

**OPTIMASI DISTRIBUSI LPG UNTUK MEMENUHI *DEMAND*
DENGAN METODE *HYBRID INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING DAN PENJADWALAN HEURISTIK
MENGUNAKAN *GOOGLE COLLABORATORY* DI
TERMINAL LPG *FLOATING STORAGE* SEMARANG**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA (S1) PADA PROGRAM STUDI
TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS
ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



DISUSUN OLEH :

EKO ADI PRASETYO

NIM 31602300089

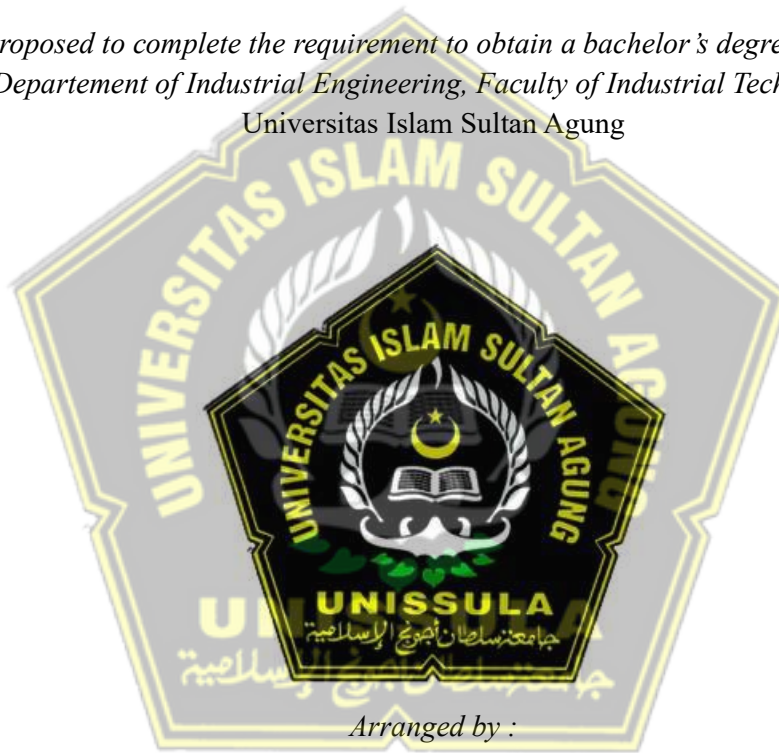
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

FINAL PROJECT

***OPTIMIZATION OF LPG DISTRIBUTION TO MEET DEMAND
USING A HYBRID INTEGER LINEAR PROGRAMMING
METHOD AND HEURISTIC SCHEDULING WITH GOOGLE
COLABORATORY AT THE SEMARANG LPG FLOATING
STORAGE TERMINAL***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Islam Sultan Agung*



Arranged by :

**EKO ADI PRASETYO
NIM 31602300089**

***DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025***

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“OPTIMASI DISTRIBUSI LPG UNTUK MEMENUHI *DEMAND* DENGAN METODE *HYBRID INTEGER LINEAR PROGRAMMING* DAN PENJADWALAN HEURISTIK MENGGUNAKAN *GOOGLE COLLABORATORY* DI TERMINAL LPG *FLOATING STORAGE SEMARANG*”** ini disusun oleh:

Nama : Eko Adi Prasetyo

NIM : 31602300089

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I


Dr. Nurwidiana, ST., MT.

NIDN. 0604027901

Mengetahui,
Kepala Program Studi Teknik Industri


Wirwik Fatmawati, S.T., M.Eng

NIDN. 0622107401

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**OPTIMASI DISTRIBUSI LPG UNTUK MEMENUHI DEMAND DENGAN METODE HYBRID INTEGER LINEAR PROGRAMMING DAN PENJADWALAN HEURISTIK MENGGUNAKAN GOOGLE COLLABORATORY DI TERMINAL LPG FLOATING STORAGE SEMARANG**” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari :

Tanggal :



TIM PENGUJI

Anggota I

Anggota II

Ir. Hj. Eli Mas'idah, MT.

NIDN. 0615066601

Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng.

NIDN. 0622107401

Ketua Penguji

A handwritten signature in blue ink, belonging to Ir. Hj. Eli Mas'idah, MT.

Ir. Hj. Eli Mas'idah, MT.

NIDN. 0615066601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eko Adi Prasetyo

NIM : 31602300089

Program Studi : Teknik Industri

Judul Tugas Akhir : Optimasi Distribusi LPG Untuk Memenuhi *Demand* Dengan Metode *Hybrid Integer Linear Programming* dan Penjadwalan Heuristik Menggunakan Google *Collaboratory* di Terminal LPG *Floating Storage* Semarang

Dengan ini Saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang Saya buat dalam rangka menyelesaikan pendidikan tersebut adalah ASLI dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian,

Dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir yang Saya buat pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka Saya bersedia dikenakan sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 28 November 2025

Yang menyatakan



Eko Adi Prasetyo

31602300089

SURAT PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eko Adi Prasetyo

NIM : 31602300089

Fakultas : Teknologi Industri

Program Studi : Teknik Industri

Judul Tugas Akhir : Optimasi Distribusi LPG Untuk Memenuhi *Demand* Dengan Metode *Hybrid Integer Linear Programming* dan Penjadwalan Heuristik Menggunakan Google *Collaboratory* di Terminal *LPG Floating Storage* Semarang

Dengan ini menyatakan setuju bahwa karya ilmiah dengan judul tersebut di atas menjadi milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti non Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola pada pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Apabila dikemudian hari ditemui adanya pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini maka segala bentuk tuntutan akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 28 November 2025



Eko Adi Prasetyo

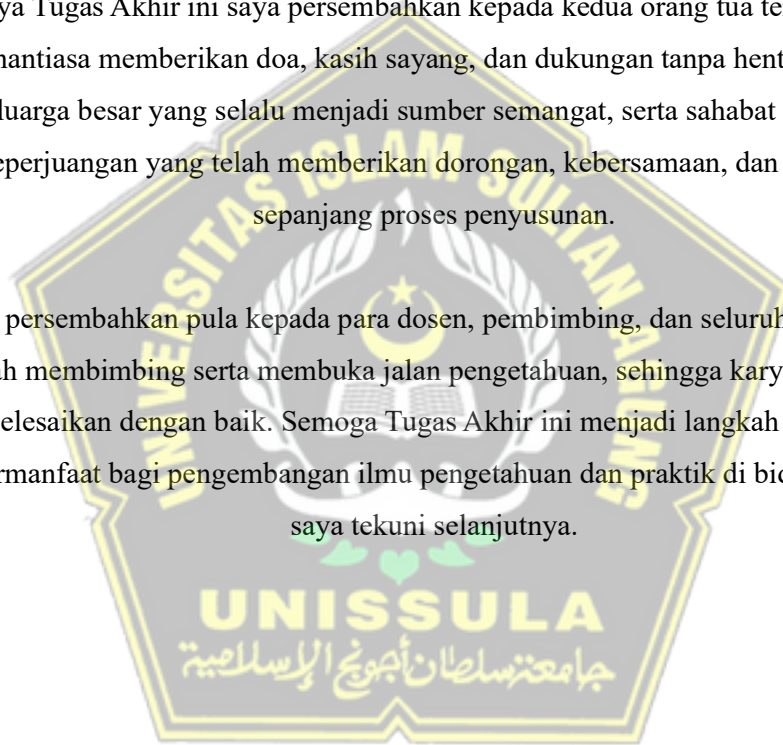
31602300089

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, berkah dan kemudahannya dalam menyelesaikan penelitian dan pembuatan laporan penelitian Tugas Akhir ini.

Karya Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan tanpa henti. Kepada keluarga besar yang selalu menjadi sumber semangat, serta sahabat dan rekan seperjuangan yang telah memberikan dorongan, kebersamaan, dan inspirasi sepanjang proses penyusunan.

Saya persembahkan pula kepada para dosen, pembimbing, dan seluruh pihak yang telah membimbing serta membuka jalan pengetahuan, sehingga karya ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Tugas Akhir ini menjadi langkah kecil yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang yang saya tekuni selanjutnya.



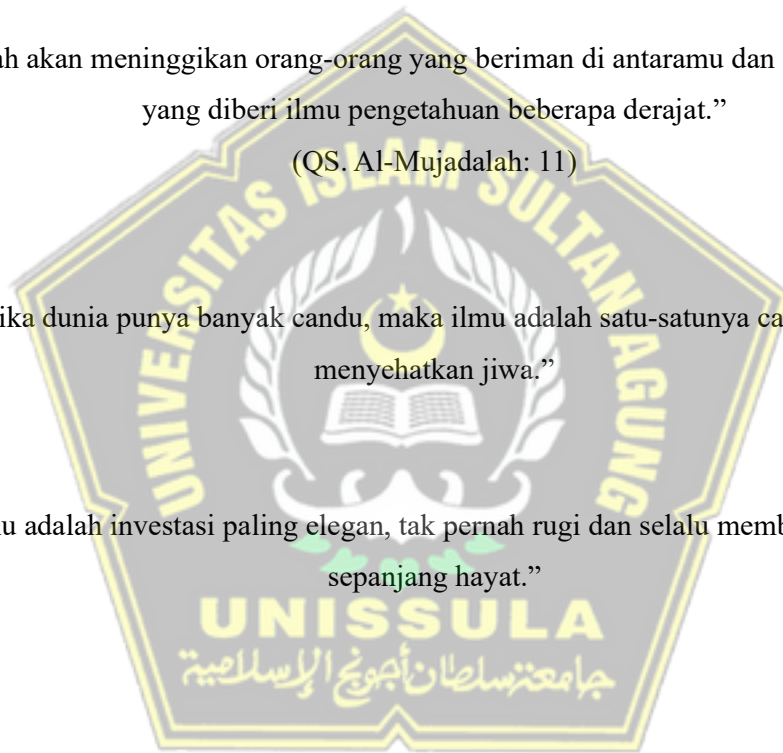
HALAMAN MOTTO

“Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”
(HR. Muslim)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”
(QS. Al-Mujadalah: 11)

“Jika dunia punya banyak candu, maka ilmu adalah satu-satunya candu yang
menyehatkan jiwa.”

“Ilmu adalah investasi paling elegan, tak pernah rugi dan selalu memberi dividen
sepanjang hayat.”



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang mana atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun laporan Tugas Akhir ini dengan lancar. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada nabi kita, nabi akhir zaman yaitu Nabi Muhammad SAW.

Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk meraih gelar Sarjana (S1) di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penelitian Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dari banyak pihak. Dengan hati yang tulus pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T, IPU.ASEAN.,Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Unissula beserta jajarannya.
2. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Unissula beserta jajarannya.
3. Ibu Dr. Nurwidiana, ST., MT. selaku Dosen pembimbing dan selaku Koordinator Tugas Akhir yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, waktu dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ir. Hj. Eli Mas'idah, MT dan Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng selaku dosen penguji yang telah melakukan pengujian terhadap kelayakan Tugas Akhir serta memberikan bimbingan sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Kedua orang tua saya, istri, anak dan keluarga besar yang telah memberikan banyak dukungan, doa, semangat serta menemani dalam suka duka selama penulisan laporan ini. Tanpa doa, kasih, dan dukungan keluarga, karya ini tidak akan pernah terwujud.
6. Rekan-rekan Teknik Industri khususnya kelas mitra angkatan 2023 yang telah kebersamai penulis selama kuliah di Universitas Sultan Agung Semarang.
7. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan penelitian Tugas Akhir ini, maka kritik dan saran akan selalu penulis terima untuk menyempurnakan laporan penelitian Tugas Akhir ini. Besar harapan penulis semoga kedepannya laporan ini dapat bermanfaat terutama untuk dunia pendidikan di Indonesia, Terimakasih.

Wassalamu'alaikumWr. Wb.

Semarang, 28 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL (BAHASA INDONESIA)	i
HALAMAN SAMPUL (BAHASA INGGRIS)	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR ISTILAH.....	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	7
1.3 Pembatasan Masalah.....	8
1.4 Tujuan	8
1.5 Manfaat	8
1.6 Sistematika Penulisan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	10
2.1 Tinjauan Pustaka	10
2.2 Landasan Teori.....	20
2.2.1 Teori Optimasi	20
2.2.2 Integer Linear Programming (ILP)	20
2.2.3 Metode Heuristik	22

2.2.4 Manajemen Distribusi.....	22
2.2.5 Sistem Transportasi dan Logistik.....	23
2.2.6 Python pada Google Collaboratory.....	23
2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis	24
2.3.1 Hipotesis	24
2.3.2 Kerangka Teoritis.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Pengumpulan Data	26
3.2 Teknik Pengumpulan Data	26
3.3 Pengolahan Data	27
3.4 Pengujian Hipotesa	28
3.5 Metode Analisis	28
3.6 Pembahasan.....	29
3.7 Penarikan Kesimpulan	29
3.8 Diagram Alir	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengumpulan Data.....	31
4.1.1 Deskripsi Perusahaan	31
4.1.2 Alur Distribusi LPG.....	31
4.1.3 Data Terminal LPG Floating Storage Semarang.....	32
4.1.4 Data Skid Tank.....	32
4.1.4.1 Skid Tank Pola Milik.....	34
4.1.4.2 Skid Tank Pola Sewa	36
4.1.4.3 Skid Tank Pola Tarif.....	39
4.1.5 Data SPBE	39
4.2 Pengolahan Data	41
4.2.1 Pembuatan Database pada Microsoft Excel.....	41
4.2.2 Penggabungan Informasi	41
4.2.3 Perumusan Model Matematis	42
4.2.3.1 Fungsi Obyektif atau Fungsi Tujuan	42
4.2.3.2 Fungsi Kendala.....	42

4.2.4 Implementasi Model Matematis pada Python.....	43
4.2.5 Tampilan Output Hasil	51
4.3 Analisis dan Interpretasi	52
4.3.1 Analisis Hasil Optimasi	52
4.3.2 Analisis Efisiensi Distribusi.....	56
4.3.2.1 Analisis Biaya Distribusi Skid Tank Pola Milik.....	56
4.3.2.2 Analisis Biaya Distribusi Skid Tank Pola Sewa	59
4.3.2.3 Analisis Biaya Distribusi Skid Tank Pola Tarif.....	64
4.4 Pembuktian Hipotesa	66
4.4.1 Pembuktian Hipotesa Pemenuhan Demand SPBE	66
4.4.2 Pembuktian Hipotesa Efisiensi Biaya Pengiriman	67
4.4.3 Analisis Penjadwalan Bulan Berikutnya.....	68
BAB V PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN.....	71



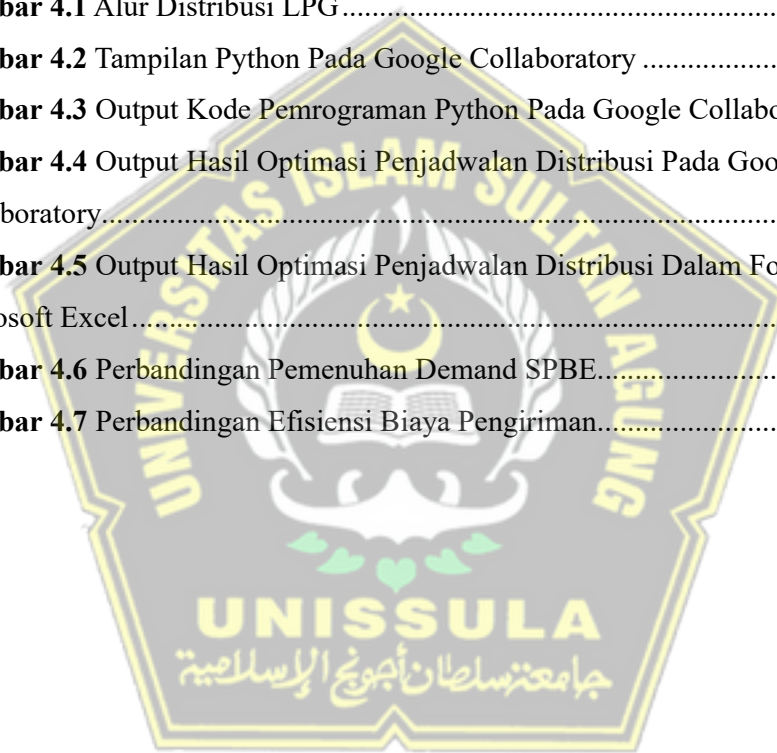
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Realisasi Distribusi dan Demand Bulan Mei 2025 Terminal LPG Floating Storage Semarang	4
Tabel 1.2 Breakdown Jenis Pola Skid Tank Pengiriman Bulan Mei 2025 Terminal LPG Floating Storage Semarang.....	5
Tabel 1.3 Data Skid Tank Yang Beroperasi Bulan Mei 2025	6
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	12
Tabel 4.1 Daftar Skid Tank	33
Tabel 4.2 Komponen Biaya Jenis Pola Pengiriman.....	34
Tabel 4.3 Komponen Biaya AMT (Awak Mobil Tangki) Pola Milik	35
Tabel 4.4 Daftar Rasio Konsumsi BBM Own Use Skid Tank.....	35
Tabel 4.5 Komponen Biaya Maintenance Skid Tank	35
Tabel 4.6 Biaya Investasi Skid Tank Pola Milik.....	36
Tabel 4.7 Komponen Biaya AMT (Awak Mobil Tangki) Pola Sewa	37
Tabel 4.8 Daftar Rasio Konsumsi BBM Own Use Skid Tank.....	37
Tabel 4.9 Komponen Biaya Maintenance Skid Tank	37
Tabel 4.10 Biaya Sewa Skid Tank Pola Sewa	38
Tabel 4.11 Daftar Biaya Tarif Skid Tank	39
Tabel 4.12 Data SPBE	40
Tabel 4.13 Database Gabungan SPBE.....	41
Tabel 4.14 Alur Input Prompt Pada Pemrograman Python Google Collaboratory.....	45
Tabel 4.15 Rekap Hasil Output Penjadwalan Distribusi pada Google Collaboratory.....	53
Tabel 4.16 Jadwal Distribusi Ke SPBE Abdi Manunggal Tegal Pada Tanggal 1 ..	53
Tabel 4.17 Jadwal Distribusi LPG Pada Tanggal 1	54
Tabel 4.18 Jadwal Distribusi LPG Ke SPBE Abdi Manunggal Tegal.....	55
Tabel 4.19 Jadwal Distribusi LPG Armada Skid Tank AB8029AE	56
Tabel 4.20 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu....	57
Tabel 4.21 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru.....	57

Tabel 4.22 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu.....	57
Tabel 4.23 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru	58
Tabel 4.24 Analisa Biaya Investasi Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu.....	58
Tabel 4.25 Analisa Biaya Investasi Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru	58
Tabel 4.26 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu.....	59
Tabel 4.27 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru	59
Tabel 4.28 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu....	60
Tabel 4.29 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru	60
Tabel 4.30 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu.....	61
Tabel 4.31 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru	61
Tabel 4.32 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu.....	62
Tabel 4.33 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru	62
Tabel 4.34 Analisa Biaya Sewa Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu....	63
Tabel 4.35 Analisa Biaya Sewa Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru	63
Tabel 4.36 Analisa Biaya Pola Tarif Skid Tank Penjadwalan Terdahulu	64
Tabel 4.37 Analisa Biaya Pola Tarif Skid Tank Penjadwalan Baru.....	65
Tabel 4.38 Perbandingan Tingkat Pemenuhan Demand SPBE Penjadwalan Terdahulu Dengan Penjadwalan Baru	66
Tabel 4.39 Perbandingan Efisiensi Biaya Pengiriman Penjadwalan Terdahulu Dengan Penjadwalan Baru Periode Mei 2025	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pola Suplai LPG Nasional	1
Gambar 1.2 Pola Distribusi LPG	2
Gambar 1.3 Terminal LPG Floating Storage Semarang	3
Gambar 2.1 Kerangka Teoritis.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir	30
Gambar 4.1 Alur Distribusi LPG	32
Gambar 4.2 Tampilan Python Pada Google Collaboratory	44
Gambar 4.3 Output Kode Pemrograman Python Pada Google Collaboratory	51
Gambar 4.4 Output Hasil Optimasi Penjadwalan Distribusi Pada Google Collaboratory.....	51
Gambar 4.5 Output Hasil Optimasi Penjadwalan Distribusi Dalam Format Microsoft Excel.....	52
Gambar 4.6 Perbandingan Pemenuhan Demand SPBE.....	67
Gambar 4.7 Perbandingan Efisiensi Biaya Pengiriman.....	68



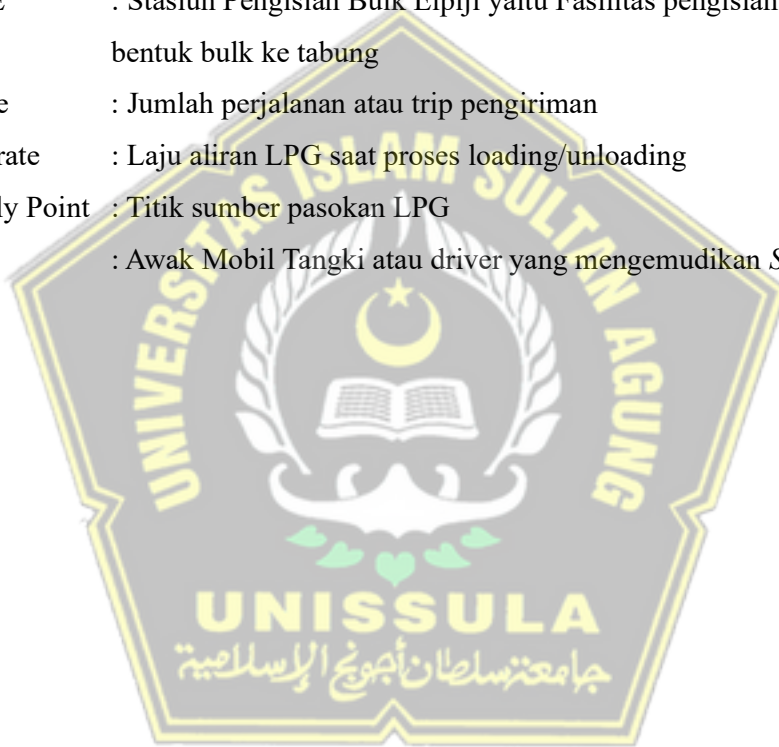
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Penjadwalan Distribusi LPG	L-1
---	-----



DAFTAR ISTILAH

Demand	: Permintaan LPG dari konsumen atau SPBE dalam periode tertentu
Skid Tank	: Tangki LPG/BBM berkapasitas besar yang dipasang pada rangka (skid) dan digunakan untuk distribusi
Own Use	: Pemakaian BBM untuk kebutuhan sendiri
SPBE	: Stasiun Pengisian Bulk Elpiji yaitu Fasilitas pengisian LPG dalam bentuk bulk ke tabung
Ritase	: Jumlah perjalanan atau trip pengiriman
Flowrate	: Laju aliran LPG saat proses loading/unloading
Supply Point	: Titik sumber pasokan LPG
AMT	: Awak Mobil Tangki atau driver yang mengemudikan <i>Skid Tank</i>



ABSTRAK

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu sumber energi utama bagi rumah tangga dan industri di Indonesia. Kehandalan dan efisiensi sistem distribusinya menjadi tanggung jawab strategis PT Pertamina (Persero) sebagai Badan Usaha Milik Negara di sektor energi. Namun, proses penjadwalan distribusi LPG saat ini, khususnya di Terminal LPG Floating Storage Semarang, masih dilakukan secara konvensional dan seringkali tidak mampu menyeimbangkan supply dengan demand akibat fluktuasi permintaan harian, keterbatasan armada, serta ketidakpastian waktu bongkar muat. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan distribusi LPG dengan pendekatan hybrid yang mengintegrasikan metode Integer Linear Programming (ILP) dan penjadwalan heuristik, yang diimplementasikan melalui Google Colaboratory.

Model yang dikembangkan dirancang untuk meminimalkan biaya distribusi sekaligus memastikan seluruh permintaan di Stasiun Pengisian Bulk Elpiji (SPBE) dapat terpenuhi tanpa terjadi kekurangan maupun surplus berlebih. Penelitian menggunakan data distribusi bulan Mei 2025, dengan analisis pola pemanfaatan armada dan kendala operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model hybrid mampu menjamin ketersediaan pasokan LPG pada semua SPBE sejumlah 18 SPBE, sehingga ketimpangan distribusi antar SPBE dapat ditekan secara signifikan. Selain itu, efisiensi penggunaan armada meningkat dengan penjadwalan yang lebih seimbang, menghasilkan penghematan biaya operasional sebesar Rp.218.959.610,00 dan peningkatan kehandalan pasokan SPBE dengan tingkat pemenuhan sebesar 100% yang awalnya hanya sebesar 33,3%.

Kata Kunci : Distribusi LPG, Integer Linear Programming, Optimasi, Penjadwalan Heuristik, Google Colaboratory, Logistik

ABSTRACT

Liquefied Petroleum Gas (LPG) is one of the primary energy sources for households and industries in Indonesia. The reliability and efficiency of its distribution system is a strategic responsibility of PT Pertamina (Persero) as a state-owned enterprise in the energy sector. However, the current scheduling process for LPG distribution, particularly at the Semarang LPG Floating Storage Terminal, is still conducted conventionally and often fails to balance supply and demand due to fluctuating daily requests, limited fleet availability, and unpredictable loading and unloading times. This study aims to optimize LPG distribution scheduling through a hybrid approach that integrates Integer Linear Programming (ILP) and heuristic scheduling, implemented using Google Colaboratory.

The developed model is designed to minimize distribution costs while ensuring that all demands at Stasiun Pengisian Bulk Elpiji (SPBE) are met without shortages or excessive surpluses. The research utilizes distribution data from May 2025, analyzing fleet utilization patterns and operational constraints. The results show that the hybrid model successfully ensured LPG supply availability across all 18 SPBE, significantly reducing distribution imbalances. Moreover, fleet efficiency improved through more balanced scheduling, resulting in operational cost savings of IDR 218,959,610 and an increase in supply reliability, with fulfillment levels reaching 100% compared to the initial 33.3%.

