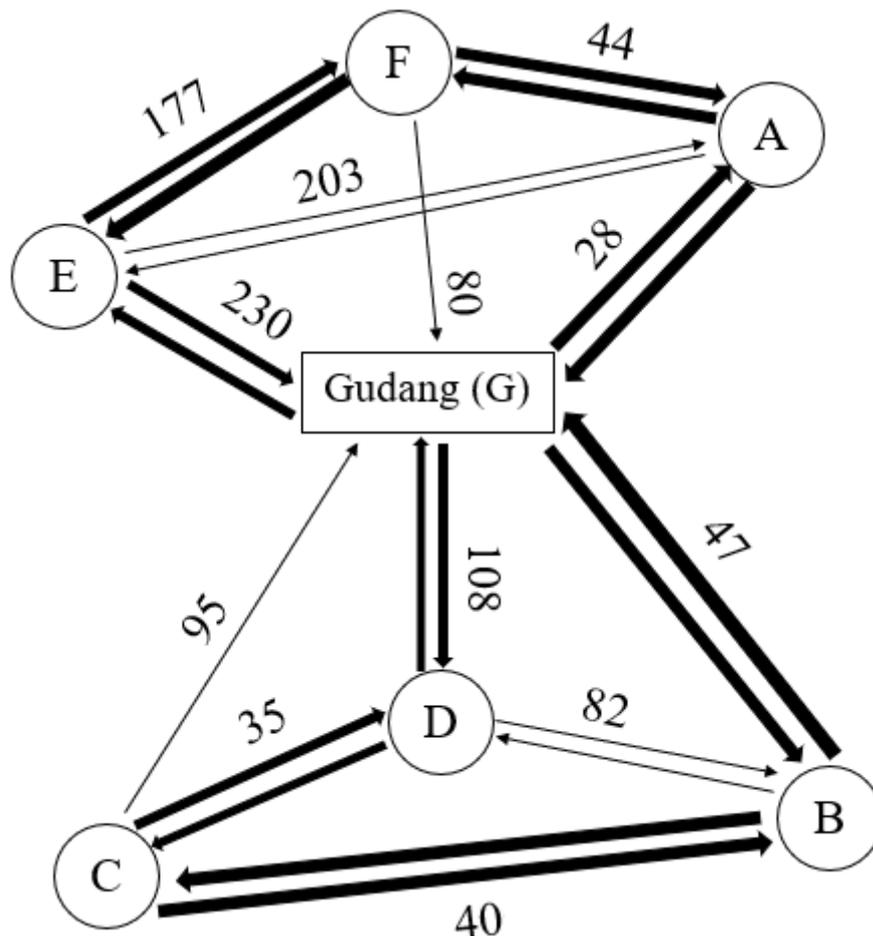
Pada Gambar 2.8 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute B, C, dan D dengan menggunakan metode *Nearest Neighbour* diperoleh jalur kritisnya dimulai dari $G \rightarrow B$ dengan jarak 47 km lalu $B \rightarrow C$ dengan jarak 40 km $C \rightarrow D$ dengan jarak 35 km dan $D \rightarrow G$ dengan jarak 108 km. Sehingga total jarak jalur kritis dari rute B, C, dan D yaitu 230 km.



Gambar 2.9 Jaringan Kerja Rute A, E, dan F dengan Metode *Nearest Neighbor*

Pada Gambar 2.9 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute A, E, dan F dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor* diperoleh jalur kritisnya dimulai dari $G \rightarrow A$ dengan jarak 28 km lalu $A \rightarrow F$ dengan jarak 44 km $F \rightarrow E$ dengan jarak 177 km dan $E \rightarrow G$ dengan jarak 230 km. Sehingga total jarak jalur kritis dari rute A, E, dan F yaitu 479 km.

Berikut ini merupakan representasi gambar jaringan kerja dari Tabel 2.9 secara keseluruhan dengan menggunakan metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor*:



Gambar 2.10 Jaringan Kerja Rute A, B, C, D, E, dan F dengan Metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor*

Pada Gambar 2.10 dapat diketahui bahwa jaringan kerja dari rute A, B, C, D, E, dan F dengan menggunakan metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor* diperoleh jalur kritisnya pada rute B, C, dan D dimulai dari $G \rightarrow D$ dengan jarak 108 km lalu $D \rightarrow C$ dengan jarak 35 km $C \rightarrow B$ dengan jarak 40 km dan $B \rightarrow G$ dengan jarak 47 km ataupun dapat dimulai dari $G \rightarrow B$ dengan jarak 47 km lalu $B \rightarrow C$ dengan jarak 40 km $C \rightarrow D$ dengan jarak 35 km dan $D \rightarrow G$ dengan jarak 108 km. Sehingga total jarak masing-masing jalur kritis dari rute B, C, dan D yaitu 230 km. Sedangkan jalur kritisnya rute A, E, dan F dimulai dari $G \rightarrow E$ dengan jarak 230 km lalu $E \rightarrow F$ dengan jarak 177 km $F \rightarrow A$ dengan jarak 44 km dan $A \rightarrow G$ dengan

jarak 28 km ataupun dapat dimulai dari $G \rightarrow A$ dengan jarak 28 km lalu $A \rightarrow F$ dengan jarak 44 km $F \rightarrow E$ dengan jarak 177 km dan $E \rightarrow G$ dengan jarak 230 km. Sehingga total jarak masing-masing jalur kritis dari rute A, E, dan F yaitu 479 km. Diperoleh dari kedua rute total jaraknya adalah 709 km.

Sehingga dari ketiga metode diatas, urutan rute konsumen yang lebih tepat digunakan adalah dapat menggunakan metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor* karena masing-masing urutan rute konsumen menghasilkan jarak yang sama yaitu, untuk urutan rute konsumen B, C, dan D adalah 230 km dan urutan rute konsumen A, E, dan F adalah 479 km. Sehingga total jarak dengan menggunakan metode *Saving Matrix* adalah 709 km. Berikut ini akan diberikan Tabel 2.10 terkait perbandingan sebelum dan setelah menggunakan metode *Saving Matrix*.

Tabel 2.10 Efisiensi Jarak dan Biaya Transportasi

No.	Metode	Jumlah Rute	Total Jarak Tempuh (Km)	Total Biaya (Rp.)
1.	Sebelum	6	1.176	11.539.040
2.	<i>Saving Matrix</i>	2	709	4.864.701,66
Selisih		4	467	6.674.338,674
Penghematan			39,71%	57,84%

Sumber: Data Diolah, Tahun 2020.

Pada Tabel 2.10 diketahui bahwa selisih jarak sebelum menggunakan metode dan setelah menggunakan metode *Saving Matrix* diperoleh 467 km dengan penghematan sebesar 39,71%. Sedangkan untuk total biaya, diperoleh diawal sebesar Rp. 11.539.040 dan setelah menggunakan metode *Saving Matrix* diperoleh Rp. 4.864.701,66 sehingga selisih biaya tersebut sebesar Rp. 6.674.338,674 dengan penghematan sebesar 57,84%. Sehingga dari Tabel 2.10 dapat diketahui bahwa metode *Saving Matrix* lebih tepat digunakan oleh perusahaan Bunga Bangsa Group Co. dengan metode penentuan rute dapat dipilih antara lain dengan menggunakan metode *Farthest Insert*, *Nearest Insert*, ataupun *Nearest Neighbor*.