Keywords : *LPG Distribution, Integer Linear Programming, Optimization, Heuristic Scheduling, Google Colaboratory, Energy Logistics*

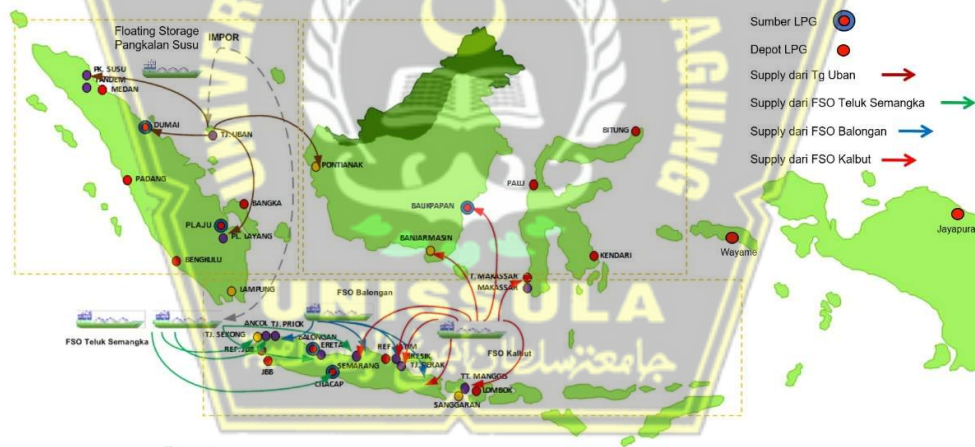
UNISSULA
جامعة سلطان أبوبنح الإسلامية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

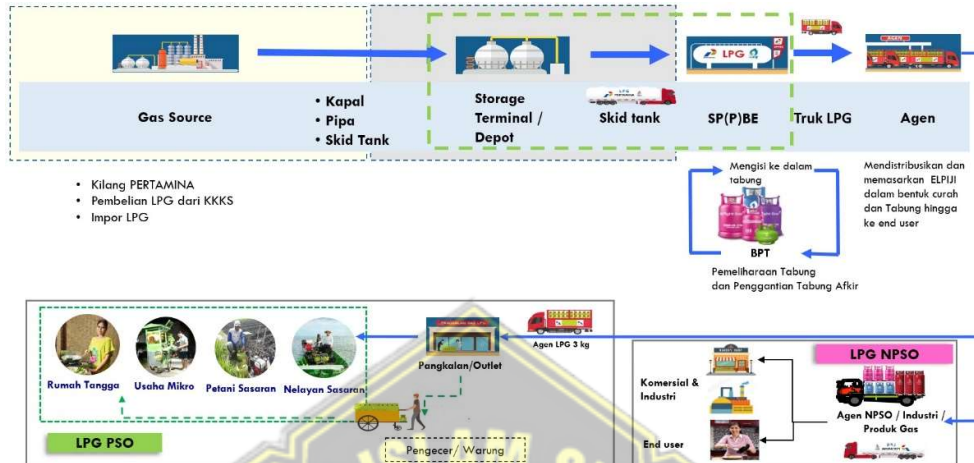
Sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di sektor energi, PT Pertamina (Persero) memiliki tugas pokok yang diamanatkan oleh negara untuk dapat menjamin ketersediaan dan distribusi energi bagi seluruh rakyat Indonesia. Energi merupakan kebutuhan dasar yang menyangkut hajat hidup orang banyak, sehingga keberlangsungan pasokan dan distribusinya menjadi tanggung jawab strategis yang harus dijalankan secara handal dan berkelanjutan. Dalam hal ini, PT Pertamina (Persero) dituntut untuk terus meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasionalnya, termasuk dalam hal distribusi *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) yang menjadi salah satu sumber energi utama masyarakat. Distribusi LPG merupakan salah satu bagian yang penting dalam proses rantai pasok energi nasional, terutama dalam memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri secara tepat waktu dan tepat jumlah. Optimalisasi distribusi LPG melalui pendekatan linear programming terbukti mampu meningkatkan efisiensi biaya dan ketepatan alokasi wilayah distribusi, khususnya dalam sistem distribusi tertutup (Nurbani, 2020).



Gambar 1.1 Pola Suplai LPG Nasional

Pola suplai LPG nasional di Indonesia merupakan sistem distribusi yang kompleks dan terkoordinasi, yang menghubungkan berbagai sumber LPG dengan depot-depot di seluruh wilayah Indonesia. Suplai LPG dimulai dari beberapa titik sumber utama, seperti *Floating Storage* (FSO). Titik-titik ini berfungsi sebagai pusat penerimaan dan penyimpanan LPG sebelum didistribusikan lebih lanjut. Distribusi LPG dilakukan melalui jalur laut menggunakan kapal tanker, yang kemudian menyalurkan LPG ke berbagai depot di wilayah Indonesia. Pola ini menunjukkan bahwa distribusi LPG nasional sangat bergantung pada transportasi laut dan pengelolaan logistik yang efektif, mengingat kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan. Sistem ini dirancang untuk memastikan ketersediaan

LPG secara merata di seluruh wilayah, mendukung kebutuhan rumah tangga, industri, dan sektor lainnya.



Gambar 1.2 Pola Distribusi LPG

Pola distribusi LPG di Indonesia, sebagaimana tergambar dalam ilustrasi, menunjukkan alur yang sistematis dari sumber gas hingga ke pengguna akhir, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Distribusi dimulai dari tiga sumber utama: kilang Pertamina, pembelian dari KKKS (Kontraktor Kontrak Kerja Sama), dan impor LPG. LPG dari sumber ini kemudian diangkut menuju terminal atau depot penyimpanan menggunakan berbagai moda transportasi seperti kapal, pipa, dan armada *skid tank*.

Setelah LPG tiba di terminal atau depot, proses distribusi dilanjutkan ke SPBE (Stasiun Pengisian Bulk Elpiji) menggunakan *skid tank*. Di SPBE, LPG kemudian dikirimkan ke agen melalui truk LPG. Agen berperan penting dalam mendistribusikan LPG dalam bentuk tabung ke konsumen akhir. Di titik ini, LPG juga melewati Bengkel Pemeliharaan Tabung (BPT) untuk proses pemeliharaan, dan penggantian tabung yang sudah tidak layak pakai.

Distribusi LPG terbagi menjadi dua kategori utama: LPG PSO (*Public Service Obligation*) dan LPG NPSO (*Non-PSO*). LPG PSO ditujukan untuk rumah tangga, usaha mikro, petani sasaran, dan nelayan sasaran. Distribusinya dilakukan melalui pangkalan atau *outlet*, yang kemudian disalurkan oleh pengecer atau warung. Sementara itu, LPG NPSO diperuntukkan bagi sektor komersial dan industri, dan disalurkan melalui agen NPSO atau langsung ke industri dan produk gas.

Pola ini mencerminkan sistem distribusi LPG yang terstruktur dan bertingkat, dengan pengawasan dan pengelolaan di setiap tahap untuk memastikan LPG tersedia secara merata dan aman bagi seluruh lapisan masyarakat. Saat ini proses penjadwalan distribusi masih sangat konvensional, yaitu ketika H-1 distribusi, SPBE mengajukan permintaan pengiriman yang selanjutnya dari pihak kantor region akan menyetujui atau menolak permintaan tersebut. Dalam pelaksanaannya belum ada control penuh untuk dapat memonitor realisasi pengiriman dengan *planning* yang sudah dilakukan sebelumnya. Akibat dari penjadwalan sistem tarik

(*pull system*) yang belum maksimal ini berdampak pada belum terpenuhinya *demand*. Kantor Region atau Terminal kesulitan melakukan penjadwalan karena permintaan pengiriman yang kadang terakumulasi di satu waktu dan kosong di waktu lainnya. Oleh karena itu diperlukan suatu solusi yang ditawarkan untuk dapat menyelesaikan permasalahan tersebut, yaitu dengan perencanaan distribusi dengan penjadwalan armada *skid tank* yang tersedia untuk dapat memenuhi *demand*.

Terminal LPG *Floating Storage* Semarang berperan penting sebagai salah satu titik strategis dalam mendukung kelancaran distribusi LPG ke berbagai wilayah, khususnya di daerah Jawa Tengah dan sekitarnya. Dalam operasionalnya, terminal ini harus mampu mengelola aliran distribusi LPG secara efisien dan efektif agar tidak terjadi keterlambatan pengiriman maupun kekurangan pasokan di masyarakat.



Gambar 1.3 Terminal LPG *Floating Storage* Semarang

Namun, tantangan dalam distribusi LPG semakin kompleks seiring dengan permintaan harian yang fluktuatif, keterbatasan armada pengangkut serta waktu tunggu bongkar muat yang tidak selalu dapat diprediksi. Ketidaktepatan dalam penjadwalan dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara *supply* dengan *demand*, yang pada akhirnya akan berdampak pada terganggunya pelayanan kepada konsumen dan meningkatnya biaya operasional. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem penjadwalan yang mampu merespon dinamika operasional secara cepat dan akurat.

Tabel 1.1 menunjukkan data realisasi distribusi dan *demand* bulan Mei 2025 Terminal LPG *Floating Storage* Semarang. Diketahui bahwa terdapat beberapa SPBE yang disuplai kurang dari *demand*. Namun, dilain sisi terdapat SPBE yang

disuplai melebihi *demand*. Terlihat jelas terdapat ketimpangan distribusi antara *supply* berbanding dengan *demand*.

Tabel 1.1 Data Realisasi Distribusi dan *Demand* Bulan Mei 2025 Terminal LPG Floating Storage Semarang

NO	KODE PLANT	Demand Bulanan (MT)	SPBE	KAP. TANGKI TIMBUN (MT)	JARAK PP (Km)	WAKTU TEMPUH (Jam)	REALISASI (MT) (1 Bulan)	Selisih Realisasi Vs Demand (MT)	Prosentase Realisasi Vs Demand (%)
1	239M	754,18	Sendang Mulyo (Wonogiri)	50	326,0	8,15	863,4	109,22	114,48
2	239T	829,59	Ananda Rasya Putra	50	104,6	2,62	813,86	-15,73	98,10
3	235Q	600,32	Capital Realm Indonesia (Salatiga)	50	124,6	3,12	601,3	0,98	100,16
4	236N	522,24	Kendal Bangun Cipta Sarana	50	50,4	1,26	510,62	-11,62	97,78
5	236T	710,75	Laris Berkah Ananda	50	123,4	3,09	937,54	226,79	131,91
6	239Y	603,08	Palarasan Legen Estu	50	272,0	6,80	585,8	-17,28	97,14
7	2380	906,37	Panelia Ekysatya	50	31,4	0,79	886,84	-19,53	97,85
8	236I	1029,94	Post Energy Indonesia	60	4,0	0,10	645,08	-384,86	62,63
9	2365	1087,77	Bintang Abadi	50	144,6	3,62	1044,8	-42,97	96,05
10	235V	824,73	Satya Mitra Gas	50	46,0	1,15	867,12	42,39	105,14
11	239U	545,62	Sultan Alfatih Yudistira	50	129,6	3,24	539,94	-5,68	98,96
12	2397	827,22	Sumber Rejeki Adi Mulya	50	55,8	1,40	797,02	-30,20	96,35
13	239D	715,24	Optima Daya Kapital	50	43,2	1,08	702,54	-12,70	98,22
14	235G	683,33	Yoso Artopotro	50	106,0	2,65	674,6	-8,73	98,72
15	236R	654,29	Abdi Manunggal Tegal	50	298,0	7,45	647,48	-6,81	98,96
16	236V	457,47	Manunggal Makmur Jaya Gas	50	304,0	7,60	423,56	-33,91	92,59
17	236Y	475,01	Adiputra Sri Rejeki	50	150,0	3,75	554,5	79,49	116,73
18	236W	250,81	Boyolali Gas Mandiri	50	290,0	7,25	309,66	58,85	123,47

Mayoritas realisasi penyaluran distribusi LPG masih berada di bawah *demand*, yakni sebanyak 12 dari total 18 SPBE, atau setara dengan 66,7% SPBE tidak terpenuhi *demand* bulannya. Total nilai defisit distribusi sebesar 590,01 MT. Namun demikian, dilain sisi terdapat realisasi SPBE menunjukkan capaian distribusi melampaui 5% dari total permintaannya. Total nilai surplus distribusi sebesar 517,72 MT. Nilai 5% menjadi batas surplus maksimal berdasarkan hasil wawancara dengan pengawas fungsi untuk menjaga keseimbangan antara *supply* dan *demand*. Sehingga terdapat ketimpangan distribusi yang sangat mencolok antar SPBE.

Upaya untuk meningkatkan efektivitas distribusi LPG melalui penjadwalan yang lebih baik menjadi sangat penting dalam konteks pengelolaan energi yang berkelanjutan. Dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kapasitas penyimpanan, waktu pengiriman, dan kebutuhan harian. Pengelolaan distribusi yang optimal akan membantu menjaga stabilitas pasokan LPG serta meningkatkan kinerja operasional terminal.

Tabel 1.2 menunjukkan *breakdown* jenis pola armada skid tank yang melakukan pengiriman pada bulan Mei 2025 dari Terminal LPG Floating Storage Semarang yang melakukan pengiriman ke setiap SPBE.

Tabel 1.2 Breakdown jenis pola skid tank pengiriman bulan Mei 2025 Terminal LPG Floating Storage Semarang

NO	KODE PLANT	JENIS ARMADA	SUPPLY POINT	SPBE	LOKASI	JUMLAH SKID (tiap Pola)			
						Own Fleet	Sewa	Tarif	TOTAL
1	239M	P1	PEL	Sendang Mulyo (Wonogiri)	KAB. WONOGIRI	0	0	63	63
2	239T	P1	PEL	Ananda Rasya Putra	KAB. SEMARANG	0	0	62	62
3	235Q	P1	PEL	Capital Realm Indonesia (Salatiga)	KOTA SALATIGA	0	0	46	46
4	236N	P1	PEL	Kendal Bangun Cipta Sarana	KAB. KENDAL	12	20	2	34
5	236T	P1	PEL	Laris Berkah Ananda	KAB. KUDUS	7	8	48	63
6	239Y	P1	PEL	Palarasan Legen Estu	KAB. SRAGEN	8	15	16	39
7	2380	P1	PEL	Panelia Ekysatya	KAB. DEMAK	17	36	6	59
8	236I	P1	PEL	Post Energy Indonesia	KOTA SEMARANG	17	25	1	43
9	2365	P1	PEL	Bintang Abadi	KAB. GROBOGAN	21	22	30	73
10	235V	P1	PEL	Satya Mitra Gas	KOTA SEMARANG	19	35	4	58
11	239U	P1	PEL	Sultan Alfatih Yudistira	KAB. GROBOGAN	15	17	4	36
12	2397	P1	PEL	Sumber Rejeki Adi Mulya	KAB. KENDAL	19	27	7	53
13	239D	P1	PEL	Optima Daya Kapital	KOTA SEMARANG	0	64	0	64
14	235G	P1	PEL	Yoso Artopotro	KOTA SALATIGA	0	21	34	55
15	236R	P1	PEL	Abdi Manunggal Tegal	KAB. TEGAL	10	9	27	46
16	236V	P1	PEL	Manunggal Makmur Jaya Gas	KAB. PEMALANG	0	0	29	29
17	236Y	P1	PEL	Adiputra Sri Rejeki	KAB. TEMANGGUNG	15	15	7	37
18	236W	P1	PEL	Boyolati Gas Mandiri	KAB. SRAGEN	9	6	6	21
TOTAL Skid per Pola						169	320	392	881

Total ritase atau trip pengiriman dari Terminal LPG Floating Storage Semarang bulan Mei 2025 sebanyak 881 trip. Dengan rincian pengiriman menggunakan armada skid tank pola milik sebanyak 169 trip, pengiriman menggunakan armada skid tank pola sewa sebanyak 320 trip dan pengiriman menggunakan armada skid tank pola tarif sebanyak 392 trip.

Tabel 1.3 menunjukkan daftar Skid tank yang beroperasi di Terminal LPG Floating Storage Semarang pada bulan Mei 2025. Data mencakup Nopol, Jenis Pola, Nama Transportir, Kapasitas Skid Tank, dan jenis chasiss.

Tabel 1.3. Data Skid Tank yang beroperasi bulan Mei 2025

No	Nopol	Pola	NAMA TRANSPORTIR	KAPASITAS (MT)	JENIS CHASIS
1	B9062SEI	Milik	PT PERTAMINA PATRA NIAGA	15	Trailer
2	B9069SEI	Milik	PT PERTAMINA PATRA NIAGA	15	Trailer
3	B9095SEI	Milik	PT PERTAMINA PATRA NIAGA	15	Trailer
4	B9134SEI	Milik	PT PERTAMINA PATRA NIAGA	15	Trailer
5	B9360SFV	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	11	Rigid
6	B9402SFV	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	11	Rigid
7	B9840SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
8	B9841SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
9	B9842SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
10	B9843SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
11	B9845SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
12	B9847SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
13	B9848SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
14	B9849SEI	Sewa	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer
15	D9519AG	Sewa	PT LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	Trailer
16	D9520AG	Sewa	PT LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	Trailer
17	D9526AG	Sewa	PT LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	Trailer
18	AB8029AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
19	AB8092AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
20	AB8097AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
21	AB8104AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
22	AB8115AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
23	AB8116AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
24	AB8133AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
25	AB8134AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
26	AB8312NA	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	15	Trailer
27	AB8314AE	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	13	Rigid
28	AB8314NA	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	15	Trailer
29	AB8316NA	Tarif	PT WIJAYA SAKTI ABADI	15	Trailer
30	AD9910FE	Tarif	PT SENDANG MULYO	15	Trailer
31	AD9945IG	Tarif	PT SENDANG MULYO	15	Trailer
32	AD9946IG	Tarif	PT SENDANG MULYO	15	Trailer
33	B9063SEI	Milik	PT PERTAMINA PATRA NIAGA	15	Trailer
34	B9462SFV	Tarif	PT TRANS MIGASINDO	11	Rigid
35	B9872SEI	Tarif	PT TRANS MIGASINDO	15	Trailer

Skid tank yang beroperasi total sebanyak 35 unit. Dengan rincian berdasarkan pola yaitu skid tank pola milik sebanyak 5 unit, pola sewa sebanyak 13 unit, dan pola tarif sebanyak 17 unit. Berdasarkan kapasitas terdapat skid tank dengan kapasitas 11 MT, 13 MT dan 15 MT.

Dalam pelaksanaan proses distribusi produk LPG PT Pertamina menggunakan tiga pola jenis armada pengiriman produk LPG dengan *skid tank*, yaitu pola milik, pola sewa, dan pola tarif. Ketiga pola ini dirancang untuk mendukung kelancaran distribusi LPG dari depot atau terminal ke SPBE (Stasiun Pengisian Bulk Elpiji), sebelum akhirnya disalurkan ke agen dan konsumen akhir.

Masing-masing pola memiliki karakteristik, keunggulan, dan tantangan tersendiri dalam hal efisiensi, fleksibilitas, dan pengendalian operasional.

Pola milik adalah sistem dimana armada skid tank dimiliki langsung oleh perusahaan. Dalam pola ini, seluruh aspek operasional skid tank dikelola secara internal. Keunggulan utama dari pola milik adalah kontrol penuh terhadap kualitas layanan skid tank. Pola milik juga dapat memberikan efisiensi biaya jangka panjang karena tidak ada biaya sewa dan biaya tarif dari pihak ketiga. Namun, tantangan dari pola milik adalah tingginya biaya investasi awal, baik untuk pembelian kendaraan maupun pemeliharaan armada. Pola ini lebih cocok digunakan untuk rute dengan volume pengiriman besar dan stabil.

Pola sewa adalah sistem dimana perusahaan PT Pertamina menyewa armada skid tank dari pihak ketiga atau vendor logistik. Armada dan awak mobil tangki dapat berasal dari penyedia jasa, namun operasional tetap mengikuti standar dan prosedur dari PT Pertamina. Keunggulan dari skid tank pola sewa adalah fleksibilitas tinggi dalam penyesuaian jumlah armada sesuai kebutuhan, terutama saat terjadi lonjakan permintaan musiman. Selain itu, pola ini tidak memerlukan investasi awal yang besar, sehingga lebih ringan dari sisi anggaran. Namun, pola sewa memiliki tantangan berupa ketergantungan pada ketersediaan dan kualitas armada skid tank dari vendor logistik. Biaya sewa juga dapat berfluktuasi tergantung kondisi pasar dan negosiasi kontrak.

Pola tarif adalah sistem dimana perusahaan PT Pertamina membayar jasa pengiriman berdasarkan tarif yang telah disepakati dengan pihak ketiga atau vendor logistik. Pembayaran dilakukan berdasarkan jarak tempuh per kilometer dan volume tonase dalam kilogram. Dalam pola tarif, PT Pertamina tidak memiliki atau menyewa armada skid tank secara langsung, melainkan hanya membayar jasa pengangkutan. Keunggulan pola tarif terletak pada transparansi dan kemudahan pengendalian biaya operasional. Pola ini cocok digunakan untuk wilayah terpencil atau area dengan volume pengiriman kecil yang tidak efisien jika dikirim menggunakan skid tank pola milik atau pola sewa. Pola tarif memiliki kelemahan yaitu ketergantungan pada kualitas layanan dari vendor logistik dan biaya tarif cenderung jauh lebih mahal dibanding dengan pola milik dan pola tarif.

Ketidaktepatan dalam penjadwalan pengiriman LPG menggunakan *skid tank* dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara *supply* dengan *demand*, yang pada akhirnya akan berdampak pada terganggunya pelayanan kepada konsumen dan meningkatnya biaya operasional. Oleh karena itu diperlukan suatu solusi yang ditawarkan untuk dapat menyelesaikan permasalahan tersebut, yaitu dengan perencanaan distribusi dengan penjadwalan armada *skid tank* yang tersedia untuk dapat memenuhi *demand*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang tersebut, maka Perumusan Masalah dalam penelitian ini adalah menganalisis strategi optimasi penjadwalan distribusi LPG untuk dapat memastikan kebutuhan *demand* di lapangan dapat selalu terpenuhi dan dengan biaya yang minimal.

1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian ini terdapat beberapa Batasan Masalah agar tujuan penelitian lebih fokus dan terpusat pada tujuan, diantaranya adalah :

1. Penelitian dilakukan pada area MOR (*Marketing Operation Region*) IV Jawa Bagian Tengah, yang meliputi wilayah Provinsi Jawa Tengah dan DI Yogyakarta.
2. Aktivitas yang diteliti adalah proses penyaluran LPG dari Terminal LPG *Floating Storage* Semarang hingga ke SPBE yang disuplai pada bulan Mei 2025
3. *Supply Point* yang diamati adalah Terminal LPG *Floating Storage* Semarang
4. Asumsi kecepatan *skid tank* di jalan adalah 40 km/jam dan jalan bisa dilalui oleh semua jenis kapasitas *Skid Tank*
5. Waktu *loading* dapat dihitung dengan *flowrate* 60 MT/jam
6. Waktu *unloading* dapat dihitung dengan *flowrate* 40 MT/jam
7. Seluruh sistem di Terminal LPG, SPBE, dan Armada *skid tank* yang digunakan selalu dalam kondisi yang baik/ prima (tidak terdapat kerusakan)
8. Kondisi kapal suplai selalu tersedia dan faktor cuaca, *loss & gain* pada proses *supply* diabaikan.
9. Kriteria optimal dalam penelitian ini ditetapkan ketika semua SPBE yang disuplai LPG dapat terpenuhi *demand* bulanannya. Model Optimasi harus mampu menjamin terpenuhinya permintaan LPG di setiap SPBE tanpa terjadi kekurangan pasokan, dengan tetap mempertimbangkan efisiensi penggunaan armada skid tank dan kapasitas distribusi yang tersedia

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menentukan penjadwalan distribusi LPG dari Terminal LPG *Floating Storage* Semarang agar dapat memenuhi semua *demand* SPBE dengan biaya minimum.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1.5.1 Mahasiswa

Penelitian ini memberikan manfaat sebagai sarana pengembang kemampuan analisis dan pemecahan masalah nyata di dunia industri, khususnya dalam bidang logistik dan distribusi energi. Mahasiswa dapat memahami secara lebih mendalam mengenai tantangan operasional dalam distribusi LPG serta pentingnya perencanaan yang efisien dalam mendukung kelancaran pasokan energi nasional. Selain itu penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang tertarik untuk mengkaji topik serupa.

1.5.2 Universitas

Penelitian ini dapat berkontribusi dalam memperkaya khasanah keilmuan di lingkungan akademik, khususnya dalam bidang manajemen operasional, logistik dan energi. Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan ajar, referensi pustaka, maupun dasar pengembangan penelitian lanjutan yang relevan dengan kebutuhan industri.

Dengan demikian, Universitas dapat memperkuat perannya sebagai institusi yang menghasilkan Solusi adaptif bagi permasalahan nyata di masyarakat.

1.5.3 Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan strategis terhadap perusahaan dalam mengelola penjadwalan distribusi LPG secara efektif, efisien dan responsif terhadap dinamika permintaan harian. Dengan adanya analisis dan rekomendasi dari penelitian ini, perusahaan dapat meningkatkan efektivitas operasional, mengurangi potensi keterlambatan distribusi serta menjaga pasokan LPG di masyarakat. Hal ini tentu akan menjadi nilai positif dan berdampak positif terhadap kepuasan pelanggan dan citra perusahaan sebagai penyedia energi nasional.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini akan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi lima sub bab yaitu latar belakang, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Diharapkan pembaca memperoleh penggambaran mengenai yang akan menjadi pembahasan tugas akhir, bab ini merupakan pengantar untuk bab-bab selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi beberapa pustaka menjadi sebuah pengacuan serta hipotesis penelitian. Pustaka yang berasal dari jurnal internasional maupun nasional dan konferensi. Serta materi metode yang berhubungan dengan fakta dan menjadi landasan untuk menganalisa data.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran mengenai metode penelitian yang menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang ada dalam penelitian yang dilakukan sebagai upaya dalam pemecahan masalah, sehingga nantinya akan didapatkan solusi pemecahan masalah yang sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pengolahan data yang dikumpulkan, menganalisa, menafsirkan untuk dikaitkan dengan kerangka teoritis atau kerangka analisa pada landasan teori, dan membahas hasil output yang didapat dan terkait dengan landasan teori yang telah dimiliki. Materi yang akan dibahas dan dianalisa didalam bab ini terdiri dari pengumpulan data, pengolahan data serta analisa dan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini adalah bagian penutup keseluruhan yang menjadi pencapaian, diambil dari hasil penelitian dan pembahasan yang dianalisa berdasarkan kenyataan di lapangan, landasan teori dan peraturan yang ada dan saran-saran dari penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan sumber rujukan yang berisi mengenai teori maupun penelitian lainnya yang relevan dan dapat dijadikan landasan atau acuan dalam melakukan kegiatan penelitian. Ni Ketut Kertiasih (2009) meneliti “Penggunaan Metode Transportasi Dalam Program Linier Untuk Pendistribusian Barang”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan bagaimana metode transportasi dalam program linier dapat digunakan untuk mengoptimalkan pendistribusian barang dari beberapa sumber ke beberapa tujuan dengan biaya minimum. (Ni Ketut Kertiasih, 2009)

H. Mayyani, Syahrul, P.T. Supriyo, A. Aman, Siswandi, F. Septianto, M.T. Julianto (2025) meneliti “Optimasi Penjadwalan Biskita Trans Pakuan Bogor di Koridor-2 dengan *Integer Linear Programming*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan penjadwalan operasional Biskita Trans Pakuan Bogor pada Koridor 2 dengan menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming (ILP)*. (H. Mayyani et al., 2025)

Fiet Diana Handayani, Muhammad Nashir Ardiansyah dan Prafajar Suksesanno Mutaqqin (2023) meneliti “Penjadwalan Kunjungan Salesman Divisi Kao Indonesia pada PT. Kunci Sukses Abadi Menggunakan *Integer Linear Programming* untuk Meningkatkan Pencapaian Distribusi Produk”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang penjadwalan kunjungan *salesman* divisi Kao Indonesia pada PT Kunci Sukses Abadi dengan menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming (ILP)*. (Fiet Diana Handayani et al., 2023)

Fikri Husin Batubara, dan Rina Widyasari (2023) meneliti “Penerapan Metode Transportasi dan *Transshipment* Menggunakan *Linear Programming* dalam Efisiensi Biaya Distribusi Barang”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengefisienkan biaya distribusi barang di PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) dengan menerapkan berbagai metode transportasi dan *transshipment* berbasis *Linear Programming*. (Fikri Husin Batubara & Rina Widyasari, 2023)

Muhammad Yasir (2023) meneliti “Visualisasi Data Destinasi Wisata di DKI Jakarta Menggunakan Python Google *Collab*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan eksplorasi dan visualisasi data destinasi wisata di DKI Jakarta menggunakan bahasa pemrograman Python melalui platform Google *Collab*. (Muhammad Yasir, 2023)

Cahya Purnomo, Vivid Dekanawati, Ningrum Astriawati, Sumardi, dan Ganda Syahputra (2022) meneliti “Analisis Simulasi Distribusi Logistik Menggunakan Metode Transportasi”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efisiensi biaya distribusi logistik dari beberapa sumber (pabrik) ke beberapa tujuan (gudang) menggunakan metode transportasi berbasis *Linear Programming*. (Cahya Purnomo et al., 2022)

Mochamad Dedy Akbar, Arif Rahman, dan Ceria Farela Mada Tantrika (2013) meneliti “Optimalisasi Aliran Distribusi dan Alokasi Material Dengan Metode *Linear Programming* (Studi Kasus : PT. PLN (Persero) APJ Distribusi Malang)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan aliran distribusi

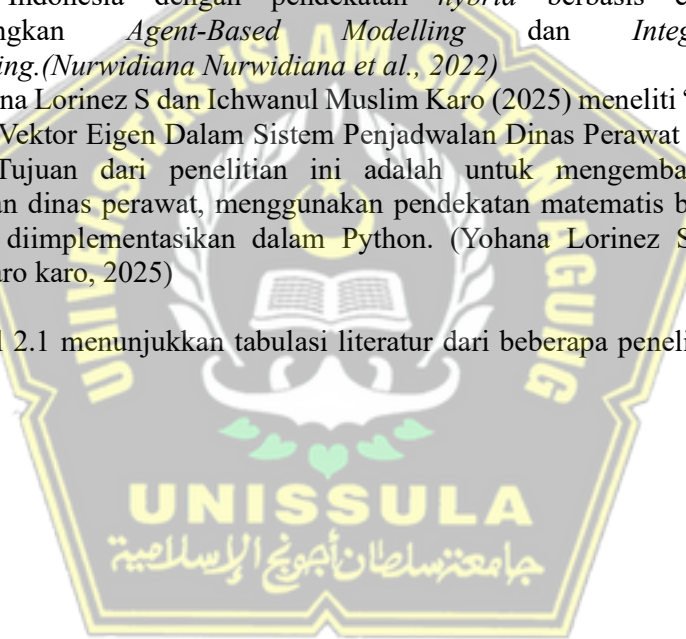
dan alokasi material dari beberapa *warehouse* ke 14 rayon tujuan dengan mempertimbangkan kapasitas gedung, permintaan rayon, dan efisiensi biaya distribusi. (Mochamad Dedy Akbar et al., 2013)

Gratia Melina Sari, Rainisa Maini Heryanto dan Santoso (2020) meneliti “Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Model *Integer Linear Programming* dengan Metode *Branch and Bound*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan rute distribusi yang optimal untuk meminimalkan total biaya distribusi pada perusahaan manufaktur cat (PT XYZ), dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan batasan waktu pengiriman (*Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows – CVRPTW*). (Gratia Melina Sari et al., 2020)

Nurwidiana, N., Sopha, B.M., & Widyaparaga, A. (2022) meneliti “*Simulating Socio-Technical Transitions of Photovoltaics Using Empirically Based Hybrid Simulation-Optimization Approach*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan transisi sosial-teknologi dalam adopsi sistem *fotovoltaik* (PV) di Indonesia dengan pendekatan *hybrid* berbasis empiris, yang menggabungkan *Agent-Based Modelling* dan *Integer Linear Programming*. (Nurwidiana Nurwidiana et al., 2022)

Yohana Lorinez S dan Ichwanul Muslim Karo (2025) meneliti “Implementasi Algoritma Vektor Eigen Dalam Sistem Penjadwalan Dinas Perawat Menggunakan Python”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem penjadwalan dinas perawat, menggunakan pendekatan matematis berbasis vektor eigen dan diimplementasikan dalam Python. (Yohana Lorinez S & Ichwanul Muslim Karo, 2025)

Tabel 2.1 menunjukkan tabulasi literatur dari beberapa penelitian terdahulu diatas :



Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Peneliti	Sumber	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
1.	(Ni Ketut Kertiasih, 2009)	Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Ganesha, Vol. 6 No. 2, Hal. 27-35, ISSN : 0216-3241	Penggunaan Metode Transportasi Dalam Program Linier Untuk Pendistribusian Barang	Masalah distribusi barang dan jasa dalam konteks transportasi seringkali menimbulkan tantangan operasional dan biaya yang signifikan. Ketidakefisienan dalam pendistribusian dapat menyebabkan pemborosan waktu, tenaga, serta jarak tempuh, sehingga berdampak langsung pada efektivitas dan produktivitas sistem logistik. Agar proses distribusi berjalan optimal, diperlukan pola pengalokasian yang tepat dengan mempertimbangkan biaya seminimal mungkin. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menangani masalah ini adalah metode transportasi dalam program linier. Metode ini membantu menentukan strategi distribusi yang paling efisien dari berbagai sumber ke sejumlah tujuan, dengan memaksimalkan hasil dan meminimalkan total biaya pengiriman. (Ni Ketut Kertiasih, 2009)	Metode Transportasi	Distribusi yang efektif membutuhkan sistem transportasi yang terencana dengan baik agar produk dapat dikirim tepat waktu, dalam jumlah dan kondisi yang sesuai. Untuk mencapai efisiensi maksimal dan menekan biaya total distribusi, diperlukan penentuan rute kunjungan armada secara optimal. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencapai solusi awal yang layak dalam masalah transportasi adalah metode North West Corner.
2.	(H. Mayyani, Syahrul, P.T. Supriyo, A. Aman,	MILANG Journal of Mathematics and Its	Optimasi Penjadwalan Biskita Trans	Masalah utama yang dihadapi Kota Bogor adalah meningkatnya kemacetan akibat pertumbuhan jumlah penduduk dan mobilitas yang	<i>Integer Linear Programming (ILP)</i>	Penelitian ini menghasilkan model optimasi penjadwalan BisKita Trans Pakuan Bogor Koridor 2 menggunakan Integer Linear

	Siswandi, F.Septianto, M.T. Julianto, 2025)	Applications, Vol. 21, No. 1, Page 35-43, ISSN : 2963-5233	Pakuan Bogor di Koridor-2 dengan <i>Integer Linear Programming</i>	tinggi. Untuk mengatasinya, pemerintah mengganti angkutan kota dengan sistem transportasi massal BisKita Trans Pakuan Bogor. Tantangan berikutnya adalah menyusun penjadwalan bus yang optimal agar operasional berjalan efisien. Penjadwalan ini harus memperhitungkan banyak variabel seperti jumlah bus, rute, waktu kerja pramudi, serta durasi perjalanan dalam partisi waktu. (H. Mayyani et al., 2025)		Programming dengan bantuan MiniZinc. Hasilnya menunjukkan jumlah rit optimal sebanyak 82 rit/hari dan biaya operasional minimum sebesar Rp 25.321.108,00 per minggu. Output model dijadikan dasar penyusunan jadwal keberangkatan bus, dengan data penumpang yang telah dipartisi menurut waktu sebagai acuan.
3.	(Fiet Diana Handayani, Muhammad Nashir Ardiansyah dan Prafajar Sukksesanno Mutaqqin, 2023)	Jurnal Rekayasa Sistem & Industri Universitas Telkom, Vol. 10 No.2, Hal. 934-941, ISSN : 2355-9365	Penjadwalan Kunjungan Salesman Divisi Kao Indonesia pada PT. Kunci Sukses Abadi Menggunakan <i>Integer Linear Programming</i> untuk Meningkatkan	Permasalahan utama yang dihadapi PT. KSA pada divisi Kao Indonesia adalah belum tercapainya target distribusi produk ke 2470 retailer selama periode Januari hingga Oktober 2021. Hal ini disebabkan oleh belum adanya penjadwalan kunjungan yang sistematis bagi para salesman, sehingga waktu kerja tidak dimanfaatkan secara optimal dan proses distribusi menjadi tidak efisien. Kurangnya integrasi dalam perencanaan rute kunjungan menyebabkan keterlambatan pengiriman dan peningkatan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan solusi penjadwalan rute	<i>Integer Linear Programming (ILP)</i>	Hasil dari perancangan penjadwalan kunjungan salesman divisi Kao Indonesia PT. Kunci Sukses Abadi menunjukkan bahwa penerapan metode <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i> dengan model <i>Integer Linear Programming (ILP)</i> berhasil menghasilkan rute kunjungan yang optimal berdasarkan jarak dan waktu tempuh. Dengan mempertimbangkan jam kerja dan lokasi retailer aktif di setiap kecamatan, diperoleh total 19 rute usulan yang terbagi ke dalam tiga wilayah: 5 rute untuk Kota Tangerang, 3 rute untuk Kota Tangerang Selatan, dan 11 rute untuk Kabupaten Tangerang yang dibagi ke

			Pencapaian Distribusi Produk	kunjungan yang efektif untuk meningkatkan efisiensi distribusi dan pencapaian target perusahaan. (Fiet Diana Handayani et al., 2023)		dalam 3 tim. Rute-rute ini telah dioptimalkan agar dapat diselesaikan dalam satu hari kerja dan dijadwalkan untuk digunakan selama 24 hari kerja, sehingga mampu meningkatkan efisiensi kerja salesman dalam kegiatan promosi dan distribusi produk.
4.	(Fikri Husin Batubara, dan Rina Widyasari, 2023)	Jurnal Media Informatika Budidarma Vol. 7 No. 1, Hal 128-137, ISSN 2614-5278, ISSN 2548-8368	Penerapan Metode Transportasi dan <i>Transshipment</i> Menggunakan <i>Linear Programming</i> dalam Efisiensi Biaya Distribusi Barang	Permasalahan utama yang dihadapi PT. JNE adalah tingginya biaya pengiriman barang dalam proses distribusi, yang berpotensi menyebabkan kerugian operasional jika tidak segera ditangani. Biaya yang mahal ini muncul akibat belum optimalnya sistem distribusi yang digunakan, sehingga perusahaan membutuhkan solusi untuk mengefisiensikan alokasi pengiriman barang ke berbagai tujuan. Ketidakefisienan ini menuntut penerapan model transportasi yang tepat agar distribusi dapat dilakukan dengan biaya minimum dan rute yang optimal. (Fikri Husin Batubara & Rina Widyasari, 2023)	<i>Linear Programming (LP)</i>	Penelitian menunjukkan bahwa metode Vogel's <i>Approximation</i> dan <i>Linear Programming</i> dengan bantuan <i>software</i> LINGO menghasilkan efisiensi biaya distribusi yang sama, yaitu sebesar Rp1.018.500, lebih rendah dibandingkan biaya aktual sebelumnya sebesar Rp1.082.500. Penurunan biaya sebesar Rp64.000 per pengiriman menunjukkan bahwa metode Vogel's <i>Approximation</i> merupakan solusi optimal untuk distribusi barang di PT. JNE. Selain itu, penggunaan <i>software</i> LINGO mempermudah pengolahan data dan meningkatkan akurasi hasil. Rute distribusi yang diusulkan juga telah dioptimalkan untuk mendukung efisiensi operasional sesuai dengan tujuan penelitian.

5.	(Muhammad Yasir, 2023)	INNOVATIVE : Journal Of Social Science Research, Vol. 3, No.5, Page 9006-9014, E-ISSN : 2807-4238, P-ISSN 2807-4246	Visualisasi Data Destinasi Wisata di DKI Jakarta Menggunakan Python Google Collab	Industri pariwisata DKI Jakarta memiliki potensi besar, namun tantangan utama terletak pada pengelolaan dan pemanfaatan data wisata secara efektif. Kurangnya informasi terstruktur mengenai tren kunjungan, preferensi wisatawan, dan jenis wisata populer dapat menghambat pengambilan keputusan strategis. Oleh karena itu, eksplorasi dan visualisasi data wisata menjadi penting untuk memahami pola dan peluang dalam pengembangan sektor pariwisata. (Muhammad Yasir, 2023)	Python Google Collab	Penelitian ini menunjukkan bahwa visualisasi data destinasi wisata di Jakarta mampu merangkum informasi kompleks secara efektif, seperti asal wisatawan, tren destinasi populer, dan kualitas objek wisata. Rata-rata destinasi wisata mendapatkan rating yang baik, dan hasil analisis ini memberikan dasar yang kuat bagi pemerintah daerah dan pelaku bisnis wisata untuk mengambil keputusan strategis dalam pengembangan sektor pariwisata Jakarta ke depan.
6.	(Cahya Purnomo, Vivid Dekanawati, Ningrum Astriawati, Sumardi, dan Ganda Syahputra, 2022)	Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim : Saintara Vol. 6 No. 2, Hal 84-90, ISSN 2528-6676 e-ISSN 2746-6353	Analisis Simulasi Distribusi Logistik Menggunakan Metode Transportasi	Permasalahan utama dalam distribusi logistik di PT XYZ adalah bagaimana mengoptimalkan pengiriman produk dari tiga pabrik dengan kapasitas terbatas ke empat gudang yang memiliki kebutuhan berbeda, dengan mempertimbangkan variasi biaya transportasi antar lokasi. Tanpa perencanaan distribusi yang efisien, perusahaan berisiko mengalami pemborosan biaya dan ketidakseimbangan pasokan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistematis untuk menentukan rute dan volume pengiriman yang optimal agar distribusi berjalan efektif dan biaya	Metode Transportasi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode transportasi, sebagai bagian dari <i>Linear Programming</i> , terbukti efektif dalam mengoptimalkan distribusi logistik dari pabrik ke gudang. Penggunaan metode <i>Least Cost</i> (LC) sebagai solusi awal dan metode MODI untuk optimalisasi berhasil menurunkan biaya distribusi sebesar 8,43%. Efisiensi ini dicapai dengan asumsi bahwa barang yang diproduksi dan dibutuhkan bersifat homogen, serta total produksi pabrik sama dengan total kebutuhan gudang. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat merancang distribusi yang lebih

				operasional dapat ditekan. (Cahya Purnomo et al., 2022)		hemat biaya dan terstruktur secara sederhana namun optimal.
7.	(Mochamad Dedy Akbar, Arif Rahman, dan Ceria Farel Mada Tantrika, 2013)	Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Universitas Brawijaya Vol. 1 No. 2, Hal. 404-414	Optimalisasi Aliran Distribusi dan Alokasi Material Dengan Metode <i>Linear Programming</i> (Studi Kasus : PT. PLN (Persero) APJ Distribusi Malang)	Permasalahan utama yang dihadapi PLN APJ Distribusi Malang adalah belum adanya perencanaan alokasi distribusi yang seimbang dan efisien antara dua warehouse yang saat ini melayani 14 rayon tujuan. Ketergantungan pada satu warehouse tanpa mempertimbangkan kapasitas dan jarak pengiriman menyebabkan distribusi tidak optimal dan berpotensi meningkatkan biaya logistik. Rencana penambahan dua warehouse baru menuntut adanya sistem distribusi yang terstruktur, sehingga diperlukan optimalisasi aliran distribusi dan alokasi material berdasarkan kapasitas gudang dan kebutuhan rayon untuk meminimalkan biaya distribusi secara keseluruhan. (Mochamad Dedy Akbar et al., 2013)	<i>Linear Programming (LP)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi aliran distribusi dan alokasi material di PT PLN (Persero) APJ Malang dengan metode <i>Linear Programming</i> berhasil meningkatkan efisiensi distribusi ke 14 rayon. Perhitungan kapasitas optimal pada empat warehouse Area, Aris, Singosari, dan Bululawang memungkinkan alokasi material yang lebih merata dan sesuai kebutuhan masing-masing rayon. Distribusi yang sebelumnya hanya mengandalkan dua warehouse kini dapat dimaksimalkan dengan melibatkan dua warehouse tambahan, sehingga menurunkan biaya distribusi bulanan dari Rp20.774.450 menjadi Rp20.141.433, atau terjadi penghematan sebesar Rp633.017 (sekitar 3,04%). Hal ini membuktikan bahwa pendekatan <i>Linear Programming</i> efektif dalam mendukung perencanaan distribusi yang efisien dan berbasis data.
8.	(Gratia Melina Sari, Rainisa Maini)	Jurnal Teknik Sistem dan Industri Vol. 01	Penentuan Rute Distribusi	Permasalahan utama yang dihadapi PT XYZ adalah tingginya biaya distribusi dan terjadinya gagal	<i>Branch and Bound</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model <i>Integer Linear Programming</i> dengan metode <i>Branch</i>

	Heryanto dan Santoso, 2020)	No. 01, Hal. 69-79, p-ISSN: 2713-7842, e-ISSN: 2745-3510	Menggunakan Model <i>Integer Linear Programming</i> dengan Metode <i>Branch and Bound</i>	pengiriman akibat kebijakan pemesanan dan pengiriman yang tidak efisien. Distribusi produk dari gudang ke konsumen belum mempertimbangkan rute optimal dan batasan waktu pengiriman, sehingga menyebabkan pemborosan biaya operasional. Dengan kontribusi biaya distribusi yang signifikan terhadap total biaya produk, perusahaan perlu solusi penjadwalan dan perutean yang mampu meminimalkan total biaya perjalanan dan meningkatkan ketepatan pengiriman. (Gratia Melina Sari et al., 2020)		<i>and Bound</i> melalui MATLAB berhasil menghasilkan rute distribusi yang lebih efisien bagi PT XYZ. Pada skenario pertama, penghitungan rute optimal berdasarkan kebijakan pengiriman saat ini mampu menurunkan biaya distribusi. Sementara itu, skenario kedua yang menggabungkan permintaan konsumen dari Senin hingga Jumat untuk dikirim pada minggu berikutnya, memberikan efisiensi biaya yang lebih signifikan. Kedua skenario terbukti mampu meminimalkan total biaya, jarak tempuh, dan waktu pengiriman, menjadikan metode ini efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi perusahaan.
9.	(Nurwidiana, N., Sopha, B.M., & Widyaparaga, A., 2022)	Jurnal Sustainability, Vol. 14, No. 5411, Hal. 1-25	<i>Simulating Socio-Technical Transitions of Photovoltaics Using Empirically Based Hybrid Simulation-</i>	Transisi energi ke teknologi fotovoltaik (PV) di Indonesia menghadapi tantangan kompleks akibat interaksi antara rumah tangga, pelaku industri, dan pemerintah. Ketidakefisienan dalam model transisi yang ada serta keterbatasan data empiris menghambat pemahaman menyeluruh terhadap adopsi PV. Selain itu, meski berbagai intervensi meningkatkan niat	Metode <i>Hybrid Simulation-Optimization</i>	Model hybrid simulasi-optimalisasi yang dikembangkan mampu mengidentifikasi pengaruh berbagai intervensi kebijakan terhadap adopsi PV di Indonesia. Seluruh intervensi, kecuali insentif, meningkatkan niat adopsi, namun terjadi kesenjangan antara niat dan perilaku nyata akibat kendala finansial dan fasilitas. Kombinasi intervensi yang menggabungkan tarif ekspor dan

			<i>Optimization Approach</i>	penggunaan PV, adopsi aktual tetap rendah karena kendala finansial dan fasilitas. (Nurwidiana Nurwidiana et al., 2022)		insentif terbukti paling efektif dalam menurunkan biaya rantai pasok dan emisi gas rumah kaca.
10.	(Yohana Lorinez S dan Ichwanul Muslim Karo, 2025)	Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika : JATI Vol. 9 No. 4, Hal. 6454-6459	Implementasi Algoritma Vektor Eigen Dalam Sistem Penjadwalan Dinas Perawat Menggunakan Python	Permasalahan utama dalam penjadwalan dinas perawat di rumah sakit adalah belum optimalnya sistem pembagian shift kerja, yang berdampak pada kelelahan perawat, ketidakpuasan kerja, dan potensi kesalahan operasional dalam pelayanan pasien. Penjadwalan yang tidak mempertimbangkan preferensi dan keterbatasan perawat menyebabkan ketidakseimbangan beban kerja dan menurunnya efisiensi operasional rumah sakit. Oleh karena itu, diperlukan sistem penjadwalan yang mampu mengakomodasi faktor-faktor tersebut secara adil dan proporsional untuk meningkatkan kualitas layanan dan kesejahteraan tenaga medis. (Yohana Lorinez S & Ichwanul Muslim Karo karo, 2025)	Vektor Eigen	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan sistem linear menggunakan Python dengan bantuan pustaka numerik seperti NumPy dan Pandas efektif dalam menyusun jadwal dinas perawat yang adil dan proporsional. Dengan mempertimbangkan preferensi dan keterbatasan perawat terhadap shift pagi, siang, dan malam, serta pembobotan biaya shift, sistem mampu menghasilkan jadwal yang optimal. Analisis eigen vektor berhasil memetakan kecenderungan perawat terhadap <i>shift</i> tertentu, dan visualisasi heatmap memperjelas distribusi tugas secara merata. Metode ini terbukti efisien, fleksibel, dan dapat diterapkan pada skala rumah sakit yang lebih besar, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan pendekatan optimasi lanjutan.

Berikut ini beberapa metode yang dipakai pada penelitian sebelumnya :

1. Metode Transportasi digunakan untuk menentukan alokasi distribusi barang dari berbagai sumber ke berbagai tujuan secara efisien, serta menghitung total biaya minimum yang diperlukan dalam proses distribusi, sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan operasional yang lebih hemat dan terstruktur. Metode ini juga digunakan untuk menghitung alokasi pengiriman barang dari pabrik ke gudang secara efisien, serta menentukan total biaya distribusi minimum, sehingga dapat dijadikan dasar penetapan strategi logistik dan pengambilan keputusan operasional yang hemat dan terstruktur. Metode Transportasi dan *Transshipment* dapat digunakan untuk menghitung alokasi distribusi barang dari pusat ke cabang secara optimal, serta menentukan total biaya minimum pengiriman, sehingga dapat dijadikan dasar penetapan rute distribusi dan efisiensi operasional perusahaan dalam menghadapi disparitas biaya antar wilayah.
2. Metode *Integer Linear Programming (ILP)* digunakan untuk menentukan jumlah rit dan jadwal keberangkatan bus secara efisien, serta menghitung biaya operasional minimum yang diperlukan, sehingga dapat dijadikan dasar penentuan alokasi armada dan jam kerja pramudi sesuai beban layanan penumpang. Metode ini juga digunakan untuk menentukan urutan rute kunjungan salesman secara optimal, serta menghitung jarak tempuh minimum dalam distribusi produk, sehingga dapat dijadikan dasar penetapan jadwal kerja dan alokasi tenaga kerja yang efisien untuk meningkatkan pencapaian target distribusi. Metode *Integer Linear Programming (ILP)* dapat digunakan untuk mensimulasikan adopsi teknologi fotovoltaik secara dinamis, serta menghitung konfigurasi rantai pasok PV yang optimal berdasarkan potensi permintaan rumah tangga dan intervensi kebijakan, sehingga dapat dijadikan dasar perencanaan transisi energi berkelanjutan yang terintegrasi antara aspek sosial, teknis, dan ekonomi.
3. Python Google *Collab* digunakan untuk mengidentifikasi pola kunjungan wisatawan, kategori destinasi, dan preferensi harga tiket, serta menyajikan informasi wisata secara ringkas dan interaktif, sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan strategis bagi pemerintah dan pelaku industri pariwisata dalam pengembangan destinasi wisata Jakarta.
4. Metode *Linear Programming (LP)* digunakan untuk menghitung alokasi material dari beberapa warehouse ke rayon tujuan secara efisien, serta menentukan total biaya distribusi minimum, sehingga dapat dijadikan dasar penetapan strategi logistik dan pengelolaan kapasitas gudang yang lebih hemat dan merata dalam mendukung operasional PT. PLN (Persero).
5. Metode *Branch and Bound* digunakan untuk menghitung rute pengiriman barang dari gudang ke konsumen secara optimal, serta menentukan total biaya distribusi minimum berdasarkan kapasitas kendaraan dan batasan waktu layanan, sehingga dapat dijadikan dasar perencanaan pengiriman yang efisien dan pengambilan keputusan strategis dalam manajemen logistik perusahaan.
6. Metode Vektor Eigen digunakan untuk menghitung proporsi ideal alokasi shift kerja perawat berdasarkan preferensi dan keterbatasan masing-masing

individu, serta menentukan jadwal final yang efisien dan transparan, sehingga dapat dijadikan dasar penetapan distribusi tugas dan peningkatan kesejahteraan kerja perawat dalam operasional rumah sakit.

Dari pendekatan *literature review* yang dianalisis, metode *Linear Programming* terbukti paling tepat untuk mengoptimalkan distribusi LPG karena mampu menangani kendala kapasitas, permintaan, dan biaya distribusi secara sistematis. Implementasi metode ini menggunakan Python pada platform Google *Collab* memberikan keunggulan dalam efisiensi komputasi, fleksibilitas pemodelan, serta kemudahan visualisasi dan dokumentasi hasil, sehingga sangat mendukung proses pengambilan keputusan yang cepat, akurat, dan transparan dalam konteks logistik energi.

2.2 Landasan Teori

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai informasi landasan teori yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar atau landasan dalam pengerjaan penelitian ini.

2.2.1 Teori Optimasi

Teori optimasi merupakan cabang dari matematika terapan yang berfokus pada pencarian solusi terbaik dari suatu permasalahan, dengan mempertimbangkan berbagai batasan atau kendala yang ada. Dalam konteks operasional dan logistik, optimasi digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses, seperti penjadwalan, alokasi sumber daya, dan distribusi barang. Tujuan utama dari optimasi adalah memaksimalkan atau meminimalkan suatu fungsi objektif, seperti biaya, waktu, atau keuntungan, sesuai dengan kebutuhan sistem yang dianalisis.

Optimasi dapat dibagi menjadi beberapa jenis, tergantung pada bentuk dan karakteristik masalahnya. Beberapa jenis optimasi yang umum digunakan antara lain optimasi linear, optimasi *non-linear*, *integer programming*, dan *dynamic programming*. Optimasi linear, yang menjadi fokus digunakan ketika fungsi objektif dan kendala dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan linear. Metode ini sangat cocok untuk permasalahan distribusi dan penjadwalan karena struktur matematikanya yang sederhana (Gao et al., 2020).

Integrasi antara metode analitis dan model matematis memberikan hasil yang lebih akurat dan dapat diterapkan dalam skala besar, seperti distribusi LPG yang memerlukan penjadwalan dinamis dan pengelolaan kapasitas secara real-time. Dalam penerapannya, teori optimasi tidak hanya membantu dalam pengambilan keputusan yang rasional dan berbasis data, tetapi juga memungkinkan perusahaan untuk merespons perubahan permintaan dan kondisi operasional secara lebih fleksibel. Dengan menggunakan model optimasi, perusahaan dapat merancang strategi distribusi yang optimal, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

2.2.2 Integer Linear Programming (ILP)

Linear Programming merupakan metode matematis yang digunakan untuk menentukan solusi optimal dari suatu sistem yang memiliki batasan dan tujuan yang dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi linear. Dalam konteks logistik dan distribusi, LP sangat

relevan untuk menyusun penjadwalan pengiriman yang efisien, terutama ketika sumber daya seperti kendaraan, waktu, dan kapasitas penyimpanan terbatas. Model LP terdiri dari fungsi objektif, variabel keputusan, dan kendala (*constraints*), yang bersama-sama membentuk kerangka kerja untuk pengambilan keputusan berbasis data.

Penerapan LP dalam penjadwalan distribusi memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya dan merespons dinamika permintaan secara lebih adaptif. Pemrograman linier memberikan pendekatan yang terstruktur untuk menyelesaikan masalah distribusi dengan cara meminimalkan biaya operasional sambil memenuhi batasan permintaan. (Gao et al., 2020)

Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga membantu mengurangi risiko seperti *stockout* dan *overstock*, yang sering terjadi dalam sistem distribusi manual. Dengan dukungan perangkat lunak seperti Excel Solver, LINGO, atau pustaka Python seperti PuLP dan SciPy, LP menjadi alat yang sangat kuat dalam menyelesaikan masalah penjadwalan berskala besar dan kompleks. Oleh karena itu, LP dipilih sebagai metode utama dalam penelitian ini untuk mengoptimalkan penjadwalan distribusi LPG di Terminal LPG *Floating Storage* Semarang.

Bentuk umum formulasi model LP : (Dimiyati, 2018)

Maximize atau *Minimize* :

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

Subyek :

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

.

.

.

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

dan

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

Formulasi tersebut adalah bentuk standar dari persoalan program linier, dan setiap situasi yang formulasi matematisnya memenuhi model ini adalah persoalan program linier. Istilah-istilah yang umum digunakan dari model program linier adalah sebagai berikut :

- Fungsi yang dimaksimumkan, yaitu $c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$, disebut sebagai fungsi tujuan
- Fungsi pembatas-pembatas atau *constraints*,
- Pembatas $x_j \geq 0$ disebut sebagai *constraints* non-negatif
- Variabel x_j Adalah variabel keputusan
- Konstanta-konstanta a_{ij} , b_i , dan c_j , adalah parameter-parameter model

2.2.3 Metode Heuristik

Metode heuristik merupakan pendekatan pemecahan masalah yang berfokus pada pencarian solusi praktis melalui eksplorasi dan penyederhanaan, tanpa harus menjamin tercapainya solusi optimal secara matematis. Heuristik digunakan ketika permasalahan terlalu kompleks untuk diselesaikan dengan metode eksak, sehingga diperlukan strategi yang dapat mengarahkan pencarian solusi ke jalur yang lebih efisien. Dalam bidang optimasi dan penjadwalan, heuristik sering diterapkan untuk mengurangi kompleksitas komputasi serta mempercepat proses pengambilan keputusan. Heuristik adalah strategi yang meningkatkan efisiensi proses pencarian dengan mengarahkannya ke wilayah yang menjanjikan dari ruang solusi. (Pearl, 1984).

Metode heuristik dapat digunakan untuk menyusun jadwal distribusi yang mendekati optimal dengan waktu komputasi yang lebih singkat dibandingkan metode eksak. Metode heuristik memberikan solusi perkiraan untuk masalah optimasi kompleks di mana algoritma tepat tidak dapat dihitung secara komputasi. (Blum & Roli, 2003). Penerapan heuristik dalam penjadwalan distribusi menjadi relevan karena mampu menyeimbangkan kebutuhan efisiensi waktu komputasi dengan keterbatasan operasional di lapangan.

Penerapan heuristik memiliki nilai praktis dalam pengaplikasiannya. Kondisi lapangan yang dinamis, seperti keterbatasan armada, variasi permintaan, dan kendala waktu pengiriman, membuat metode eksak sulit untuk diterapkan secara konsisten. Heuristik dapat menyesuaikan solusi dengan cepat terhadap perubahan kondisi, sehingga mendukung tercapainya efisiensi operasional sekaligus menjaga kehandalan efektifitas distribusi. Heuristik tidak hanya relevan secara teoritis, namun juga memiliki dampak nyata dalam meningkatkan kinerja sistem distribusi di lapangan.

2.2.4 Manajemen Distribusi

Manajemen distribusi adalah proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian aliran barang dari titik produksi atau penyimpanan ke titik konsumsi akhir secara efisien dan efektif. Dalam sistem logistik, distribusi berperan penting dalam memastikan bahwa produk sampai ke pelanggan tepat waktu, dalam kondisi baik, dan dengan biaya yang optimal. Distribusi tidak hanya mencakup pengangkutan fisik barang, tetapi juga mencakup pengelolaan informasi, koordinasi antar pihak, serta pengambilan keputusan strategis terkait rute, jadwal, dan alokasi sumber daya.

Dalam era digital dan globalisasi, manajemen distribusi telah berkembang dari sistem tradisional menjadi sistem yang lebih kompleks dan berbasis teknologi. Manajemen distribusi saat ini bukan lagi sekadar memindahkan barang; melainkan tentang mengintegrasikan alat digital, analitik prediktif, dan kerangka strategi untuk memastikan responsivitas dan ketahanan di seluruh rantai pasok. (McDonald dan Ngo, 2025)

Komponen utama dalam manajemen distribusi meliputi perencanaan rute, penjadwalan pengiriman, pengelolaan armada, dan pengendalian inventori. Perencanaan rute bertujuan untuk menentukan jalur pengiriman yang paling efisien,

sedangkan penjadwalan pengiriman memastikan bahwa barang dikirim sesuai dengan waktu yang dibutuhkan oleh pelanggan. Pengelolaan armada mencakup pemanfaatan kendaraan secara optimal, termasuk pemeliharaan dan rotasi kendaraan. Sementara itu, pengendalian inventori berfungsi untuk menjaga keseimbangan antara ketersediaan barang dan permintaan pasar. Manajemen distribusi modern harus mampu beradaptasi dengan perubahan permintaan pasar, gangguan rantai pasok, dan perkembangan teknologi seperti AI.

Dalam konteks distribusi LPG, manajemen distribusi menjadi lebih kompleks karena melibatkan produk yang bersifat berbahaya dan memerlukan penanganan khusus. Oleh karena itu, sistem distribusi harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, regulasi pemerintah, serta dinamika permintaan harian. Penerapan metode optimasi seperti *Linear Programming* dalam manajemen distribusi dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih akurat dan efisien, sehingga mendukung kelancaran operasional dan kepuasan pelanggan.

2.2.5 Sistem Transportasi dan Logistik

Sistem transportasi dan logistik merupakan komponen vital dalam rantai pasok yang berfungsi untuk mengatur pergerakan barang dari titik asal ke titik tujuan secara efisien, aman, dan tepat waktu. Transportasi berperan sebagai penghubung fisik antar elemen dalam rantai pasok, sementara logistik mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian aliran barang, informasi, serta sumber daya lainnya. Dalam konteks distribusi LPG, sistem transportasi dan logistik harus dirancang secara cermat karena melibatkan produk berbahaya yang memerlukan penanganan khusus dan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan.

Dalam konteks modern, sistem transportasi tidak hanya dituntut untuk efisien, tetapi juga harus adaptif terhadap ketidakpastian dan perubahan kondisi lingkungan. Sistem transportasi memainkan peran penting dalam pembangunan berkelanjutan masyarakat dan ekonomi. (Bozhenyuk et al.,2025)

Transportasi LPG umumnya dilakukan menggunakan moda darat seperti truk tangki, atau moda laut seperti kapal tanker, tergantung pada lokasi dan infrastruktur yang tersedia. Penjadwalan pengiriman, pemilihan rute, serta pengelolaan armada menjadi aspek penting dalam sistem ini. Efisiensi transportasi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kondisi jalan, waktu tempuh, kapasitas kendaraan, dan frekuensi permintaan. Oleh karena itu, integrasi antara sistem transportasi dan strategi logistik sangat diperlukan untuk mencapai distribusi yang optimal.

Dalam praktiknya, sistem logistik modern banyak mengandalkan teknologi informasi dan metode kuantitatif untuk mendukung pengambilan keputusan. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah model optimasi seperti *Linear Programming*, yang dapat membantu dalam menentukan jadwal pengiriman, alokasi kendaraan, dan rute distribusi yang paling efisien. Dengan sistem transportasi dan logistik yang terintegrasi dan teroptimasi, perusahaan dapat meningkatkan kinerja distribusi, mengurangi biaya operasional, dan memastikan ketersediaan LPG secara berkelanjutan.

2.2.6 Python pada Google Colaboratory

Google *Colaboratory* adalah platform berbasis *cloud* yang memungkinkan pengguna menjalankan kode Python secara interaktif tanpa perlu instalasi lokal. Platform ini sangat cocok digunakan dalam penelitian akademik, terutama untuk simulasi dan analisis data, karena mendukung berbagai bahasa pemrograman Python seperti NumPy, Pandas, Matplotlib, dan pustaka optimasi seperti PuLP dan SciPy. Dalam penelitian ini, Google *Colaboratory* digunakan untuk membangun dan menjalankan model Linear Programming yang bertujuan mengoptimalkan penjadwalan distribusi LPG berdasarkan data permintaan harian dan kapasitas penyimpanan operasional.

Keunggulan Google *Colaboratory* terletak pada kemudahan akses, kolaborasi daring, serta kemampuan untuk mengintegrasikan data dari berbagai sumber seperti Google *Sheets* atau file CSV. Dengan menggunakan pustaka PuLP, model optimasi dapat dirumuskan dalam bentuk fungsi objektif dan kendala-kendala yang merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Hasil simulasi dari Google *Colaboratory* akan memberikan solusi optimal berupa jadwal distribusi yang efisien, yang kemudian dapat dianalisis lebih lanjut untuk mendukung pengambilan keputusan operasional di Terminal LPG *Floating Storage* Semarang.

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam manajemen rantai pasok dan logistik dapat membantu membuat keputusan yang lebih tepat, mengurangi biaya, dan meningkatkan kepuasan pelanggan (Dwivedi, 2023). Penggunaan Google *Colaboratory* juga memungkinkan dokumentasi proses simulasi secara transparan, sehingga memudahkan validasi dan pengembangan model di masa depan. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri distribusi energi.

Google *Colaboratory* dioperasikan melalui antarmuka berbasis notebook yang mirip dengan Jupyter, di mana pengguna dapat menulis dan menjalankan kode Python secara interaktif langsung di browser tanpa instalasi lokal. Pengguna cukup membuka Colab melalui akun Google, membuat atau mengunggah notebook, lalu mengeksekusi sel kode yang mendukung berbagai pustaka seperti NumPy, Pandas, Matplotlib, hingga PuLP untuk optimasi. Data dapat diintegrasikan dari Google Drive, Google Sheets, atau file CSV, sementara hasil analisis dapat divisualisasikan maupun dibagikan secara daring. Dengan dukungan GPU/TPU, Colab memungkinkan komputasi intensif berjalan lebih cepat, sekaligus memfasilitasi kolaborasi real-time antar peneliti dalam satu dokumen.

Google *Colaboratory* juga memiliki keunggulan dalam hal komputasi karena didukung oleh akses GPU dan TPU secara gratis maupun berbayar. Fasilitas ini memungkinkan peneliti untuk menjalankan simulasi optimasi berskala besar dengan waktu eksekusi yang lebih cepat dibandingkan komputasi standar. Dukungan perangkat keras tersebut sangat bermanfaat ketika model Linear Programming atau metode heuristik yang digunakan melibatkan dataset besar dan kompleks. Dengan demikian, *Colaboratory* tidak hanya berfungsi sebagai media eksperimen akademik, tetapi juga sebagai platform yang mampu menangani kebutuhan komputasi intensif dalam penelitian logistik dan distribusi energi.

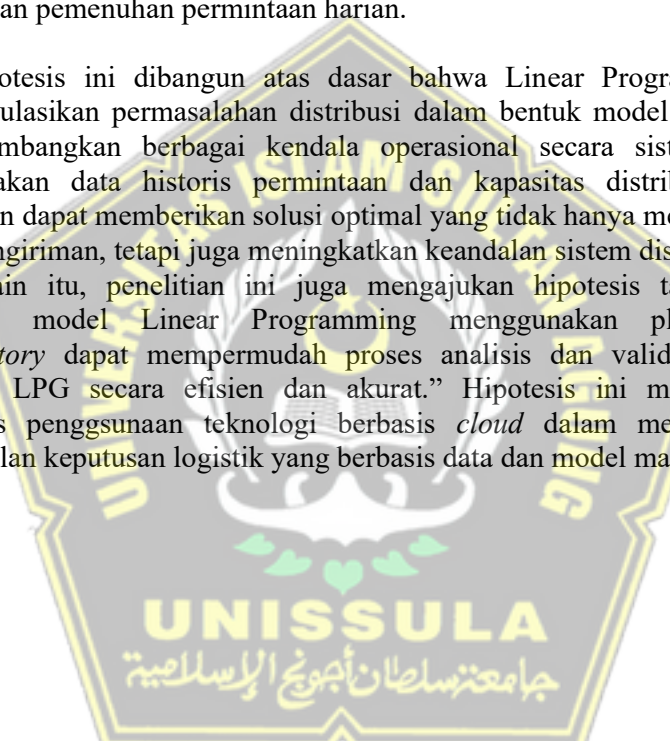
2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

2.3.1 Hipotesis

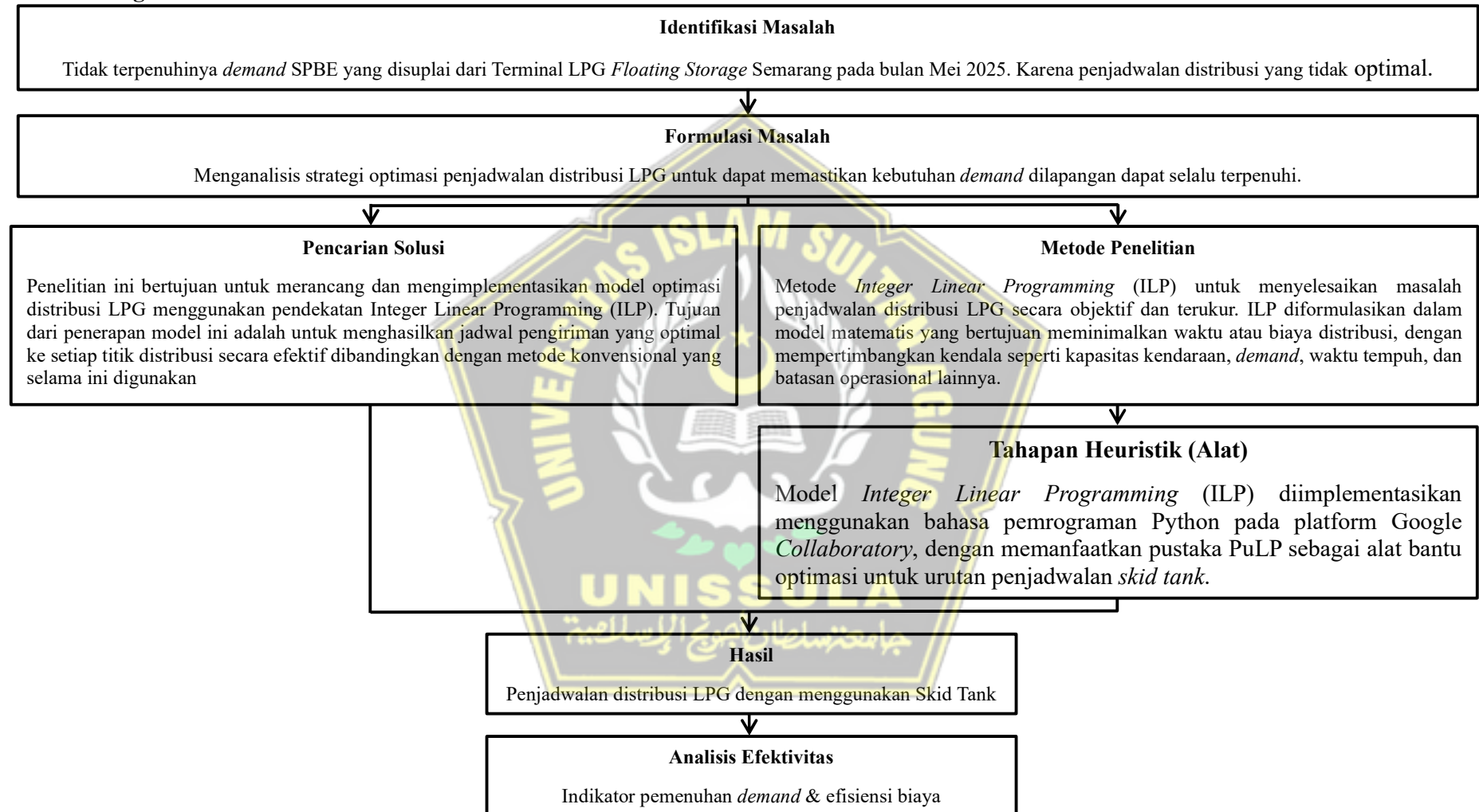
Distribusi LPG yang efisien dan tepat waktu merupakan elemen penting dalam menjamin ketersediaan energi bagi masyarakat. Namun, dalam praktiknya, proses penjadwalan distribusi sering kali menghadapi berbagai kendala seperti keterbatasan armada, fluktuasi permintaan harian, serta keterbatasan waktu, kapasitas penimbunan dan kapasitas pengiriman. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa “Penerapan metode Linear Programming dalam penjadwalan distribusi LPG di Terminal Floating Storage Semarang dapat menghasilkan jadwal distribusi yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional, ditinjau dari aspek efisiensi waktu pengiriman, pemanfaatan armada, dan pemenuhan permintaan harian.

Hipotesis ini dibangun atas dasar bahwa Linear Programming mampu memformulasikan permasalahan distribusi dalam bentuk model matematis yang mempertimbangkan berbagai kendala operasional secara sistematis. Dengan menggunakan data historis permintaan dan kapasitas distribusi, model ini diharapkan dapat memberikan solusi optimal yang tidak hanya menekan biaya dan waktu pengiriman, tetapi juga meningkatkan keandalan sistem distribusi LPG.

Selain itu, penelitian ini juga mengajukan hipotesis tambahan bahwa “Simulasi model Linear Programming menggunakan platform Google Colaboratory dapat mempermudah proses analisis dan validasi penjadwalan distribusi LPG secara efisien dan akurat.” Hipotesis ini menekankan pada efektivitas penggunaan teknologi berbasis *cloud* dalam mendukung proses pengambilan keputusan logistik yang berbasis data dan model matematis.



2.3.2 Kerangka Teoritis



Gambar 2.1 Kerangka Teoritis

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dan mencakup yang ada dalam penelitian ini yaitu :

- Alur Distribusi LPG pada Terminal LPG Floating Storage Semarang
- Daftar, Lokasi dan jarak SPBE yang dilayani oleh Terminal LPG *Floating Storage* Semarang secara reguler
- Permintaan SPBE akan produk LPG (*Demand*)
- Kapasitas distribusi Terminal LPG *Floating Storage Semarang*
- Daftar dan kapasitas angkut *Skid Tank* LPG
- Kecepatan Rata-rata *Skid Tank* dalam perjalanan
- *Flowrate* rata-rata loading dan *unloading* LPG pada *Skid Tank*
- Komponen biaya yang timbul dari proses distribusi menggunakan *skid tank*

Data-data tersebut dilakukan pengumpulan melalui beberapa sumber berikut :

1. Data Operasional
Laporan distribusi LPG dari Terminal LPG *Floating Storage* Semarang bulan Mei 2025, termasuk data ritase *skid tank*, *demand* SPBE dan pola armada *skid tank*.
2. Observasi Lapangan
Pengamatan langsung terhadap alur distribusi LPG serta kondisi armada *skid tank* dan Terminal LPG.
3. Wawancara Informal
Diskusi dengan staf operasional baik di Terminal maupun di kantor region, pengelola armada *fleet skid tank* untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan.
4. Literatur dan Studi terdahulu
Referensi jurnal dan publikasi terkait Metode *Linear Programming* dan manajemen distribusi LPG.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah-langkah yang digunakan untuk mencari dan memperoleh data-data yang dibutuhkan dan diproses menjadi suatu informasi yang sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti. Langkah-langkah yang akan ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi sebenarnya di lapangan. Tahap ini dapat dilakukan identifikasi masalah untuk mengetahui bagaimana realisasi distribusi LPG yang terjadi sehingga terdapat SPBE yang tidak terpenuhi *demand* bulannya. Dengan identifikasi masalah tersebut maka diperoleh informasi dan data sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan.

B. Studi Literatur

Tahap ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan topik yang diangkat dalam penelitian. Studi literatur dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber baik dari sumber media internet, jurnal, laporan tugas akhir, buku-buku maupun dari data perusahaan yang berkaitan dengan proses distribusi LPG. Studi literatur ini bertujuan sebagai dasar teori atau pedoman dalam melakukan penelitian.

C. Studi Lapangan

Tahap ini untuk mengumpulkan informasi dan data apa saja yang bisa didapatkan secara langsung di lapangan. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Hasil analisis tersebut diinterpretasikan untuk menjawab rumusan masalah dan menghasilkan kesimpulan.

D. Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam memecahkan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Adapun sumber data yang akan diolah adalah sebagai berikut :

- Melakukan pengumpulan data terkait dari riwayat operasional yang sudah ada
- Melakukan wawancara dengan pihak yang terkait
- Melakukan perhitungan dengan menggunakan data-data yang sudah terkumpul
- Mencari data-data dari banyak sumber, baik dari internet, jurnal, buku, materi dan media lainnya

3.3 Pengolahan Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data ini adalah sebagai berikut :

a. Pembuatan *Database* pada Microsoft Excel

Pembuatan database pada Microsoft Excel dalam penelitian ini bertujuan untuk menyusun data operasional distribusi LPG secara sistematis dan terstruktur agar dapat digunakan dalam proses pemodelan optimasi. Excel berfungsi sebagai media pengelolaan data yang mencakup informasi penting seperti daftar SPBE dan permintaan LPG, kapasitas dan jenis armada skid tank, jarak tempuh antar lokasi, serta estimasi waktu *loading* dan *unloading*. Dengan format tabel yang rapi, Excel memudahkan proses validasi data, identifikasi variabel, serta integrasi langsung ke dalam *platform* pemrograman Python. Penggunaan Excel memungkinkan fleksibilitas dalam melakukan simulasi skenario distribusi yang berbeda, serta menjadi dokumentasi awal yang dapat direplikasi atau dikembangkan lebih lanjut.

b. Perumusan Model Matematis

Perumusan model matematis dilakukan untuk mengubah data operasional distribusi LPG yang telah dikumpulkan menjadi bentuk formulasi matematis yang dapat dianalisis dan diselesaikan secara sistematis. Model matematis disusun

menggunakan pendekatan *Linear Programming* (LP) yang terdiri dari variabel keputusan, fungsi objektif, dan fungsi kendala (*constraints*). Variabel keputusan merepresentasikan jumlah pengiriman LPG dari terminal ke masing-masing SPBE, sementara fungsi objektif bertujuan untuk meminimalkan total waktu atau biaya distribusi. Kendala-kendala dalam model mencakup kapasitas angkut skid tank, batas waktu operasional, serta jumlah permintaan LPG yang harus dipenuhi di setiap SPBE. Dengan merumuskan data ke dalam model matematis, proses distribusi LPG dapat dianalisis secara kuantitatif dan objektif, sehingga menghasilkan solusi optimal yang efisien dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Model ini menjadi dasar utama dalam proses optimasi dan pengambilan keputusan distribusi yang lebih akurat dan terukur.

c. Implementasi Model Matematis pada Python pada *Google Collaboratory*

Tahap ini dilakukan untuk menerjemahkan formulasi *Linear Programming* yang telah disusun ke dalam bentuk kode program yang dapat dijalankan secara komputasional. Dengan memanfaatkan pustaka Python seperti PuLP, model optimasi distribusi LPG dapat disimulasikan secara efisien dan akurat. *Google Colaboratory* dipilih karena menyediakan lingkungan pemrograman berbasis *cloud* yang fleksibel, mudah diakses, dan mendukung kolaborasi daring, sehingga memudahkan proses pengolahan data tanpa perlu instalasi lokal. Implementasi ini memungkinkan peneliti untuk menguji berbagai skenario distribusi, memvisualisasikan hasil optimasi. Selain itu, penggunaan Python pada *Google Colaboratory* mempercepat proses perhitungan dan dokumentasi, serta meningkatkan transparansi dan replikasi hasil penelitian. Dengan pendekatan ini, model matematis tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif dan siap digunakan dalam pengambilan keputusan operasional distribusi LPG secara nyata.

3.4 Pengujian Hipotesa

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian hipotesa dengan tujuan agar permasalahan yang telah dibuat pada perumusan masalah dapat terpecahkan dan ditemukan solusi yang tepat dengan cara mengoptimalkan penjadwalan distribusi LPG dengan *skid tank* menggunakan metode *Linear Programming* sehingga tujuan terpenuhinya semua *demand* SPBE dapat tercapai.

3.5 Metode Analisis

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Metode analisis secara Kualitatif

Analisis secara Kualitatif dilakukan dengan mengemukakan teori atau konsep tentang hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas dalam penelitian dengan melihat literatur-literatur yang ada.

b. Metode analisis secara Kuantitatif

Analisis secara Kuantitatif dilakukan dengan mencari informasi dari wawancara yang dilakukan dengan pihak terkait maupun dari data hasil observasi

langsung di lapangan dan data historis operasional. Data-data tersebut selanjutnya dianalisis secara kuantitatif.

3.6 Pembahasan

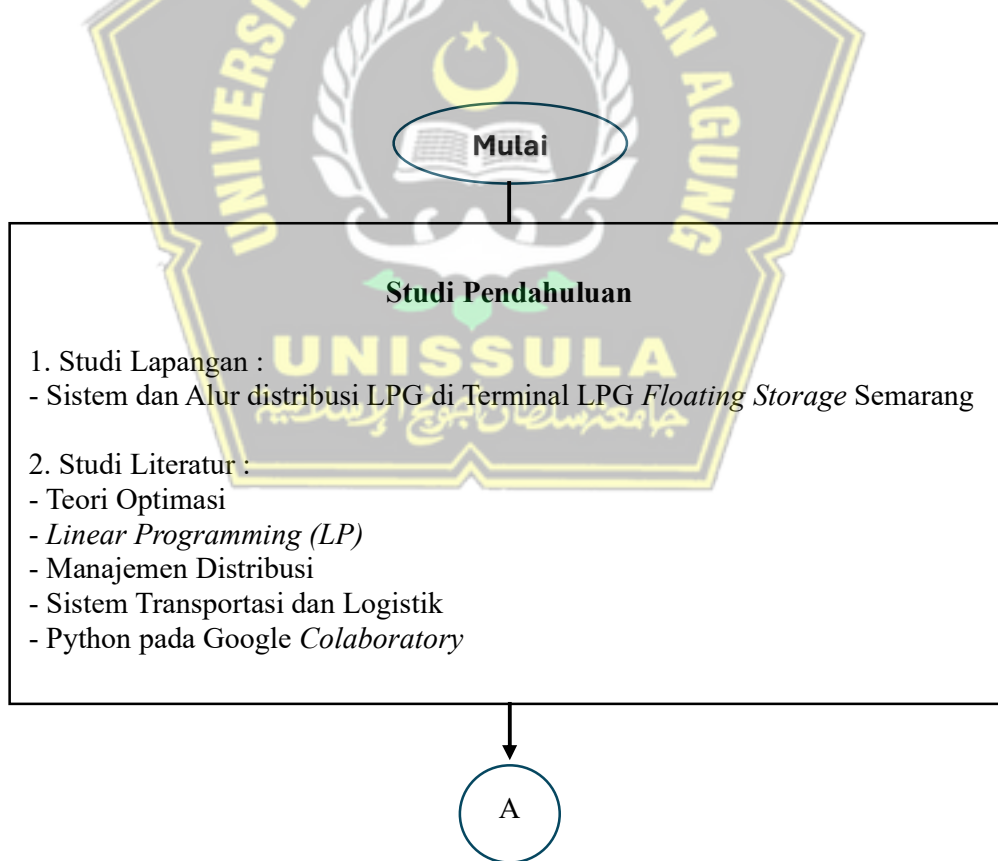
Pada tahap pembahasan ini selanjutnya akan dilakukan pembahasan dari distribusi eksisting LPG menggunakan *skid tank*, identifikasi realisasi distribusi LPG menggunakan *skid tank* dan perhitungan optimasi penjadwalan distribusi LPG menggunakan *skid tank*.

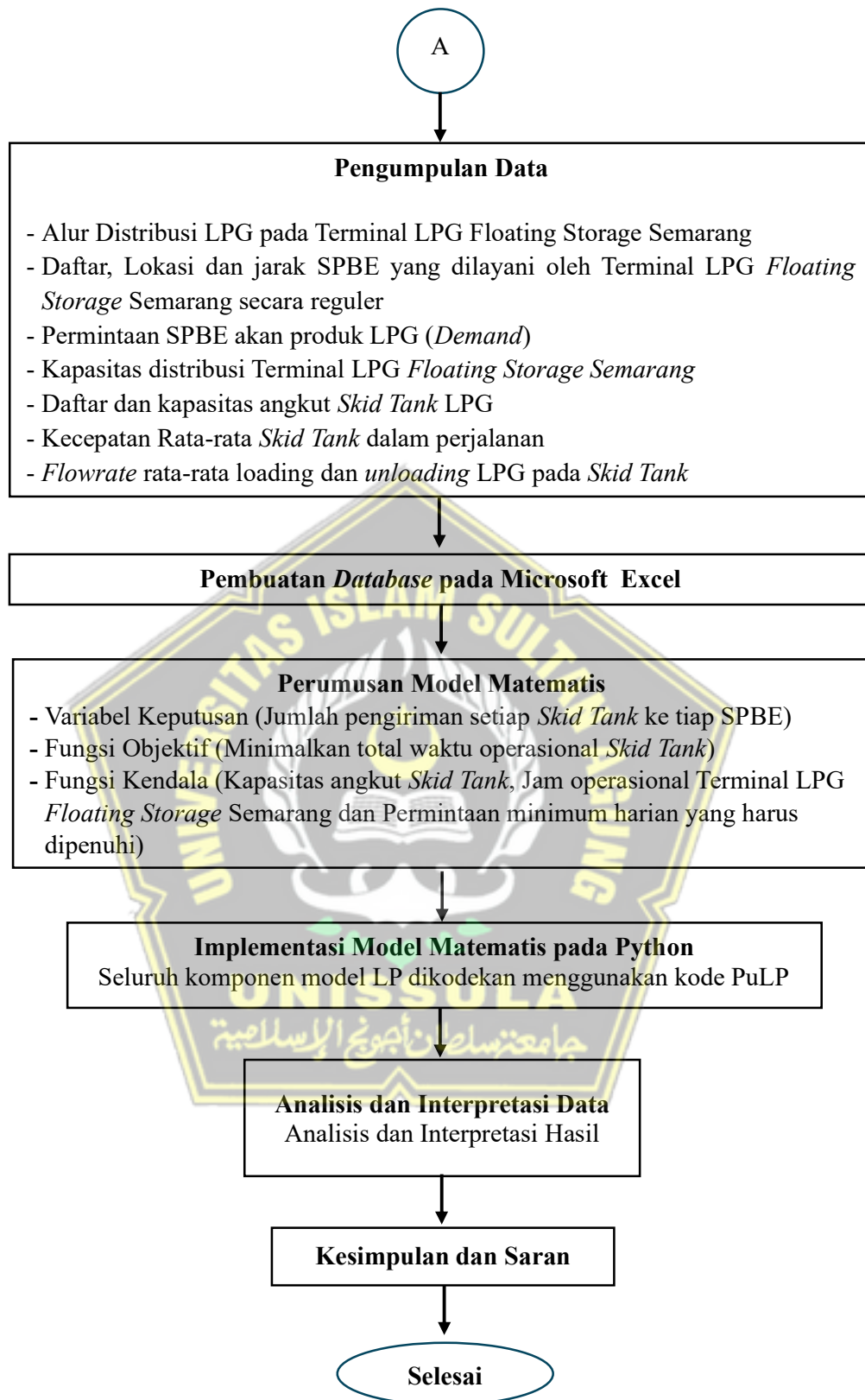
3.7 Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan merupakan rangkuman hasil dari pengolahan data dan analisis. Berisi tentang kesimpulan dan solusi dari permasalahan yang ada yaitu menjadwalkan pengiriman LPG untuk dapat memenuhi semua *demand* dengan *skid tank* yang tersedia.

3.8 Diagram Alir

Prosedur penelitian dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan membahas profil perusahaan PT. Pertamina (Persero) MOR (Marketing Operation Region) IV, serta menjelaskan secara rinci alur distribusi LPG hingga mencapai Stasiun Pengisian Bulk Elpiji (SPBE). Informasi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait. Data yang dikumpulkan terdiri dari data sekunder yang diberikan oleh perusahaan, serta data primer hasil wawancara. Selain itu, sumber informasi tambahan juga diakses melalui media daring dan aplikasi Google Maps untuk mendukung kelengkapan data penelitian.

4.1.1 Deskripsi Perusahaan

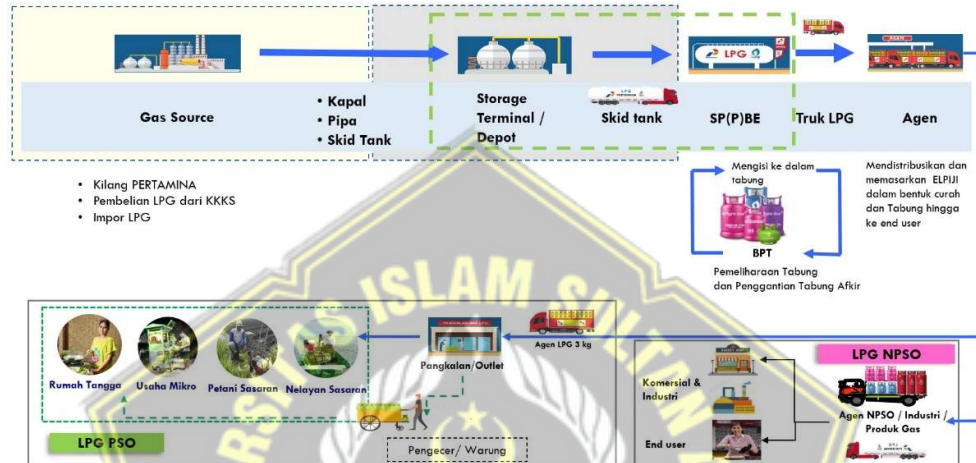
Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 1971 tentang Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara, PT Pertamina didirikan untuk menjamin kelancaran serta efisiensi dalam pengelolaan sumber daya minyak dan gas bumi, dengan tujuan memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi masyarakat, bangsa, dan negara. Dalam pelaksanaan operasionalnya, Pertamina membagi wilayah Indonesia ke dalam beberapa region. Salah satunya adalah *Marketing Operation Region* (MOR) IV Jawa Bagian Tengah (JBT) yang memiliki tanggung jawab atas distribusi dan pemasaran produk energi di wilayah meliputi Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk mendukung kebutuhan energi masyarakat di wilayah MOR IV JBT, Pertamina mengelola jaringan distribusi yang melayani sejumlah SPBE (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Elpiji) yang tersebar di berbagai titik strategis.

4.1.2 Alur Distribusi LPG

LPG atau *Liquefied Petroleum Gas* merupakan jenis gas yang dihasilkan dari proses pengolahan di kilang minyak maupun dari pemisahan gas alam, dengan kandungan utama berupa Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}). Untuk produk LPG yang digunakan, selain kedua komponen tersebut ditambahkan zat *Ethyl Mercaptan* sebagai bahan pembau. Penambahan zat ini bertujuan untuk mempermudah pendeteksian apabila terjadi kebocoran gas.

Pada Gambar 4.1 menjelaskan tentang proses distribusi LPG dimulai dari sumber utama seperti kilang Pertamina, kontraktor kontrak kerja sama (KKKS), atau melalui impor. LPG dari sumber tersebut dikirim ke terminal atau depot penyimpanan menggunakan kapal, pipa, atau skid tank. Selanjutnya, LPG didistribusikan ke SPBE (Stasiun Pengisian Bulk Elpiji) untuk disimpan dan kemudian dikirim menggunakan truk ke agen-agen LPG. Agen berperan dalam mendistribusikan LPG baik dalam bentuk bulk maupun tabung ke konsumen akhir serta melakukan kegiatan pemasaran. Tabung LPG yang digunakan akan melalui

proses pengisian ulang dan pemeriksaan di Bengkel Pemeliharaan Tabung (BPT) untuk memastikan keamanan dan kelayakan pakai. LPG kemudian disalurkan ke pengguna akhir melalui dua skema: LPG PSO (*Public Service Obligation*) yang ditujukan untuk rumah tangga, usaha mikro, petani, dan nelayan sasaran melalui agen, pangkalan, atau pengecer; serta LPG NPSO (*Non-PSO*) yang diperuntukkan bagi sektor komersial dan industri, yang disalurkan melalui agen atau langsung ke konsumen.



Gambar 4.1 Alur Distribusi LPG

Keterangan Gambar :

Garis putus-putus berwarna hijau menunjukkan cakupan alur distribusi yang dibahas dalam penelitian ini.

4.1.3 Data Terminal LPG *Floating Storage* Semarang

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kapasitas distribusi Terminal LPG *Floating Storage Semarang* yang berada di wilayah MOR (*Marketing Operation Region IV*) Jawa Bagian Tengah, yaitu dengan *flowrate loading* rata-rata 60 MT/Jam. Terdapat 2 *bay* pengisian di terminal ini. Terminal LPG *Floating Storage Semarang* beroperasi setiap hari Senin sampai dengan Sabtu dari jam 01.00 WIB hingga jam 21.00 WIB.

4.1.4 Data *Skid Tank*

Pada sub bab ini akan dijelaskan tentang data-data *skid tank* yang diklasifikasikan berdasarkan jenis pola angkut, yaitu meliputi pola milik, pola sewa dan pola tarif. Tabel 4.1 akan menampilkan data semua *skid tank* yang beroperasi beserta dengan data nopol, jenis pola angkut, nama transportir, kapasitas angkut dan merek pabrikan *head truck*.

Tabel 4.1 Daftar *Skid Tank*

No	Nopol	Pola	Nama Transportir (PT)	Kapasitas (MT)	Pabrikan <i>Head Truck</i>
1	B9062SEI	Milik	PERTAMINA PATRA NIAGA	15	UD TRUCKS
2	B9069SEI	Milik	PERTAMINA PATRA NIAGA	15	MERCEDES-BENZ
3	B9095SEI	Milik	PERTAMINA PATRA NIAGA	15	MERCEDES-BENZ
4	B9134SEI	Milik	PERTAMINA PATRA NIAGA	15	MERCEDES-BENZ
5	B9063SEI	Milik	PERTAMINA PATRA NIAGA	15	UD TRUCKS
6	B9360SFV	Sewa	TRANS MIGASINDO	11	UD TRUCKS
7	B9402SFV	Sewa	TRANS MIGASINDO	11	UD TRUCKS
8	B9840SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
9	B9841SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
10	B9842SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
11	B9843SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
12	B9845SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
13	B9847SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
14	B9848SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
15	B9849SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS
16	D9519AG	Sewa	LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	HINO
17	D9520AG	Sewa	LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	HINO
18	D9526AG	Sewa	LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	HINO
19	AB8029AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
20	AB8092AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
21	AB8097AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
22	AB8104AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
23	AB8115AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
24	AB8116AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
25	AB8133AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
26	AB8134AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
27	AB8312NA	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	15	MERCEDES BENZ
28	AB8314AE	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	13	HINO
29	AB8314NA	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	15	MERCEDES BENZ

30	AB8316NA	Tarif	WIJAYA SAKTI ABADI	15	MERCEDES BENZ
31	AD9910FE	Tarif	SENDANG MULYO	15	HINO
32	AD9945IG	Tarif	SENDANG MULYO	15	HINO
33	AD9946IG	Tarif	SENDANG MULYO	15	HINO
34	B9462SFV	Tarif	TRANS MIGASINDO	11	UD TRUCKS
35	B9872SEI	Tarif	TRANS MIGASINDO	15	UD TRUCKS

Dalam kegiatan pendistribusian produk LPG menggunakan *skid tank* dapat dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan jenis pola pengiriman *skid tank*, yaitu pola Milik, Pola Sewa, dan Pola Tarif. Yang setiap jenis pola memiliki komponen penyusun biaya yang berbeda-beda. Pada Tabel 4.2 akan ditunjukkan rincian komponen penyusun biaya untuk setiap jenis pola pengiriman produk LPG menggunakan *skid tank*.

Tabel 4.2 Komponen Biaya Jenis Pola Pengiriman

No	Jenis Pola	Komponen Biaya oleh perusahaan			
		AMT (Awak Mobil Tangki)	BBM <i>Own Use</i>	<i>Maintenance</i>	Biaya Investasi
1	Milik	Ya	Ya	Ya	Ya
2	Sewa	Ya	Ya	Ya	Sewa
3	Tarif	<i>All in</i>			

4.1.4.1 *Skid Tank* Pola Milik

Pada sub bab ini akan dijelaskan komponen biaya pada jenis *skid tank* pola milik yang meliputi komponen biaya AMT (Awak Mobil Tangki), komponen biaya BBM *own use*, komponen biaya *maintenance skid tank*, dan komponen biaya investasi *skid tank*.

A. Komponen Biaya AMT (Awak Mobil Tangki) Pola Milik

AMT *skid tank* merupakan operator atau pengemudi mobil tangki yang bertugas untuk mengangkut dan mengirimkan LPG ke lokasi SPBE tujuan. Dalam 1 *skid tank* terdapat 2 AMT, yaitu AMT 1 dan AMT 2. AMT dalam setiap bulan akan menerima gaji pokok, dan insentif tambahan. Detail perhitungan komponen biaya AMT dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Komponen Biaya AMT (Awak Mobil Tangki)

No	AMT	Gaji Pokok per Bulan (Rp)	Hari Kerja per Bulan (Hari)	Jam Kerja per Hari (Jam)	Insentif per Jam (Rp/Jam)
		a	b	c	a/(b*c)
1	AMT 1	3.800.310	20	8	23.752
2	AMT 2	3.454.827	20	8	21.593

B. Komponen Biaya BBM *Own Use* Pola Milik

BBM *own use* adalah sistem penggunaan bahan bakar minyak (BBM) oleh armada *skid tank* itu sendiri untuk operasional kendaraan mengangkut dan mendistribusikan produk LPG. Untuk mendapatkan angka kebutuhan BBM dalam satuan liter, maka digunakan perhitungan jarak dikali rasio konsumsi BBM. Pada setiap kapasitas *skid tank* memiliki angka rasio yang berbeda, yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Daftar Rasio Konsumsi BBM *Own Use Skid Tank*

No	Kapasitas Skid Tank (MT)	Rasio (Km/liter)
1	11	3,05
2	13	2,95
3	15	2,85

C. Komponen Biaya *Maintenance Skid Tank* Pola Milik

Pelaksanaan pengelolaan *maintenance skid tank* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Maintenance Management System* (MMS) dan *Tyre Management System* (TMS). MMS adalah sistem pengelolaan armada *skid tank* yang dirancang untuk mendukung pemeliharaan kendaraan dan peralatannya. TMS adalah sistem pengelolaan armada *skid tank* yang dirancang untuk mengelola seluruh siklus operasional ban kendaraan, baik dari penggantian, perawatan maupun penggunaan. Tabel 4.5 akan memperlihatkan komponen biaya dalam *maintenance skid tank*.

Tabel 4.5 Komponen Biaya *Maintenance Skid Tank*

No	Komponen Maintenance	Biaya Per Tahun
1	<i>Maintenance Management System</i> (MMS)	
	a. Servis berkala (Oli, Filter, Rem)	Rp. 25.000.000,00
	b. Penggantian <i>spare part</i> aus	Rp. 20.000.000,00
	c. Kalibrasi & Inspeksi Sistem	Rp. 10.000.000,00
	d. Dokumentasi & Pelaporan Digital	Rp. 10.000.000,00
	TOTAL	Rp. 65.000.000,00
2	<i>Tyre Management System</i> (TMS)	
	a. Pemantauan Tekanan & Rotasi Ban	Rp. 36.000.000,00
	b. Pengukuran & Inspeksi Rutin	Rp. 48.000.000,00

	c. Perbaikan Ringan (<i>Patch & Balancing</i>)	Rp. 18.000.000,00
	d. Penggantian Ban (10 Ban)	Rp. 20.000.000,00
	TOTAL	Rp.122.000.000,00
	TOTAL BIAYA	Rp. 187.000.000,00

D. Komponen Biaya Investasi *Skid Tank* Pola Milik

Biaya investasi adalah pengeluaran modal awal yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membeli dan mengoperasikan kendaraan. Dalam pelaksanaannya komponen biaya investasi kendaraan ini hanya dipakai pada jenis pola distribusi Pola Milik, dikarenakan kendaraan tersebut jg secara kepemilikan dimiliki oleh perusahaan dengan perhitungan umur ekonomis selama 10 tahun. Tabel 4.6 menjelaskan perhitungan Biaya Investasi *skid tank* pola milik yang meliputi data merek *head truck*, nopol, kapasitas *skid tank*, harga *head truck* dan *skid tank*, serta nilai depresiasi.

Tabel 4.6 Biaya Investasi *Skid Tank* Pola Milik

No	Head Truck	Nopol	Kapasitas Skid Tank (MT)	Harga Head Truck + Skid Tank (Rp)	Depresiasi per Tahun (Rp)	Depresiasi per Jam (Rp)
					a	a/(365*24)
1	UD TRUCK	B9062SEI	15	2.300.000.000	184.000.000	21.005
2	MERCEDES-BENZ	B9069SEI	15	2.600.000.000	208.000.000	23.744
3	MERCEDES-BENZ	B9095SEI	15	2.600.000.000	208.000.000	23.744
4	MERCEDES-BENZ	B9134SEI	15	2.600.000.000	208.000.000	23.744
5	UD TRUCK	B9063SEI	15	2.300.000.000	184.000.000	21.005

4.1.4.2 Skid Tank Pola Sewa

Pada sub bab ini akan dijelaskan komponen biaya pada jenis skid tank pola sewa yang meliputi komponen biaya AMT (Awak Mobil Tangki), komponen biaya BBM *own use*, komponen biaya maintenance *skid tank*, dan komponen biaya sewa.

A. Komponen Biaya AMT (Awak Mobil Tangki) Pola Sewa

AMT *skid tank* merupakan operator atau pengemudi mobil tangki yang bertugas untuk mengangkut dan mengirimkan LPG ke lokasi SPBE tujuan. Dalam 1 skid tank terdapat 2 AMT, yaitu AMT 1 dan AMT 2. AMT dalam setiap bulan akan menerima gaji pokok, dan insentif tambahan. Detail perhitungan komponen biaya AMT dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Komponen Biaya AMT (Awak Mobil Tangki)

No	AMT	Gaji Pokok per Bulan (Rp)	Hari Kerja per Bulan (Hari)	Jam Kerja per Hari (Jam)	Insentif per Jam (Rp/Jam)
		a	b	c	a/(b*c)
1	AMT 1	3.800.310	20	8	23.752
2	AMT 2	3.454.827	20	8	21.593

B. Komponen Biaya BBM *Own Use Skid Tank* Pola Sewa

BBM *own use* adalah sistem penggunaan bahan bakar minyak (BBM) oleh armada *skid tank* itu sendiri untuk operasional kendaraan mengangkut dan mendistribusikan produk LPG. Untuk mendapatkan angka kebutuhan BBM dalam satuan liter, maka digunakan perhitungan jarak dikalikan rasio konsumsi BBM. Pada setiap kapasitas *skid tank* memiliki angka rasio yang berbeda, yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Daftar Rasio Konsumsi BBM *Own Use Skid Tank*

No	Kapasitas Skid Tank (MT)	Rasio (Km/liter)
1	11	3,05
2	13	2,95
3	15	2,85

C. Komponen Biaya *Maintenance Skid Tank* Pola Sewa

Pelaksanaan pengelolaan *maintenance skid tank* terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Maintenance Management System* (MMS) dan *Tyre Management System* (TMS). MMS adalah sistem pengelolaan armada *skid tank* yang dirancang untuk mendukung pemeliharaan kendaraan dan peralatannya. TMS adalah sistem pengelolaan armada *skid tank* yang dirancang untuk mengelola seluruh siklus operasional ban kendaraan, baik dari penggantian, perawatan maupun penggunaan. Tabel 4.9 akan memperlihatkan komponen biaya dalam *maintenance skid tank*.

Tabel 4.9 Komponen Biaya *Maintenance Skid Tank*

No	Komponen Maintenance	Biaya Per Tahun
1	<i>Maintenance Management System</i> (MMS)	
	a. Servis berkala (Oli, Filter, Rem)	Rp. 25.000.000,00
	b. Penggantian <i>spare part</i> aus	Rp. 20.000.000,00
	c. Kalibrasi & Inspeksi Sistem	Rp. 10.000.000,00
	d. Dokumentasi & Pelaporan Digital	Rp. 10.000.000,00
	TOTAL	Rp. 65.000.000,00
2	<i>Tyre Management System</i> (TMS)	

	a. Pemantauan Tekanan & Rotasi Ban	Rp. 36.000.000,00
	b. Pengukuran & Inspeksi Rutin	Rp. 48.000.000,00
	c. Perbaikan Ringan (<i>Patch & Balancing</i>)	Rp. 18.000.000,00
	d. Penggantian Ban (10 Ban)	Rp. 20.000.000,00
	TOTAL	Rp. 122.000.000,00
	TOTAL BIAYA	Rp. 187.000.000,00

D. Komponen Biaya Sewa *Skid Tank* Pola Sewa

Pola sewa adalah sistem dimana perusahaan PT Pertamina menyewa armada skid tank dari pihak ketiga atau vendor logistik. Armada dan awak mobil tangki dapat berasal dari penyedia jasa, namun operasional tetap mengikuti standar dan prosedur dari PT Pertamina. Perhitungan komponen biaya sewa skid tank pola sewa adalah dengan mengalikan prosentase operasional skid tank dalam satu bulan dikalikan dengan biaya sewa skid tank per bulan. Tabel 4.10 akan menampilkan komponen biaya sewa skid tank pola sewa.

Tabel 4.10 Biaya Sewa Skid Tank Pola Sewa

No	Nopol	Pola	Transportir (PT)	Kapasitas (MT)	Biaya Sewa Per Bulan (Rp)
1	B9360SFV	Sewa	TRANS MIGASINDO	11	35.531.000,00
2	B9402SFV	Sewa	TRANS MIGASINDO	11	35.531.000,00
3	B9840SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
4	B9841SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
5	B9842SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
6	B9843SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
7	B9845SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
8	B9847SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
9	B9848SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
10	B9849SEI	Sewa	TRANS MIGASINDO	15	40.193.000,00
11	D9519AG	Sewa	LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	20.514.000,00

12	D9520AG	Sewa	LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	20.514.000,00
13	D9526AG	Sewa	LOGISTIK ENERGY ARMADA PRIMA	15	20.514.000,00

4.1.4.3 Skid Tank Pola Tarif

Pola tarif adalah sistem dimana perusahaan PT Pertamina membayar jasa pengiriman berdasarkan tarif yang telah disepakati dengan pihak ketiga atau vendor logistik. Pembayaran dilakukan berdasarkan jarak tempuh per kilometer dan volume tonase dalam kilogram. Dalam pola tarif pembayaran dilakukan untuk jasa *all in*. Biaya Tarif didapatkan dengan hasil perkalian biaya tarif dikalikan jarak dikalikan dengan tonase. Biaya tarif untuk bulan mei 2025 adalah sebesar Rp.1.451,00 per ton/km. Tabel 4.11 akan menampilkan biaya tarif pengiriman ke setiap SPBE menggunakan skid tank pola tarif.

Tabel 4.11 Daftar Biaya Tarif *Skid Tank*

No	Nama SPBE	Jarak PP (Km)	Biaya Tarif per Kg/Km (Rp)
		a	$(1451/1000)*1*a$
1	Sendang Mulyo	326	473
2	Ananda Rasya Putra	104,6	152
3	Capital Realm Indonesia	124,6	181
4	Kendal Bangun Cipta Sarana	50,4	73
5	Laris Berkah Ananda	123,4	179
s6	Palarasan Legen Estu	272	395
7	Panelia Ekysatya	31,4	46
8	Post Energy Indonesia	4	6
9	Bintang Abadi	144,6	210
10	Satya Mitra Gas	46	67
11	Sultan Alfatih Yudistira	129,6	188
12	Sumber Rejeki Adi Mulya	55,8	81
13	Optima Daya Kapital	43,2	63
14	Yoso Artopotro	106	154
15	Abdi Manunggal Tegal	298	432
16	Manunggal Makmur Jaya Gas	304	441
17	Adiputra Sri Rejeki	150	218
18	Boyolali Gas Mandiri	290	421

4.1.5 Data SPBE

Pada subbab ini akan ditunjukkan Data SPBE meliputi daftar SPBE, lokasi SPBE, *demand* bulanan, kapasitas tangki timbun, waktu tempuh pengiriman dan jarak SPBE yang disuplai dari Terminal LPG *Floating Storage* Semarang, seperti yang terlihat pada Tabel 4.12 berikut ini :

Tabel 4.12 Data SPBE

No	SPBE	Demand (MT)	Lokasi	Kap. Tangki Timbun (MT)	Jarak PP (Km)	Waktu Tempuh (Jam)
					a	a/40
1	Sendang Mulyo	754,2	KAB. WONOGIRI	50	326	8,15
2	Ananda Rasya Putra	829,6	KAB. SEMARANG	50	104,6	2,62
3	Capital Realm Indonesia	600,3	KOTA SALATIGA	50	124,6	3,12
4	Kendal Bangun Cipta Sarana	522,2	KAB. KENDAL	50	50,4	1,26
5	Laris Berkah Ananda	710,7	KAB. KUDUS	50	123,4	3,09
6	Palarasan Legen Estu	603,1	KAB. SRAGEN	50	272	6,80
7	Panelia Ekysatya	906,4	KAB. DEMAK	50	31,4	0,79
8	Post Energy Indonesia	1029,9	KOTA SEMARANG	60	4	0,10
9	Bintang Abadi	1087,8	KAB. GROBOGAN	50	144,6	3,62
10	Satya Mitra Gas	824,7	KOTA SEMARANG	50	46	1,15
11	Sultan Alfatih Yudistira	545,6	KAB. GROBOGAN	50	129,6	3,24
12	Sumber Rejeki Adi Mulya	827,2	KAB. KENDAL	50	55,8	1,40
13	Optima Daya Kapital	715,2	KOTA SEMARANG	50	43,2	1,08
14	Yoso Artopotro	683,3	KOTA SALATIGA	50	106	2,65
15	Abdi Manunggal Tegal	654,3	KAB. TEGAL	50	298	7,45

16	Manunggal Makmur Jaya Gas	457,5	KAB. PEMALANG	50	304	7,60
17	Adiputra Sri Rejeki	475	KAB. TEMANGGUNG	50	150	3,75
18	Boyolali Gas Mandiri	250,8	KAB. SRAGEN	50	290	7,25

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini akan dilakukan pembuatan *database* pada Microsoft Excel yang akan digunakan untuk *input* dalam proses pembuatan model matematis dan implementasinya pada Python di Google *Collaboratory*.

4.2.1 Pembuatan *Database* pada Microsoft Excel

Pada subbab ini akan dilakukan pembuatan *database* pada Microsoft Excel yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam setiap proses penelitian dan pengolahan data selanjutnya.

4.2.2 Penggabungan Informasi

Pada tahap ini akan dibuatkan *database* yang mengandung data-data penting terkait dalam pengolahan data untuk alur penelitian selanjutnya. Data-data yang dimuat diantaranya adalah kapasitas distribusi terminal LPG, Nama SPBE, kode SPBE, Alamat SPBE, Permintaan SPBE (*Demand*), Jarak, Waktu tempuh pengiriman, Realisasi Distribusi bulan Mei 2025 serta Kapasitas tangki timbun SPBE. Penggabungan informasi dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut :

Tabel 4.13 Database Gabungan SPBE

No	Kode Plant	SPBE	Demand (MT)	Realisasi (MT)
1	239M	Sendang Mulyo	754,2	863,4
2	239T	Ananda Rasya Putra	829,6	813,86
3	235Q	Capital Realm Indonesia	600,3	601,3
4	236N	Kendal Bangun Cipta Sarana	522,2	510,62
5	236T	Laris Berkah Ananda	710,7	937,54
6	239Y	Palarasan Legen Estu	603,1	585,8
7	2380	Panelia Ekysatya	906,4	886,84
8	236I	Post Energy Indonesia	1029,9	645,08
9	2365	Bintang Abadi	1087,8	1044,8
10	235V	Satya Mitra Gas	824,7	867,12
11	239U	Sultan Alfatih Yudistira	545,6	539,94
12	2397	Sumber Rejeki Adi Mulya	827,2	797,02
13	239D	Optima Daya Kapital	715,2	702,54

14	235G	Yoso Artopotro	683,3	674,6
15	236R	Abdi Manunggal Tegal	654,3	647,48
16	236V	Manunggal Makmur Jaya Gas	457,5	423,56
17	236Y	Adiputra Sri Rejeki	475	554,5
18	236W	Boyolali Gas Mandiri	250,8	309,66

4.2.3 Perumusan Model Matematis

Perumusan model matematis dilakukan untuk mengubah data operasional distribusi LPG yang telah dikumpulkan menjadi bentuk formulasi matematis yang dapat dianalisis dan diselesaikan secara sistematis. Model matematis disusun menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming* (ILP) yang terdiri dari variabel keputusan, fungsi objektif, dan fungsi kendala (*constraints*). Pada penelitian ini menggunakan parameter sebagai berikut :

Susunan Notasi :

- x_{ijk} : 0 atau 1, Kendaraan i pengiriman ke SPBE j di hari k
- C_i : Biaya pengiriman kendaraan i (Rp/km)
- d_j : Jarak PP ke SPBE j (km)
- D_j : Demand SPBE j (MT/bulan)
- M_i : Kapasitas *skid tank* i (MT)

4.2.3.1 Fungsi Obyektif atau Fungsi Tujuan

Fungsi objektif dalam model *Integer Linear Programming* adalah formula matematis yang menyatakan tujuan utama dari optimasi, apakah ingin diminimalkan (misalnya biaya, waktu, jarak) atau dimaksimalkan (misalnya keuntungan, efisiensi). Dalam konteks distribusi LPG dari terminal ke SPBE menggunakan *skid tank* akan menguatkan pernyataan berapa banyak produk LPG yang harus dikirim ke setiap SPBE pada setiap hari oleh *skid tank* yang tersedia agar *demand* terpenuhi dan tercapai semua batasan-batasannya. Dalam penelitian ini fungsi obyektifnya adalah akan meminimalkan biaya distribusi produk LPG.

Fungsi Tujuan :

$$\text{minimasi biaya} = \min z \sum_{i=1}^{35} \sum_{j=1}^{18} \sum_{k=1}^{27} C_i \cdot d_j \cdot x_{ijk} \dots\dots\dots(1)$$

Fungsi Tujuan (1) memastikan bahwa fungsi tujuan adalah minimasi biaya distribusi LPG sehingga akan memaksimalkan ritase *skid tank* untuk memenuhi *demand* SPBE.

4.2.3.2 Fungsi Kendala

Fungsi kendala (*constraints*) dalam *Integer Linear Programming* adalah aturan atau batasan yang harus dipenuhi oleh solusi agar tetap *feasible* (layak). Fungsi ini membatasi ruang solusi dari fungsi objektif, dan biasanya berasal dari kapasitas penyimpanan, permintaan, kecepatan pengiriman, kebijakan operasional dan lain sebagainya. Berikut adalah batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. Jumlah yang dikirim ke SPBE j harus lebih besar atau sama dengan demand bulanan pada SPBE j tersebut (D_j) :

$$\sum_{i=1}^{35} \sum_{k=1}^{27} x_{ijk} \cdot M_i \geq D_j \dots\dots\dots (2)$$

- b. Pengiriman per hari di SPBE j kurang dari atau sama dengan kapasitas tangki timbun SPBE j yaitu sebesar 50 MT :

$$\sum_{i=1}^{35} x_{ijk} \cdot M_i \leq 50 \dots\dots\dots (3)$$

- c. Total pengiriman ke semua SPBE oleh semua kendaraan pada hari k tidak boleh lebih dari kapasitas distribusi terminal sebesar 2400 MT :

$$\sum_{i=1}^{35} \sum_{j=1}^{18} x_{ijk} \cdot M_i \leq 2400 \text{ MT} \dots\dots\dots (4)$$

Batasan (2) memastikan bahwa *demand* setiap SPBE harus selalu terpenuhi. Batasan (3) menyatakan bahwa setiap SPBE disuplai maksimal 50 MT per hari. Batasan (4) menyatakan bahwa terdapat batasan kapasitas penyaluran terminal ke *skid tank*.

4.2.4 Implementasi Model Matematis pada Python

Model matematis yang telah dirumuskan sebelumnya diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan pustaka *PuLP*, yang merupakan salah satu pustaka *open-source* untuk pemodelan optimasi linear. Implementasi ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah distribusi LPG dari terminal ke SPBE secara efektif dengan mempertimbangkan berbagai batasan operasional seperti kapasitas terminal, batas minimal pemenuhan *demand* SPBE, kecepatan skid tank, waktu bongkar muat, serta batas maksimum pengiriman harian ke masing-masing SPBE.

Dalam proses implementasi, setiap komponen model termasuk variabel keputusan, fungsi objektif, dan fungsi kendala diterjemahkan ke dalam struktur kode Python secara modular. Data input seperti *demand* bulanan, jarak tempuh, dan waktu distribusi diambil langsung dari file Excel yang telah disiapkan, sehingga memungkinkan integrasi data yang fleksibel dan *reproducible*. Fungsi objektif diformulasikan untuk meminimalkan total biaya distribusi, sedangkan kendala-

kendala operasional diimplementasikan sebagai batasan linear yang harus dipenuhi oleh solusi. Pada implementasi formulasi matematis *Integer Linear Programming* ke *Google Collaboratory* ini dilakukan penyesuaian agar batasan-batasan yang ada sesuai dengan kondisi operasional di lapangan seperti hari kerja dan jam kerja. Dan untuk *running* permasalahan ini digunakan periode waktu bulan Mei 2025.

Setelah model selesai dibangun, proses optimasi dilakukan dengan memanggil solver default dari *PuLP*, dan hasilnya dianalisis untuk mengevaluasi distribusi LPG harian ke setiap SPBE selama sebulan. *Output* dari model berupa jadwal pengiriman harian dan total jarak tempuh dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan logistik, serta sebagai bahan evaluasi efisiensi sistem distribusi yang berjalan. Implementasi ini menunjukkan bagaimana pendekatan kuantitatif dan komputasional dapat digunakan secara efektif untuk mendukung perencanaan distribusi energi yang lebih optimal dan terukur.

```
[ ] pip install pulp
import pandas as pd
import io
import pulp
import calendar
from datetime import date

# --- 1. Memuat Data ---
data_sjph = """
name,demand,waktu_tegap,kapasitas,timbu
Sjph Sendang Rajiyono,254,8,15,50
Sjph Ananda Rasya Putra,829,6,2,62,50
Sjph Ciptalil Palsu Indonesia,600,1,1,12,50
Sjph Kendal Bangun Cipta Sarana,322,2,1,20,50
Sjph Lari Bekan Andara,730,7,1,10,50
Sjph Palu-eau Legen Istia,661,1,6,80,50
Sjph Panella Ikyatya,900,4,8,79,50
Sjph Pinat Jengri Indonesia,2809,9,8,10,60
Sjph Bintang Al-hdi,2007,8,1,62,50
Sjph Satya Nitra Gas,824,7,1,15,50
Sjph Sultan A'loch Vostalia,545,6,3,24,50
Sjph Sumber Rejeki Adi Muhyo,827,2,1,40,50
Sjph Optima Daya Kapital,715,2,1,10,50
Sjph Yosa Arripetto,683,1,2,45,50
Sjph Abdi Mununggai Tegali,654,3,7,45,50
Sjph Hangugal Rumar Jaya Gas,457,5,7,40,50
Sjph Adiputra Sri Ngaji,470,1,7,75,50
Sjph Boyolali Gas rindi,210,8,7,25,50
"""

df_sjph = pd.read_csv(io.StringIO(data_sjph))

data_armada = """
nopol,kapasitas,pola
B000SE1,15,Milik
B000SE1,15,Milik
B000SE1,15,Milik
D015AG,15,Sewa
D015AG,15,Sewa
D015AG,15,Sewa
D015AG,15,Sewa
B040SPV,11,Sewa
B040SE1,15,Sewa
B040SE1,15,Sewa
B040SE1,15,Sewa
B040SE1,15,Sewa
B040SE1,15,Sewa
B040SE1,15,Sewa
B040SE1,15,Sewa
```

Gambar 4.2 Tampilan Python pada Google *Collaboratory*

Tahapan selanjutnya agar dapat *running* implementasi model matematis pada python adalah dengan memberikan *prompt* atau perintah untuk dibuatkan kode pemrograman Python PuLP dengan memasukkan semua kriteria baik itu variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala yang telah dibahas diawal tadi. Selanjutnya untuk dapat *ekspor* hasil maka diperlukan *running* kembali dengan menggunakan alur *input* kode pemrograman Python seperti pada dibawah ini :

Tabel 4.14 Alur *Input Prompt* pada Pemrograman Python Google Collaboratory

No	<i>Prompt</i> Google Collaboratory	<i>Output</i> Kode Pemrograman Python
1	Buatkan kode PuLP sederhana untuk import data Keterangan : <i>Prompt</i> ini meminta Google <i>Collaboratory</i> membuat kode program pada python untuk menarik data SPBE (nama, demand, waktu tempuh pengiriman, kapasitas tangki timbun SPBE) dan <i>skid tank</i> (nopol, kapasitas skid tank, dan jenis pola angkut)	<pre>!pip install pulp import pandas as pd import io import pulp import calendar from datetime import date # --- 1. Memuat Data --- data_spbe = """ nama,demand,waktu_tempuh,kapasitas_timbun SPBE Sendang Mulyo,754.18,8.15,50 SPBE Ananda Rasya Putra,829.6,2.62,50 SPBE Capital Realm Indonesia,600.3,3.12,50 SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana,522.2,1.26,50 SPBE Laris Berkah Ananda,710.7,3.10,50 SPBE Palarasan Legen Estu,603.1,6.80,50 SPBE Panelia Ekysatya,906.4,0.79,50 SPBE Post Energy Indonesia,1029.9,0.10,60 SPBE Bintang Abadi,1087.8,3.62,50 SPBE Satya Mitra Gas,824.7,1.15,50 SPBE Sultan Alfatih Yudistira,545.6,3.24,50 SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya,827.2,1.40,50 SPBE Optima Daya Kapital,715.2,1.10,50 SPBE Yoso Artopotro,683.3,2.65,50 SPBE Abdi Manunggal Tegal,654.3,7.45,50 SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas,457.5,7.60,50 SPBE Adiputra Sri Rejeki,475,3.75,50 SPBE Boyolali Gas Mandiri,250.8,7.25,50 """ df_spbe = pd.read_csv(io.StringIO(data_spbe)) data_armada = """ nopol,kapasitas,pola (</pre>

	B9095SEI,15,Milik B9069SEI,15,Milik D9519AG,15,Sewa D9520AG,15,Sewa D9526AG,15,Sewa B9402SFV,11,Sewa B9840SEI,15,Sewa B9848SEI,15,Sewa B9847SEI,15,Sewa B9843SEI,15,Sewa B9845SEI,15,Sewa B9841SEI,15,Sewa B9849SEI,15,Sewa AB8312NA,15,Tarif AB8314NA,15,Tarif AB8316NA,15,Tarif B9134SEI,15,Milik AB8092AE,13,Tarif AB8097AE,13,Tarif AB8104AE,13,Tarif AB8314AE,13,Tarif AB8115AE,13,Tarif AB8116AE,13,Tarif AB8133AE,13,Tarif AB8134AE,13,Tarif B9062SEI,15,Milik B9360SFV,11,Sewa B9842SEI,15,Sewa AB8029AE,13,Tarif AD9910FE,15,Tarif AD9945IG,15,Tarif AD9946IG,15,Tarif B9063SEI,15,Tarif B9872SEI,15,Tarif B9462SFV,11,Tarif """"
--	--

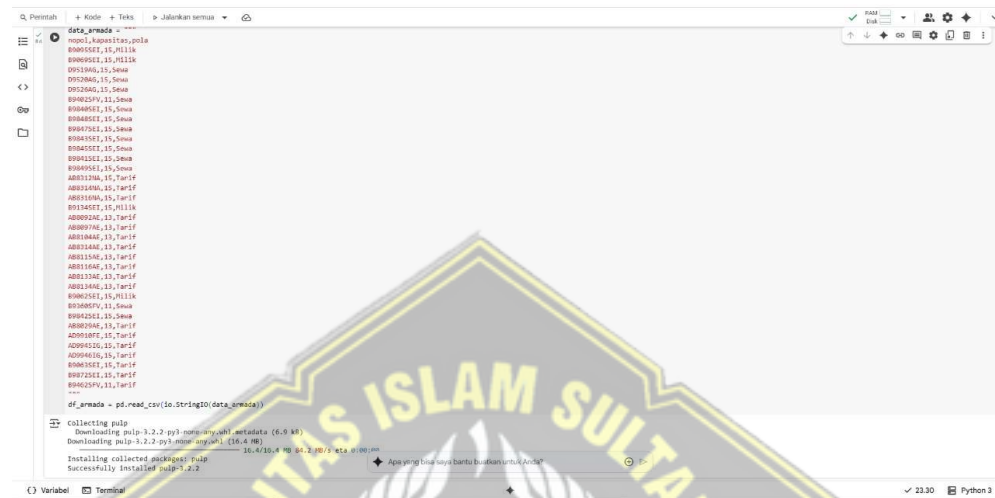
		<pre>df_armada = pd.read_csv(io.StringIO(data_armada))</pre>
2	Buatkan kode pulp sederhana untuk menambahkan fungsi batasan, yaitu setiap spbe harus terpenuhi demand bulanannya Keterangan : Prompt ini merupakan implementasi dari batasan a pada formulasi matematis, yang memastikan bahwa demand setiap SPBE harus selalu terpenuhi	<pre># Constraints Each SPBE must meet its monthly demand for i in spbe_indices: prob += pulp.lpSum(x[i][j][d] * df_armada.loc[j, 'kapasitas'] for j in armada_indices for d in hari_indices) >= df_spbe.loc[i, 'demand'], f'Permintaan_Terpenuhi_SPBE_{i}' print("The demand constraint for each SPBE has already been added.") print("Proceeding to solve the problem with the updated max_trips_per_truck value.") # Solve the problem prob.solve() # Check the status of the solution print("Status:", pulp.LpStatus[prob.status])</pre>
	Buatkan kode pulp sederhana untuk menambahkan fungsi batasan, yaitu dalam sehari setiap spbe maksimal dikirim 50 metric ton Keterangan : Prompt ini merupakan implementasi dari batasan b pada formulasi matematis, yang menyatakan bahwa setiap SPBE disuplai maksimal 50 MT per hari	<pre># Add a new constraint: Maximum daily delivery to each SPBE max_daily_delivery_spbe = 50 # Metric tons per day for spbe in spbe_names: # Constraint: Total quantity delivered to each SPBE per day <= max_daily_delivery_spbe # Assuming 'trips' represent daily trips for this constraint prob += pulp.lpSum([trips[truck][spbe] * df_armada[df_armada['nopol'] == truck]['kapasitas'].iloc[0] for truck in truck_nopol]) <= max_daily_delivery_spbe, f'Max Daily Delivery Constraint for {spbe}' print(f'Maximum daily delivery constraint ({max_daily_delivery_spbe} MT) added for each SPBE.') # Solve the problem prob.solve() # Check the status of the solution print("Status:", pulp.LpStatus[prob.status])</pre>

	Buatkan kode pulp sederhana untuk menambahkan fungsi batasan, yaitu Terminal suplai hanya beroperasi hari senin sampai hari sabtu, dan buka hanya dari jam 1 sampai jam 21, dengan kapasitas penyaluran 60 metric ton per jam Keterangan : Prompt ini merupakan implementasi dari batasan c pada formulasi matematis, yang menyatakan bahwa terdapat batasan kapasitas penyaluran di Terminal LPG ke skid tank	<pre># Add a constraint for the supply terminal's operating hours and capacity # Assuming a weekly planning horizon for simplicity within the current model structure. # The monthly demand would need to be distributed over weeks for a more accurate daily/weekly model. # Terminal operates Monday to Saturday, 1 AM to 9 PM (21:00) operating_days_per_week = 6 operating_hours_per_day = 21 - 1 # 1 AM to 9 PM hourly_supply_capacity = 60 # Metric tons per hour # Calculate weekly supply capacity weekly_supply_capacity = operating_days_per_week * operating_hours_per_day * hourly_supply_capacity # Constraint: Total quantity supplied from the terminal per week <= weekly_supply_capacity # In this monthly model, we can approximate this by ensuring the total delivered quantity over the month # is within the monthly capacity, assuming the weekly capacity is representative. # For a more precise model, the problem needs to include daily/weekly variables. # Assuming a month has roughly 4 weeks for this approximation monthly_supply_capacity_approx = weekly_supply_capacity * 4 # Constraint: Total quantity delivered to all SPBEs <= monthly_supply_capacity_approx # This is a simplification; a true time-based model would be more accurate. prob += pulp.lpSum([trips[truck][spbe] * df_armada[df_armada['nopol'] == truck]['kapasitas'].iloc[0] for truck in truck_nopol for spbe in spbe_names]) <= monthly_supply_capacity_approx, "Terminal Supply Capacity Constraint (Monthly Approx)" print(f"Terminal supply capacity constraint added (approximated monthly capacity: {monthly_supply_capacity_approx} MT).")</pre>
3	Buatkan kode pulp sederhana untuk menambahkan fungsi obyektif, yaitu minimasi biaya distribusi Keterangan :	<pre># --- Model Optimasi with PuLP --- # Initialize the optimization problem prob = pulp.LpProblem("Optimalisasi Pengiriman SPBE", pulp.LpMinimize) # Additional data hari_di_mei_2025 = [date(2025, 5, d) for d in range(1, 32)]</pre>

Prompt ini merupakan implementasi dari fungsi tujuan dari penelitian untuk meminimasi biaya distribusi LPG menggunakan skid tank	<pre># hari_kerja_terminal = [d for d in hari_di_mei_2025 if d.weekday() in range(5)] # Monday (0) to Saturday (5) # Not directly used in this simplified model # Create lists of SPBE names and truck license plates spbe_names = df_spbe['nama'].tolist() truck_nopol = df_armada['nopol'].tolist() hari_indices = range(len(hari_di_mei_2025)) # Create dictionaries for easier access to data spbe_demand_dict = df_spbe.set_index('nama')['demand'].to_dict() spbe_capacity_dict = df_spbe.set_index('nama')['kapasitas_timbun'].to_dict() truck_capacity_dict = df_armada.set_index('nopol')['kapasitas'].to_dict() truck_costs_dict = df_armada.set_index('nopol')['pola'].apply(lambda x: 1 if x == 'Milik' else (2 if x == 'Sewa' else 3)).to_dict() # Decision variables: x[spbe][truck][d] = number of shipments of armada truck to SPBE spbe on day d x = pulp.LpVariable.dicts("pengiriman", [(spbe, truck, d) for spbe in spbe_names for truck in truck_nopol for d in hari_indices], lowBound=0, cat='Integer') # Objective function: Minimize total shipping cost with prioritization prob += pulp.lpSum(x[(spbe, truck, d)] * truck_costs_dict[truck] for spbe in spbe_names for truck in truck_nopol for d in hari_indices), "Total Pengiriman Cost"</pre>
---	--

4.2.5 Tampilan Output Hasil

Tampilan *output* kode pemrograman Python pada Google Collaboratory dapat dilihat dalam tampilan seperti pada Gambar 4.3 berikut ini :



The screenshot shows a Google Colab interface. The code editor contains a list of data points (e.g., B9095SEI, B9069SEI, D9519AG) and a pandas DataFrame creation command: `df_armada = pd.read_csv(io.StringIO(data_armada))`. The terminal output shows the installation of pandas 1.2.2 and the successful execution of the code.

Gambar 4.3 *Output* Kode Pemrograman Python pada Google Collaboratory

Tampilan output hasil optimasi penjadwalan distribusi skid tank pada Google Collaboratory dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini :



The screenshot shows the output of a simulation optimization, titled "Jadwal Simulasi Final (dengan Batas Harian 50 MT) ---". It displays a table with 6 columns: Tanggal Berangkat, Waktu Berangkat, Nopol, Nama SPBE, Estimasi Tiba di SPBE, and Estimasi Selesai (Kembali). The table lists 841 rows of data, showing the schedule for various vehicles (Nopol) and their destinations (Nama SPBE).

	Tanggal Berangkat	Waktu Berangkat	Nopol	Nama SPBE	Estimasi Tiba di SPBE	Estimasi Selesai (Kembali)
0	2025-05-01	01:00:00	B9095SEI	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 08:42:00	2025-05-01 16:31:30
1	2025-05-01	01:00:00	B9069SEI	SPBE Adiputra Sri Rejeki	2025-05-01 05:00:00	2025-05-01 09:07:30
2	2025-05-01	01:15:00	D9519AG	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-01 04:07:12	2025-05-01 07:06:54
3	2025-05-01	01:15:00	D9520AG	SPBE Bintang Abadi	2025-05-01 05:07:12	2025-05-01 09:06:54
4	2025-05-01	01:30:00	D9526AG	SPBE Boyolali Gas Mandiri	2025-05-01 09:00:00	2025-05-01 16:37:30
...	...	...	...	...	...	...
836	2025-05-27	01:30:24	B9872SEI	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-27 01:51:24	2025-05-27 02:19:54
837	2025-05-28	01:00:24	D9520AG	SPBE Bintang Abadi	2025-05-28 04:52:36	2025-05-28 08:52:18
838	2025-05-28	01:00:30	B9063SEI	SPBE Bintang Abadi	2025-05-28 04:52:42	2025-05-28 08:52:24
839	2025-05-28	01:15:24	AB8316NA	SPBE Bintang Abadi	2025-05-28 05:07:36	2025-05-28 09:07:18
840	2025-05-29	01:00:30	B9848SEI	SPBE Bintang Abadi	2025-05-29 04:52:42	2025-05-29 08:52:24

Gambar 4.4 *Output* hasil optimasi penjadwalan distribusi pada Google Collaboratory

Tampilan output hasil optimasi penjadwalan distribusi skid tank dalam format Microsoft Excel dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini :

No	Tanggal Berangkat	Waktu Berangkat	Nopol	Pola	Nama SPBE	Estimasi Tiba di SPBE	Estimasi Selesai (Kembali)	Kapasitas
1	2025-05-01	01:00:00	B9095SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 08:42:00	2025-05-01 16:31:30	15
2	2025-05-01	01:00:00	B9095SEI	Milik	SPBE Adiputra Sri Rejeki	2025-05-01 05:00:00	2025-05-01 09:07:30	15
3	2025-05-01	01:15:00	D9519AG	Sewa	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-01 04:07:12	2025-05-01 07:06:54	15
4	2025-05-01	01:15:00	D9520AG	Sewa	SPBE Bintang Abadi	2025-05-01 05:07:12	2025-05-01 09:06:54	15
5	2025-05-01	01:30:00	D9526AG	Sewa	SPBE Boyolali Gas Mandiri	2025-05-01 09:00:00	2025-05-01 16:37:30	15
6	2025-05-01	01:30:00	B94023FV	Sewa	SPBE Capital Realm Indonesia	2025-05-01 04:48:12	2025-05-01 08:11:54	11
7	2025-05-01	01:41:00	B9840SEI	Sewa	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	2025-05-01 03:11:36	2025-05-01 04:49:42	15
8	2025-05-01	01:45:00	B9848SEI	Sewa	SPBE Liris Berkah Ananda	2025-05-01 05:06:00	2025-05-01 08:34:30	15
9	2025-05-01	01:56:00	B9847SEI	Sewa	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	2025-05-01 09:47:00	2025-05-01 17:45:30	15
10	2025-05-01	02:00:00	B9843SEI	Sewa	SPBE Optima Daya Kapital	2025-05-01 03:21:00	2025-05-01 04:49:30	15
11	2025-05-01	02:11:00	B9845SEI	Sewa	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-01 09:14:00	2025-05-01 16:24:30	15
12	2025-05-01	02:15:00	B9841SEI	Sewa	SPBE Panelia Eksyatyia	2025-05-01 03:17:24	2025-05-01 04:27:18	15
13	2025-05-01	02:26:00	B9849SEI	Sewa	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-01 02:47:00	2025-05-01 03:15:30	15
14	2025-05-01	02:30:00	AB8312NA	Tarif	SPBE Satya Mitra Gas	2025-05-01 03:54:00	2025-05-01 05:25:30	15
15	2025-05-01	02:41:00	AB8314NA	Tarif	SPBE Sendang Mulyo	2025-05-01 11:05:00	2025-05-01 19:36:30	15
16	2025-05-01	02:45:00	AB8316NA	Tarif	SPBE Sultan Alfath Yudistira	2025-05-01 06:14:24	2025-05-01 09:51:18	15
17	2025-05-01	02:56:00	B9134SEI	Milik	SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya	2025-05-01 04:35:00	2025-05-01 06:21:30	15
18	2025-05-01	03:00:00	AB8092AE	Tarif	SPBE Yosro Arangtjura	2025-05-01 05:52:00	2025-05-01 08:50:30	13
19	2025-05-01	03:11:00	AB8097AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 10:53:00	2025-05-01 18:37:30	13
20	2025-05-01	03:13:00	AB8104AE	Tarif	SPBE Adiputra Sri Rejeki	2025-05-01 07:11:00	2025-05-01 11:15:30	13
21	2025-05-01	03:24:00	AB8134AE	Tarif	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-01 06:14:12	2025-05-01 09:10:54	13
22	2025-05-01	03:26:00	AB8115AE	Tarif	SPBE Bintang Abadi	2025-05-01 07:16:12	2025-05-01 11:12:54	13
23	2025-05-01	03:37:00	AB8116AE	Tarif	SPBE Boyolali Gas Mandiri	2025-05-01 11:05:00	2025-05-01 18:39:30	13
24	2025-05-01	03:39:00	AB8133AE	Tarif	SPBE Capital Realm Indonesia	2025-05-01 05:09:12	2025-05-01 10:25:54	13

Gambar 4.5 Output Hasil Optimasi Penjadwalan Distribusi dalam Format Microsoft Excel

4.3 Analisis dan Interpretasi

4.3.1 Analisis Hasil Optimasi

Pada subbab ini disajikan hasil dari proses optimasi yang telah dilakukan menggunakan model *Integer Linear Programming* untuk distribusi LPG menggunakan *skid tank* dari terminal ke SPBE. Analisis difokuskan pada interpretasi nilai variabel keputusan, pemenuhan permintaan (*demand*). Hasil optimasi tidak hanya menunjukkan solusi matematis yang *feasible*, tetapi juga memberikan gambaran operasional terkait alokasi skid tank, utilisasi kapasitas terminal, dan pola pengiriman yang terbentuk. Dengan memahami struktur solusi yang dihasilkan, dapat dievaluasi sejauh mana model mampu merepresentasikan kondisi nyata dan memberikan rekomendasi yang aplikatif dalam konteks distribusi produk LPG. Rekap hasil output dari model *Integer Linear Programming* menggunakan bantuan Python pada *Google Collaboratory* dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 4.15 Rekap Hasil *Output* Penjadwalan Distribusi pada Google *Collaboratory*

Row Labels	SPBE Abdi Manunggal Tegal	SPBE Adiputra Sri Rejeki	SPBE Ananda Rasya Putra	SPBE Bintang Abadi	SPBE Boyolali Gas Mandiri	SPBE Capital Realm Indonesia	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	SPBE Laris Berkah Ananda	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	SPBE Optima Daya Kapital	SPBE Palarasana Legen Estu	SPBE Panelia Ekyasetya	SPBE Post Energy Indonesia	SPBE Satya Mitra Gas	SPBE Sendang Mulyo	SPBE Sultan Alfatih Yudistira	SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya	SPBE Yoso Artopotro	Grand Total
≡ Milik	105	60	135	165		105	60	165	60	90	90	120	120	135	120	60	120	150	1860
B9062SEI	30		30	45		15	15	60	15	30	15	15	60	45				15	390
B9063SEI	15	15		15		30		30		15	30	30		45	45	15	45	30	360
B9069SEI	15	30	45	15		30	15	45	15	30	15	15	15		15		15	45	345
B9095SEI	30	15	15	90		15	15		15	30	15		15	45	15		15		330
B9134SEI	15		45			15	15	30	15	15		60	30		45	45	45	60	435
≡ Sewa	292	150	273	415	97	273	157	172	239	296	246	419	434	285	262	243	310	277	4840
B9360SFV	11	33	11			22	11	22		44	22	22	22		22	11	33	22	286
B9402SFV	22		22	22	11	33		11	22	11	22	22	22			22	22		264
B9840SEI	15	15	15	45		15	45	15		45	15	30	30	30	45	15	15	30	420
B9841SEI	30	30	75	15		15	30			30		60	15		60	45	15		420
B9842SEI	45		15	15					30	15	15	60	60	15	30	15		75	405
B9843SEI	15	15	15	15		45		15	15	75		60	45		15	30	45	30	435
B9845SEI	30		15	30		45		45	15	15	30	30	30	15				15	315
B9847SEI	30	15		45		60			45	30		30	30	60	15		15	15	390
B9848SEI	15	30	30	45	15	15	15	15	15	30	15	30	15	60		15	30		390
B9849SEI	30	15		15			15	15			60	45	60	60		15	30	60	420
D9519AG	15	15	45	45	15	15			15	15	15		45	15	15	30	60	15	375
D9520AG	15	15	15	75	15	15			30	30	15	15	15	30	15	15	30	45	390
D9526AG	30		15	15	30	15	30	15	45		15	15	30	15	45	15			330
≡ Tarif	263	268	423	520	160	227	312	374	164	334	272	371	487	414	383	250	399	259	5880
AB8029AE	13		26			13	13	39	13	26	52	13	65	26		13		13	325
AB8032AE	26	26	39	13			26			13	13	26	52	13	26	13	52	13	351
AB8037AE	13	13	39	65			26	26		13	13	13	26	13	13	13	13	13	299
AB8104AE	52	26	52	26			39	13		13	13	13	26	26	13	13		13	338
AB8115AE	26	13	26			39		13	13	13	13	52	13	26	13	13	39	26	338
AB8116AE	13	26	39		13	13	13	13	13	13	26		39	13	13		26	39	312
AB8133AE		13		13	26	39		52	13	39	13	26		26			26	26	312
AB8134AE	13		13	13	26		13	52	26	13	13	26	26	13	26	13	26	13	325
AB8312NA		30	15	60	15	30			15	15		15	45	45	30	30	45	15	405
AB8314AE	13	26	26	39	13	26	13	13					13	13	26	26	26	13	260
AB8314NA	15		45	45	30		60	30		45		15	45	15	30		30	15	420
AB8316NA	15		60	45	15		30	15		15		30	60	15	45	30	60		435
AD9910FE	45	15		45			60		15	30	30	30	30		30			15	345
AD9945IG		30	30	30				30	15	45	15		30	30	45	45	15		360
AD9946IG		15		30				30		15	60	45		60	75	15	15	15	375
B9462SFV		22	11	55	22	22		22	11	11	22	11	22	11	11		11		275
B9872SEI	45	15		15		45	15	30	30	15		45	45	45		15	15	30	405
Grand Total	660	478	831	1100	257	605	529	711	463	720	608	910	1041	834	765	553	829	686	12580

Berdasarkan Tabel 4.15 terlihat breakdown distribusi selama 1 bulan untuk setiap SPBE, berdasarkan pengelompokan jenis pola distribusi armada dan nopol skid tank beserta jumlah tonase yang diangkut, jumlah tonase setiap SPBE, dan total tonase yang disalurkan. Sampling tampilan jadwal optimasi distribusi produk LPG menggunakan skid tank akan ditampilkan pada tabel-tabel berikut ini :

Pada Tabel 4.16 akan ditampilkan contoh penjadwalan distribusi LPG oleh semua kendaraan i dikirim ke SPBE j pada hari k.

Tabel 4.16 Jadwal distribusi ke SPBE Abdi Manunggal Tegal pada tanggal 1

No	Tanggal Berangka*	Waktu Berangkat	Nopol	Pola	Nama SPBE	Estimasi Tiba di SPBE	Estimasi Selesai (Kembali)	Kapasitas (MT)
1	2025-05-01	01:00:00	B9095SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 08:42:00	2025-05-01 16:31:30	15
19	2025-05-01	03:11:00	AB8097AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 10:51:00	2025-05-01 18:37:30	13
37	2025-05-01	05:08:00	B9841SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 12:50:00	2025-05-01 20:39:30	15

Pada Tabel 4.17 akan ditampilkan contoh penjadwalan distribusi LPG oleh semua kendaraan i ke semua SPBE j pada hari k

Tabel 4.17 Jadwal distribusi LPG pada tanggal 1

No	Tanggal Berangkat	Waktu Berangkat	Nopol	Pola	Nama SPBE	Estimasi Tiba di SPBE	Estimasi Selesai (Kembali)	Kapasitas (MT)
1	2025-05-01	01:00:00	B9095SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 08:42:00	2025-05-01 16:31:30	15
2	2025-05-01	01:00:00	B9069SEI	Milik	SPBE Adiputra Sri Rejeki	2025-05-01 05:00:00	2025-05-01 09:07:30	15
3	2025-05-01	01:15:00	D9519AG	Sewa	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-01 04:07:12	2025-05-01 07:06:54	15
4	2025-05-01	01:15:00	D9520AG	Sewa	SPBE Bintang Abadi	2025-05-01 05:07:12	2025-05-01 09:06:54	15
5	2025-05-01	01:30:00	D9526AG	Sewa	SPBE Boyolali Gas Mandiri	2025-05-01 09:00:00	2025-05-01 16:37:30	15
6	2025-05-01	01:30:00	B9402SFV	Sewa	SPBE Capital Realm Indonesia	2025-05-01 04:48:12	2025-05-01 08:11:54	11
7	2025-05-01	01:41:00	B9840SEI	Sewa	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	2025-05-01 03:11:36	2025-05-01 04:49:42	15
8	2025-05-01	01:45:00	B9848SEI	Sewa	SPBE Laris Berkah Ananda	2025-05-01 05:06:00	2025-05-01 08:34:30	15
9	2025-05-01	01:56:00	B9847SEI	Sewa	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	2025-05-01 09:47:00	2025-05-01 17:45:30	15
10	2025-05-01	02:00:00	B9843SEI	Sewa	SPBE Optima Daya Kapital	2025-05-01 03:21:00	2025-05-01 04:49:30	15
11	2025-05-01	02:11:00	B9845SEI	Sewa	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-01 09:14:00	2025-05-01 16:24:30	15
12	2025-05-01	02:15:00	B9841SEI	Sewa	SPBE Panelia Ekysatya	2025-05-01 03:17:24	2025-05-01 04:27:18	15
13	2025-05-01	02:26:00	B9849SEI	Sewa	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-01 02:47:00	2025-05-01 03:15:30	15
14	2025-05-01	02:30:00	AB8312NA	Tarif	SPBE Satya Mitra Gas	2025-05-01 03:54:00	2025-05-01 05:25:30	15
15	2025-05-01	02:41:00	AB8314NA	Tarif	SPBE Sendang Mulyo	2025-05-01 11:05:00	2025-05-01 19:36:30	15
16	2025-05-01	02:45:00	AB8316NA	Tarif	SPBE Sultan Alfatih Yudistira	2025-05-01 06:14:24	2025-05-01 09:51:18	15
17	2025-05-01	02:56:00	B9134SEI	Milik	SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya	2025-05-01 04:35:00	2025-05-01 04:27:18	15
18	2025-05-01	03:00:00	AB8092AE	Tarif	SPBE Yoso Artopotro	2025-05-01 05:52:00	2025-05-01 08:50:30	13
19	2025-05-01	03:11:00	AB8097AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 10:51:00	2025-05-01 18:37:30	13
20	2025-05-01	03:13:00	AB8104AE	Tarif	SPBE Adiputra Sri Rejeki	2025-05-01 07:11:00	2025-05-01 11:15:30	13
21	2025-05-01	03:24:00	AB8314AE	Tarif	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-01 06:14:12	2025-05-01 09:10:54	13
22	2025-05-01	03:26:00	AB8115AE	Tarif	SPBE Bintang Abadi	2025-05-01 07:16:12	2025-05-01 11:12:54	13
23	2025-05-01	03:37:00	AB8116AE	Tarif	SPBE Boyolali Gas Mandiri	2025-05-01 11:05:00	2025-05-01 18:39:30	13
24	2025-05-01	03:39:00	AB8133AE	Tarif	SPBE Capital Realm Indonesia	2025-05-01 06:59:12	2025-05-01 10:25:54	13
25	2025-05-01	03:50:00	AB8134AE	Tarif	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	2025-05-01 05:18:36	2025-05-01 06:53:42	13
26	2025-05-01	03:52:00	B9062SEI	Milik	SPBE Laris Berkah Ananda	2025-05-01 07:13:00	2025-05-01 10:41:30	15
27	2025-05-01	04:03:00	B9360SFV	Sewa	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	2025-05-01 11:50:00	2025-05-01 19:42:30	11
28	2025-05-01	04:07:00	B9842SEI	Sewa	SPBE Optima Daya Kapital	2025-05-01 05:28:00	2025-05-01 06:56:30	15
29	2025-05-01	04:14:00	AB8029AE	Tarif	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-01 11:15:00	2025-05-01 18:22:30	13
30	2025-05-01	04:22:00	AD9910FE	Tarif	SPBE Panelia Ekysatya	2025-05-01 05:24:24	2025-05-01 06:34:18	15
31	2025-05-01	04:27:00	AD9945IG	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-01 04:48:00	2025-05-01 05:16:30	15
32	2025-05-01	04:37:00	AD9946IG	Tarif	SPBE Satya Mitra Gas	2025-05-01 06:01:00	2025-05-01 07:32:30	15
33	2025-05-01	04:42:00	B9063SEI	Milik	SPBE Sendang Mulyo	2025-05-01 13:06:00	2025-05-01 21:37:30	15
34	2025-05-01	04:52:00	B9872SEI	Tarif	SPBE Sultan Alfatih Yudistira	2025-05-01 08:21:24	2025-05-01 11:58:18	15
35	2025-05-01	04:57:00	B9462SFV	Tarif	SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya	2025-05-01 06:32:00	2025-05-01 08:12:30	11
36	2025-05-01	05:07:00	B9849SEI	Sewa	SPBE Yoso Artopotro	2025-05-01 08:01:00	2025-05-01 11:02:30	15
37	2025-05-01	05:08:00	B9841SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 12:50:00	2025-05-01 20:39:30	15
38	2025-05-01	05:22:00	B9843SEI	Sewa	SPBE Adiputra Sri Rejeki	2025-05-01 09:22:00	2025-05-01 13:29:30	15
39	2025-05-01	05:23:00	B9840SEI	Sewa	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-01 08:15:12	2025-05-01 11:14:54	15
40	2025-05-01	05:37:00	AD9945IG	Tarif	SPBE Bintang Abadi	2025-05-01 09:29:12	2025-05-01 13:28:54	15
41	2025-05-01	05:38:00	AB8312NA	Tarif	SPBE Boyolali Gas Mandiri	2025-05-01 13:08:00	2025-05-01 20:45:30	15
42	2025-05-01	06:21:30	B9134SEI	Milik	SPBE Capital Realm Indonesia	2025-05-01 09:43:42	2025-05-01 13:13:24	15
43	2025-05-01	06:34:18	AD9910FE	Tarif	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	2025-05-01 08:04:54	2025-05-01 09:43:00	15
44	2025-05-01	06:53:42	AB8134AE	Tarif	SPBE Laris Berkah Ananda	2025-05-01 10:12:42	2025-05-01 13:38:12	13
45	2025-05-01	06:56:30	B9842SEI	Sewa	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	2025-05-01 14:47:30	2025-05-01 22:46:00	15
46	2025-05-01	07:06:54	D9519AG	Sewa	SPBE Optima Daya Kapital	2025-05-01 08:27:54	2025-05-01 09:56:24	15
47	2025-05-01	07:32:30	AD9946IG	Tarif	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-01 14:35:30	2025-05-01 21:46:00	15
48	2025-05-01	08:11:54	B9402SFV	Sewa	SPBE Panelia Ekysatya	2025-05-01 09:10:18	2025-05-01 10:14:12	11
49	2025-05-01	08:12:30	B9462SFV	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-01 08:29:30	2025-05-01 08:52:00	11
50	2025-05-01	08:34:30	B9848SEI	Sewa	SPBE Satya Mitra Gas	2025-05-01 09:58:30	2025-05-01 11:30:00	15
51	2025-05-01	08:50:30	AB8092AE	Tarif	SPBE Sendang Mulyo	2025-05-01 17:12:30	2025-05-02 01:41:00	13
52	2025-05-01	08:52:00	B9462SFV	Tarif	SPBE Sultan Alfatih Yudistira	2025-05-01 12:17:24	2025-05-01 15:48:18	11
53	2025-05-01	09:06:54	D9520AG	Sewa	SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya	2025-05-01 10:45:54	2025-05-01 12:32:24	15
54	2025-05-01	09:07:30	B9069SEI	Milik	SPBE Yoso Artopotro	2025-05-01 12:01:30	2025-05-01 15:03:00	15

Pada Tabel 4.18 akan ditampilkan contoh penjadwalan distribusi LPG oleh semua kendaraan i ke SPBE j pada semua hari k.

Tabel 4.18 Jadwal distribusi LPG ke SPBE Abdi Manunggal Tegal

No	Tanggal Berangkat	Waktu Berangkat	Nopol	Pola	Nama SPBE	Estimasi Tiba di SPBE	Estimasi Selesai (Kembali)	Kapasitas (MT)
1	2025-05-01	01:00:00	B9095SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 08:42:00	2025-05-01 16:31:30	15
19	2025-05-01	03:11:00	AB8097AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 10:51:00	2025-05-01 18:37:30	13
37	2025-05-01	05:08:00	B9841SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-01 12:50:00	2025-05-01 20:39:30	15
56	2025-05-02	01:00:54	AB8314AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-02 08:40:54	2025-05-02 16:27:24	13
73	2025-05-02	03:05:54	B9069SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-02 10:47:54	2025-05-02 18:37:24	15
91	2025-05-02	05:10:54	B9848SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-02 12:52:54	2025-05-02 20:42:24	15
110	2025-05-03	01:00:54	B9845SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-03 08:42:54	2025-05-03 16:32:24	15
127	2025-05-03	03:07:00	AD9910FE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-03 10:49:00	2025-05-03 18:38:30	15
145	2025-05-03	05:10:00	B9849SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-03 12:52:00	2025-05-03 20:41:30	15
163	2025-05-05	01:00:24	B9847SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-05 08:42:24	2025-05-05 16:31:54	15
181	2025-05-05	03:05:24	AB8104AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-05 10:45:24	2025-05-05 18:31:54	13
199	2025-05-05	05:14:24	B9872SEI	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-05 12:56:24	2025-05-05 20:45:54	15
217	2025-05-06	01:00:24	AB8314NA	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-06 08:42:24	2025-05-06 16:31:54	15
235	2025-05-06	03:07:24	B9062SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-06 10:49:24	2025-05-06 18:38:54	15
253	2025-05-06	05:12:24	B9842SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-06 12:54:24	2025-05-06 20:43:54	15
271	2025-05-07	01:00:48	AB8092AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-07 08:40:48	2025-05-07 16:27:18	13
289	2025-05-07	03:05:48	B9849SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-07 10:47:48	2025-05-07 18:37:18	15
307	2025-05-07	05:12:54	B9841SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-07 12:54:54	2025-05-07 20:44:24	15
324	2025-05-08	01:00:24	B9872SEI	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-08 08:42:24	2025-05-08 16:31:54	15
341	2025-05-08	02:56:24	AB8104AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-08 10:36:24	2025-05-08 18:22:54	13
358	2025-05-08	04:59:48	B9134SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-08 12:41:48	2025-05-08 20:31:18	15
376	2025-05-09	01:00:30	B9095SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-09 08:42:30	2025-05-09 16:32:00	15
392	2025-05-09	02:54:30	B9843SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-09 10:36:30	2025-05-09 18:26:00	15
409	2025-05-09	04:59:18	AB8316NA	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-09 12:41:18	2025-05-09 20:30:48	15
426	2025-05-10	01:00:12	D9526AG	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-10 08:42:12	2025-05-10 16:31:42	15
443	2025-05-10	02:54:48	B9062SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-10 10:36:48	2025-05-10 18:26:18	15
460	2025-05-10	04:59:12	B9842SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-10 12:41:12	2025-05-10 20:30:42	15
477	2025-05-12	01:00:30	B9840SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-12 08:42:30	2025-05-12 16:32:00	15
494	2025-05-12	02:56:30	B9847SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-12 10:38:30	2025-05-12 18:28:00	15
511	2025-05-12	04:59:42	AB8104AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-12 12:39:42	2025-05-12 20:26:12	13
528	2025-05-13	01:00:12	AD9910FE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-13 08:42:12	2025-05-13 16:31:42	15
545	2025-05-13	02:52:12	B9872SEI	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-13 10:34:12	2025-05-13 18:23:42	15
561	2025-05-13	04:52:12	AB8134AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-13 12:32:12	2025-05-13 20:18:42	13
576	2025-05-14	01:00:00	B9402SFV	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-14 08:38:00	2025-05-14 16:21:30	11
591	2025-05-14	02:41:42	B9842SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-14 10:23:42	2025-05-14 18:13:12	15
606	2025-05-14	04:31:00	AB8092AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-14 12:11:00	2025-05-14 19:57:30	13
620	2025-05-15	01:00:24	AB8104AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-15 08:40:24	2025-05-15 16:26:54	13
634	2025-05-15	02:39:24	B9063SEI	Milik	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-15 10:21:24	2025-05-15 18:10:54	15
647	2025-05-15	04:07:30	B9402SFV	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-15 11:45:30	2025-05-15 19:29:00	11
661	2025-05-16	01:00:30	D9526AG	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-16 08:42:30	2025-05-16 16:32:00	15
673	2025-05-16	02:28:24	D9519AG	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-16 10:10:24	2025-05-16 17:59:54	15
686	2025-05-16	04:01:30	AB8116AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-16 11:41:30	2025-05-16 19:28:00	13
697	2025-05-17	01:00:24	B9845SEI	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-17 08:42:24	2025-05-17 16:31:54	15
708	2025-05-17	02:13:24	AD9910FE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-17 09:55:24	2025-05-17 17:44:54	15
878	2025-05-28	20:44:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-29 04:24:24	2025-05-29 12:10:54	13
879	2025-05-28	20:57:24	D9520AG	Sewa	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-29 04:39:24	2025-05-29 12:28:54	15

Pada Tabel 4.19 akan ditampilkan contoh penjadwalan distribusi LPG oleh kendaraan i ke semua SPBE j pada semua hari k.

Tabel 4.19 Jadwal distribusi LPG Armada Skid Tank AB8029AE

No	Tanggal Berangka ⁺	Waktu Berangka ⁺	Nopol	Pola	Nama SPBE	Estimasi Tiba di SPBE	Estimasi Selesai (Kembali)	Kapasitas (MT)
29	2025-05-01	04:14:00	AB8029AE	Tarif	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-01 11:15:00	2025-05-01 18:22:30	13
79	2025-05-02	03:50:54	AB8029AE	Tarif	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	2025-05-02 05:19:30	2025-05-02 06:54:36	13
99	2025-05-02	06:54:36	AB8029AE	Tarif	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	2025-05-02 14:43:36	2025-05-02 22:39:06	13
142	2025-05-03	04:52:54	AB8029AE	Tarif	SPBE Sultan Alfatih Yudistira	2025-05-03 08:20:18	2025-05-03 11:54:12	13
175	2025-05-05	02:22:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-05 02:41:24	2025-05-05 03:06:54	13
198	2025-05-05	05:01:54	AB8029AE	Tarif	SPBE Yoso Artopotro	2025-05-05 07:53:54	2025-05-05 10:52:24	13
224	2025-05-06	01:43:54	AB8029AE	Tarif	SPBE Laris Berkah Ananda	2025-05-06 05:02:54	2025-05-06 08:28:24	13
266	2025-05-06	08:28:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Satya Mitra Gas	2025-05-06 09:50:24	2025-05-06 11:18:54	13
281	2025-05-07	02:07:48	AB8029AE	Tarif	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-07 09:08:48	2025-05-07 16:16:18	13
345	2025-05-08	03:22:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Capital Realm Indonesia	2025-05-08 06:42:36	2025-05-08 10:09:18	13
384	2025-05-09	01:56:18	AB8029AE	Tarif	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-09 08:57:18	2025-05-09 16:04:48	13
449	2025-05-10	03:39:48	AB8029AE	Tarif	SPBE Laris Berkah Ananda	2025-05-10 06:58:48	2025-05-10 10:24:18	13
487	2025-05-12	02:13:42	AB8029AE	Tarif	SPBE Panelia Ekysatya	2025-05-12 03:14:06	2025-05-12 04:21:00	13
513	2025-05-12	05:12:42	AB8029AE	Tarif	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-12 08:02:54	2025-05-12 10:59:36	13
540	2025-05-13	02:24:12	AB8029AE	Tarif	SPBE Satya Mitra Gas	2025-05-13 03:46:12	2025-05-13 05:14:42	13
568	2025-05-13	05:38:12	AB8029AE	Tarif	SPBE Palarasan Legen Estu	2025-05-13 12:39:12	2025-05-13 19:46:42	13
607	2025-05-14	04:35:42	AB8029AE	Tarif	SPBE Ananda Rasya Putra	2025-05-14 07:25:54	2025-05-14 10:22:36	13
638	2025-05-15	03:09:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Laris Berkah Ananda	2025-05-15 06:28:24	2025-05-15 09:53:54	13
678	2025-05-16	03:05:30	AB8029AE	Tarif	SPBE Optima Daya Kapital	2025-05-16 04:24:30	2025-05-16 05:50:00	13
703	2025-05-17	01:41:30	AB8029AE	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-17 02:00:30	2025-05-17 02:26:00	13
732	2025-05-19	01:15:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Optima Daya Kapital	2025-05-19 02:34:24	2025-05-19 03:59:54	13
767	2025-05-20	02:09:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-20 02:28:24	2025-05-20 02:53:54	13
793	2025-05-21	02:37:30	AB8029AE	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-21 02:56:30	2025-05-21 03:22:00	13
815	2025-05-23	01:30:30	AB8029AE	Tarif	SPBE Post Energy Indonesia	2025-05-23 01:49:30	2025-05-23 02:15:00	13
878	2025-05-28	20:44:24	AB8029AE	Tarif	SPBE Abdi Manunggal Tegal	2025-05-29 04:24:24	2025-05-29 12:10:54	13

4.3.2 Analisis Efisiensi Distribusi

Dalam subbab ini akan dijabarkan perbandingan antara biaya distribusi LPG pada setiap jenis pola distribusi dengan menggunakan penjadwalan terdahulu dengan optimasi penjadwalan yang baru.

4.3.2.1 Analisis Biaya Distribusi *Skid Tank* Pola Milik

Komponen biaya penyusun dalam biaya distribusi pola milik adalah AMT (Awak Mobil Tangki), BBM *own use*, Biaya Investasi Kendaraan dan Biaya Maintenance.

a. AMT (Awak Mobil Tangki) Skid Tank Pola Milik

Analisa biaya AMT (Awak Mobil Tangki) *skid tank* pola milik dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.20 berikut ini :

Tabel 4.20 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Jarak (Km)	Waktu Tempuh (Jam)	Gaji Pokok AMT 1 + 2 (Rp)	Gaji Insentif AMT 1 + 2 (Rp/Jam)	THP AMT 1 + 2 (Rp)
		a	b	c	$d=b*45.345$	c+d
1	B9062SEI	3849,6	96,24	7.255.137	4.363.965	11.619.101
2	B9063SEI	3214,2	80,35	7.255.137	3.643.666	10.898.802
3	B9069SEI	4110,8	102,77	7.255.137	4.660.065	11.915.202
4	B9095SEI	4128	103,2	7.255.137	4.679.563	11.934.700
5	B9134SEI	3698,6	92,46	7.255.137	4.192.788	11.447.925
TOTAL						57.815.731

Analisa biaya AMT (Awak Mobil Tangki) *skid tank* pola milik dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.21 berikut ini :

Tabel 4.21 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Jarak (Km)	Waktu Tempuh (Jam)	Gaji Pokok AMT 1 + 2 (Rp)	Gaji Insentif AMT 1 + 2 (Rp)	THP AMT 1 + 2 (Rp)
		a	b	c	$d=b*45.345$	c+d
1	B9062SEI	2861,4	71,53	7.255.137	3.243.727	10.498.862
2	B9063SEI	3363,6	84,09	7.255.137	3.813.027	11.068.164
3	B9069SEI	3309,4	82,73	7.255.137	3.751.585	11.006.722
4	B9095SEI	3079,4	76,98	7.255.137	3.490.854	10.745.991
5	B9134SEI	3472,6	86,81	7.255.137	3.936.591	11.191.728
TOTAL						54.511.469

b. *BBM Own Use Skid Tank Pola Milik*

Analisa biaya BBM own use skid tank pola milik dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.22 berikut ini :

Tabel 4.22 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Kebutuhan BBM (liter)	Biaya BBM bulan Mei (Rp)
		a	$b=a*rasio$	$c=b*13.350$
1	B9062SEI	3849,6	1350,74	18.032.337
2	B9063SEI	3214,2	1127,79	15.055.989
3	B9069SEI	4110,8	1442,39	19.255.853
4	B9095SEI	4128	1448,42	19.336.421

5	B9134SEI	3698,6	1297,75	17.325.021
TOTAL				89.005.621

Analisa biaya BBM own use skid tank pola milik dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.23 berikut ini :

Tabel 4.23 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Kebutuhan BBM (liter)	Biaya BBM bulan Mei (Rp)
		a	b=a*rasio	c=b*13.350
1	B9062SEI	2861,4	1004	13.403.400
2	B9063SEI	3363,6	1180,21	15.755.811
3	B9069SEI	3309,4	1161,19	15.501.926
4	B9095SEI	3079,4	1080,49	14.424.558
5	B9134SEI	3472,6	1218,46	16.266.389
TOTAL				75.352.084

c. Biaya Investasi Kendaraan Skid Tank Pola Milik

Analisa biaya investasi kendaraan pola milik dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.24 berikut ini :

Tabel 4.24 Analisa Biaya Investasi Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu

N o	Skid Tank	Total Harga Skid Tank + Head Truck (Rp)	Estimasi Harga Jual 10 Tahun kedepan	Depresiasi per Tahun (Rp)	Nilai Depresiasi Skid per Km (Rp)	Total Jarak (KM)	Biaya Investasi Kendaraan (Rp)
					a	b	c=a*b
1	B9062SEI	2.300.000.000	460.000.000	184.000.000	525,11	3849,6	2.021.479
2	B9069SEI	2.600.000.000	520.000.000	208.000.000	593,61	3214,2	1.907.973
3	B9095SEI	2.600.000.000	520.000.000	208.000.000	593,61	4110,8	2.440.201
4	B9134SEI	2.600.000.000	520.000.000	208.000.000	593,61	4128	2.450.411
5	B9063SEI	2.300.000.000	460.000.000	184.000.000	525,11	3698,6	1.942.187
TOTAL							10.762.251

Analisa biaya investasi kendaraan pola milik dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.25 berikut ini :

Tabel 4.25 Analisa Biaya Investasi Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru

N o	Skid Tank	Total Harga Skid Tank + Head Truck (Rp)	Estimasi Harga Jual 10 Tahun kedepan	Depresiasi per Tahun (Rp)	Nilai Depresiasi Skid per Km (Rp)	Total Jarak (KM)	Biaya Investasi Kendaraan (Rp)
					a	b	c=a*b

1	B9062SEI	2.300.000.000	460.000.000	184.000.000	525,11	2861,4	1.502.562
2	B9069SEI	2.600.000.000	520.000.000	208.000.000	593,61	3363,6	1.996.658
3	B9095SEI	2.600.000.000	520.000.000	208.000.000	593,61	3309,4	1.964.484
4	B9134SEI	2.600.000.000	520.000.000	208.000.000	593,61	3079,4	1.827.954
5	B9063SEI	2.300.000.000	460.000.000	184.000.000	525,11	3472,6	1.823.511
TOTAL							9.115.169

d. Biaya *Maintenance* Kendaraan Skid Tank Pola Milik

Analisa biaya maintenance skid tank pola milik dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.26 berikut ini :

Tabel 4.26 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Biaya Maintenance (Rp/Km)	Total Biaya Maintenance (Rp)
		a	b	c=a*b
1	B9062SEI	3849,6	534	2.054.438
2	B9063SEI	3214,2	534	1.715.341
3	B9069SEI	4110,8	534	2.193.834
4	B9095SEI	4128	534	2.203.014
5	B9134SEI	3698,6	534	1.973.853
TOTAL				10.140.481

Analisa biaya maintenance skid tank pola milik dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.27 berikut ini :

Tabel 4.27 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Milik Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Biaya Maintenance (Rp/Km)	Total Biaya Maintenance (Rp)
		a	b	c=a*b
1	B9062SEI	2861,4	534	1.527.060
2	B9063SEI	3363,6	534	1.795.072
3	B9069SEI	3309,4	534	1.766.147
4	B9095SEI	3079,4	534	1.643.401
5	B9134SEI	3472,6	534	1.853.243
TOTAL				8.584.922

4.3.2.2 Analisis Biaya Distribusi Skid Tank Pola Sewa

Komponen biaya penyusun dalam biaya distribusi skid tank pola sewa adalah AMT (Awak Mobil Tangki), BBM *own use*, biaya maintenance kendaraan dan biaya sewa.

a. AMT (Awak Mobil Tangki) Skid Tank Pola Sewa

Analisa biaya AMT (Awak Mobil Tangki) *skid tank* pola sewa dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.28 berikut ini.

Tabel 4.28 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Total Jarak (KM)	Waktu Tempuh (Jam)	Gaji Pokok AMT 1 + 2 (Rp)	Gaji Insentif AMT 1 + 2 (Rp)	THP AMT 1 + 2 (Rp)
			a	b	c=a*45.345	d=b+c
1	B9360SFV	2466	61,65	7.255.137	2.795.494,86	10.050.631,56
2	B9402SFV	2524,8	63,12	7.255.137	2.862.151,43	10.117.288,13
3	B9840SEI	123,4	3,09	7.255.137	139.888,10	7.395.024,80
4	B9841SEI	4403	110,08	7.255.137	4.991.307,33	12.246.444,03
5	B9842SEI	144,6	3,62	7.255.137	163.920,74	7.419.057,44
6	B9843SEI	144,6	3,62	7.255.137	163.920,74	7.419.057,44
7	B9845SEI	3880	97	7.255.137	4.398.426,62	11.653.563,32
8	B9847SEI	4161,8	104,05	7.255.137	4.717.879,36	11.973.016,06
9	B9848SEI	144,6	3,62	7.255.137	163.920,74	7.419.057,44
10	B9849SEI	4220,2	105,51	7.255.137	4.784.082,48	12.039.219,18
11	D9519AG	1827,4	45,69	7.255.137	2.071.568,25	9.326.704,95
12	D9520AG	3284,4	82,11	7.255.137	3.723.245,47	10.978.382,17
13	D9526AG	144,6	3,62	7.255.137	163.920,74	7.419.057,44
TOTAL						125.456.504

Analisa biaya AMT (Awak Mobil Tangki) *skid tank* pola sewa dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.29 berikut ini.

Tabel 4.29 Analisa Biaya AMT Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Total Jarak (KM)	Waktu Tempuh (Jam)	Gaji Pokok AMT 1 + 2 (Rp)	Gaji Insentif AMT 1 + 2 (Rp)	THP AMT 1 + 2 (Rp)
			a	b	c=a*45.345	d=b+c
1	B9360SFV	3980,4	99,51	7.255.137	4.512.242	11.767.378
2	B9402SFV	3518,4	87,96	7.255.137	3.988.511	11.243.648
3	B9840SEI	3325,4	83,135	7.255.137	3.769.724	11.024.860
4	B9841SEI	3753,6	93,84	7.255.137	4.255.138	11.510.274
5	B9842SEI	3508,4	87,71	7.255.137	3.977.175	11.232.312
6	B9843SEI	2816,6	70,415	7.255.137	3.192.940	10.448.077
7	B9845SEI	2847,8	71,195	7.255.137	3.228.309	10.483.446
8	B9847SEI	3419,2	85,48	7.255.137	3.876.057	11.131.193
9	B9848SEI	2983,8	74,595	7.255.137	3.382.481	10.637.617
10	B9849SEI	3111,8	77,795	7.255.137	3.527.583	10.782.720
11	D9519AG	3201,8	80,045	7.255.137	3.629.609	10.884.746
12	D9520AG	3600,6	90,015	7.255.137	4.081.695	11.336.831
13	D9526AG	4151	103,775	7.255.137	4.705.636	11.960.773
TOTAL						144.443.877

b. *BBM Own Use Skid Tank Pola Sewa*

Analisa biaya BBM own use skid tank pola sewa dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.30 berikut ini :

Tabel 4.30 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Kebutuhan BBM (liter)	Biaya BBM bulan Mei (Rp)
		a	b=a*rasio	c=b*13.350
1	B9360SFV	2466	808,52	10.793.803
2	B9402SFV	2524,8	827,80	11.051.174
3	B9840SEI	123,4	43,30	578.032
4	B9841SEI	4403	1544,91	20.624.579
5	B9842SEI	144,6	50,74	677.337
6	B9843SEI	144,6	50,74	677.337
7	B9845SEI	3880	1361,40	18.174.737
8	B9847SEI	4161,8	1460,28	19.494.747
9	B9848SEI	144,6	50,74	677.337
10	B9849SEI	4220,2	1480,77	19.768.305
11	D9519AG	1827,4	641,19	8.559.926
12	D9520AG	3284,4	1152,42	15.384.821
13	D9526AG	144,6	50,74	677.337
		TOTAL		127.139.472

Analisa biaya BBM own use skid tank pola sewa dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.31 berikut ini :

Tabel 4.31 Analisa Biaya BBM Own Use Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Kebutuhan BBM (liter)	Biaya BBM bulan Mei (Rp)
		a	b=a*rasio	c=b*13.350
1	B9360SFV	3980,4	1305,0	17.422.407
2	B9402SFV	3518,4	1153,6	15.400.210
3	B9840SEI	3325,4	1166,8	15.576.874
4	B9841SEI	3753,6	1317,1	17.582.653
5	B9842SEI	3508,4	1231,0	16.434.084
6	B9843SEI	2816,6	988,3	13.193.547
7	B9845SEI	2847,8	999,2	13.339.695
8	B9847SEI	3419,2	1199,7	16.016.253
9	B9848SEI	2983,8	1046,9	13.976.747
10	B9849SEI	3111,8	1091,9	14.576.326
11	D9519AG	3201,8	1123,4	14.997.905
12	D9520AG	3600,6	1263,4	16.865.968

13	D9526AG	4151	1456,5	19.444.158
TOTAL				204.826.827

c. Biaya *Maintenance* Kendaraan Skid Tank Pola Sewa

Analisa biaya maintenance skid tank pola sewa dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.32 berikut ini :

Tabel 4.32 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Biaya Maintenance (Rp/Km)	Biaya Maintenance (Rp)
		a	b	c=a*b
1	B9360SFV	2466	534	1.316.045
2	B9402SFV	2524,8	534	1.347.425
3	B9840SEI	123,4	534	65.856
4	B9841SEI	4403	534	2.349.775
5	B9842SEI	144,6	534	77.170
6	B9843SEI	144,6	534	77.170
7	B9845SEI	3880	534	2.070.662
8	B9847SEI	4161,8	534	2.221.052
9	B9848SEI	144,6	534	77.170
10	B9849SEI	4220,2	534	2.252.219
11	D9519AG	1827,4	534	975.239
12	D9520AG	3284,4	534	1.752.805
13	D9526AG	144,6	534	77.170
TOTAL				14.659.754

Analisa biaya maintenance skid tank pola sewa dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.33 berikut ini :

Tabel 4.33 Analisa Biaya Maintenance Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Total Jarak (Km)	Biaya Maintenance (Rp/Km)	Biaya Maintenance (Rp)
		a	b	c=a*b
1	B9360SFV	3980,4	534	2.124.243
2	B9402SFV	3518,4	534	1.877.685
3	B9840SEI	3325,4	534	1.774.686
4	B9841SEI	3753,6	534	2.003.205
5	B9842SEI	3508,4	534	1.872.348
6	B9843SEI	2816,6	534	1.503.151
7	B9845SEI	2847,8	534	1.519.802
8	B9847SEI	3419,2	534	1.824.744
9	B9848SEI	2983,8	534	1.592.382
10	B9849SEI	3111,8	534	1.660.692

11	D9519AG	3201,8	534	1.708.723
12	D9520AG	3600,6	534	1.921.553
13	D9526AG	4151	534	2.215.288
TOTAL				23.598.503

d. Biaya Sewa *Skid Tank* Pola Sewa

Analisa biaya sewa *skid tank* pola sewa dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.33 berikut ini :

Tabel 4.34 Analisa Biaya Sewa Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Terdahulu

No	Skid Tank	Operasional (Hari)	Prosentase Operasi (%)	Biaya Sewa (Rp)
		a	$b=a/29$	$c=b*\text{sewa}$
1	B9360SFV	26	0,897	31.855.379,310
2	B9402SFV	26	0,897	31.855.379,310
3	B9840SEI	1	0,034	1.385.965,517
4	B9841SEI	24	0,828	33.263.172,414
5	B9842SEI	1	0,034	1.385.965,517
6	B9843SEI	1	0,034	1.385.965,517
7	B9845SEI	26	0,897	36.035.103,448
8	B9847SEI	25	0,862	34.649.137,931
9	B9848SEI	1	0,034	1.385.965,517
10	B9849SEI	27	0,931	37.421.068,966
11	D9519AG	27	0,931	19.099.241,379
12	D9520AG	25	0,862	17.684.482,759
13	D9526AG	1	0,034	707.379,310
TOTAL				248.114.207

Analisa biaya sewa *skid tank* pola sewa dengan menggunakan optimasi penjadwalan baru akan ditampilkan pada Tabel 4.34 berikut ini :

Tabel 4.35 Analisa Biaya Sewa Skid Tank Pola Sewa Penjadwalan Baru

No	Skid Tank	Operasional (Hari)	Prosentase Operasi (%)	Biaya Sewa (Rp)
		a	$b=a/29$	$c=b*\text{sewa}$
1	B9360SFV	19	0,655	23.278.931,034
2	B9402SFV	19	0,655	23.278.931,034
3	B9840SEI	19	0,655	26.333.344,828
4	B9841SEI	18	0,621	24.947.379,310
5	B9842SEI	20	0,690	27.719.310,345
6	B9843SEI	20	0,690	27.719.310,345
7	B9845SEI	19	0,655	26.333.344,828
8	B9847SEI	20	0,690	27.719.310,345
9	B9848SEI	19	0,655	26.333.344,828

10	B9849SEI	19	0,655	26.333.344,828
11	D9519AG	18	0,621	12.732.827,586
12	D9520AG	19	0,655	13.440.206,897
13	D9526AG	20	0,690	14.147.586,207
TOTAL				300.317.172

4.3.2.3 Analisis Biaya Distribusi Skid Tank Pola Tarif

Semua komponen biaya dalam pola tarif dibayarkan menjadi satu (*all in*) dengan biaya sebesar Rp.1.451,00 /MT/Km yang meliputi komponen biaya AMT, BBM own use dan biaya maintenance *skid tank*.

a. Analisa Biaya Pola Tarif *Skid Tank* Penjadwalan Terdahulu

Analisa biaya *skid tank* pola tarif dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.35 berikut ini :

Tabel 4.36 Analisa Biaya Pola Tarif *Skid Tank* Penjadwalan Terdahulu

No	SPBE	Demand (MT)	Jarak PP (Km)	Total Terkirim (MT)	Biaya Tarif per Kg/Km (Rp)	Total Tarif (Rp)
		a	b	c	d= (1451/1000)*1*a	e=d*(c*1000)
1	Sendang Mulyo	754,18	326	863,4	473	408.410.648
2	Ananda Rasya Putra	829,6	104,6	813,86	152	123.523.276
3	Capital Realm Indonesia	600,3	124,6	601,3	181	108.711.793
4	Kendal Bangun Cipta Sarana	522,2	50,4	30,58	73	2.236.328
5	Laris Berkah Ananda	710,7	123,4	713,06	179	127.675.817
6	Palarasan Legen Estu	603,1	272	241,06	395	95.139.632
7	Panelia Ekysatya	906,4	31,4	90,64	46	4.129.685
8	Post Energy Indonesia	1029,9	4	14,98	6	Rp86.944

9	Bintang Abadi	1087,8	144,6	400,26	210	83.980.392
10	Satya Mitra Gas	824,7	46	58,32	67	3.892.627
11	Sultan Alfatih Yudistira	545,6	129,6	60,14	188	11.309.303
12	Sumber Rejeki Adi Mulya	827,2	55,8	105,32	81	8.527.318
13	Optima Daya Kapital	715,2	43,2	0	63	0
14	Yoso Artopotro	683,3	106	441,88	154	67.963.795
15	Abdi Manunggal Tegal	654,3	298	363,92	432	157.358.280
16	Manunggal Makmur Jaya Gas	457,5	304	423,56	441	186.834.010
17	Adiputra Sri Rejeki	475	150	103,76	218	22.583.364
18	Boyolali Gas Mandiri	250,8	290	85,72	421	36.070.119
TOTAL						1.448.433.332

b. Analisa Biaya Pola Tarif *Skid Tank* Penjadwalan Baru

Analisa biaya *skid tank* pola tarif dengan menggunakan penjadwalan terdahulu akan ditampilkan pada Tabel 4.36 berikut ini :

Tabel 4.37 Analisa Biaya Pola Tarif Skid Tank Penjadwalan Baru

No	SPBE	Demand (MT)	Jarak PP (Km)	Total Terkirim (MT)	Biaya Tarif per Kg/Km (Rp)	Total Tarif (Rp)
		a	b	c	$d=(1451/1000)*1*a$	$e=d*(c*1000)$
1	Sendang Mulyo	754,18	326	383	473	181.168.958
2	Ananda Rasya Putra	829,6	104,6	423	152	64.200.656

3	Capital Realm Indonesia	600,3	124,6	227	181	41.040.374
4	Kendal Bangun Cipta Sarana	522,2	50,4	312	73	22.816.685
5	Laris Berkah Ananda	710,7	123,4	374	179	66.965.972
6	Palarasan Legen Estu	603,1	272	272	395	107.350.784
7	Panelia Ekysatya	906,4	31,4	371	46	16.903.279
8	Post Energy Indonesia	1029,9	4	487	6	2.826.548
9	Bintang Abadi	1087,8	144,6	520	210	109.103.592
10	Satya Mitra Gas	824,7	46	414	67	27.632.844
11	Sultan Alfatih Yudistira	545,6	129,6	250	188	47.012.400
12	Sumber Rejeki Adi Mulya	827,2	55,8	399	81	32.305.354
13	Optima Daya Kapital	715,2	43,2	334	63	20.936.189
14	Yoso Artopotro	683,3	106	259	154	39.835.754
15	Abdi Manunggal Tegal	654,3	298	263	432	113.720.674
16	Manunggal Makmur Jaya Gas	457,5	304	164	441	72.341.056
17	Adiputra Sri Rejeki	475	150	268	218	58.330.200
18	Boyolali Gas Mandiri	250,8	290	160	421	67.326.400
TOTAL						1.091.817.719

4.4 Pembuktian Hipotesa

Dalam subbab ini akan dibandingkan efisiensi antara penjadwalan distribusi LPG yang terdahulu dengan penjadwalan distribusi LPG baru, yang menggunakan bantuan dari Google *Collaboratory*. Akan ditampilkan pembuktian hipotesa menggunakan dua aspek yaitu pemenuhan demand SPBE dan efisiensi biaya pengiriman.

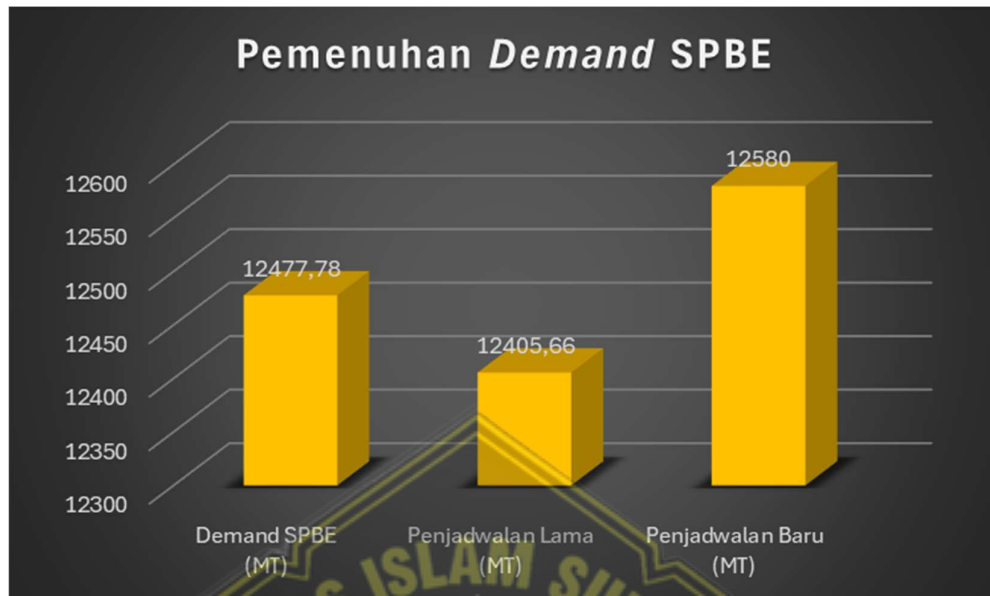
4.4.1 Pembuktian Hipotesa Pemenuhan Demand SPBE

Pada subbab ini akan memperlihatkan perbandingan prosentase tingkat pemenuhan *demand* bulanan SPBE antara penjadwalan distribusi terdahulu dengan penjadwalan distribusi baru menggunakan bantuan Google *Collaboratory*, yang akan ditampilkan pada Tabel 4.37.

Tabel 4.38 Perbandingan Tingkat Pemenuhan Demand SPBE Penjadwalan Terdahulu dengan Penjadwalan Baru

No	Nama SPBE	Demand (MT)	Jadwal Lama			Jadwal Baru		
			Total Terkirim (MT)	Selisih (MT)	Tingkat Pemenuhan (%)	Total Terkirim (MT)	Selisih (MT)	Tingkat Pemenuhan (%)
		(a)	(b)	(b)-(a)	(b/a)*100	(d)	(d)-(a)	(d/a)*100
1	SPBE Sendang Mulyo	754,18	863,4	109,22	114,48	765	10,82	101,43
2	SPBE Ananda Rasya Putra	829,6	813,86	-15,74	98,10	831	1,4	100,17
3	SPBE Capital Realm Indonesia	600,3	601,3	1,00	100,17	605	4,7	100,78
4	SPBE Kendal Bangun Cipta Sarana	522,2	510,62	-11,58	97,78	529	6,8	101,30
5	SPBE Laris Berkah Ananda	710,7	937,54	226,84	131,92	711	0,3	100,04
6	SPBE Palarasan Legen Estu	603,1	585,8	-17,30	97,13	608	4,9	100,81
7	SPBE Panelia Ekysatya	906,4	886,84	-19,56	97,84	910	3,6	100,40
8	SPBE Post Energy Indonesia	1029,9	645,08	-384,82	62,64	1041	11,1	101,08
9	SPBE Bintang Abadi	1087,8	1044,8	-43,00	96,05	1100	12,2	101,12
10	SPBE Satya Mitra Gas	824,7	867,12	42,42	105,14	834	9,3	101,13
11	SPBE Sultan Alfatih Yudistira	545,6	539,94	-5,66	98,96	553	7,4	101,36
12	SPBE Sumber Rejeki Adi Mulya	827,2	797,02	-30,18	96,35	829	1,8	100,22
13	SPBE Optima Daya Kapital	715,2	702,54	-12,66	98,23	720	4,8	100,67
14	SPBE Yoso Artopotro	683,3	674,6	-8,70	98,73	686	2,7	100,40
15	SPBE Abdi Manunggal Tegal	654,3	647,48	-6,82	98,96	660	5,7	100,87
16	SPBE Manunggal Makmur Jaya Gas	457,5	423,56	-33,94	92,58	463	5,5	101,20
17	SPBE Adiputra Sri Rejeki	475	554,5	79,50	116,74	478	3	100,63
18	SPBE Boyolali Gas Mandiri	250,8	309,66	58,86	123,47	257	6,2	102,47
TOTAL		12477,78	12405,66			12580		

Terlihat dari tabel tersebut bahwa dengan menggunakan penjadwalan baru seluruh SPBE telah disuplai memenuhi *demand* bulanan (100% terpenuhi). Jika dibandingkan pada awal menggunakan penjadwalan konvensional terdapat 12 SPBE belum disuplai memenuhi demand bulanan (33,3% terpenuhi). Perbandingan pemenuhan demand antara penjadwalan terdahulu dengan penjadwalan baru dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Perbandingan Pemenuhan *Demand* SPBE

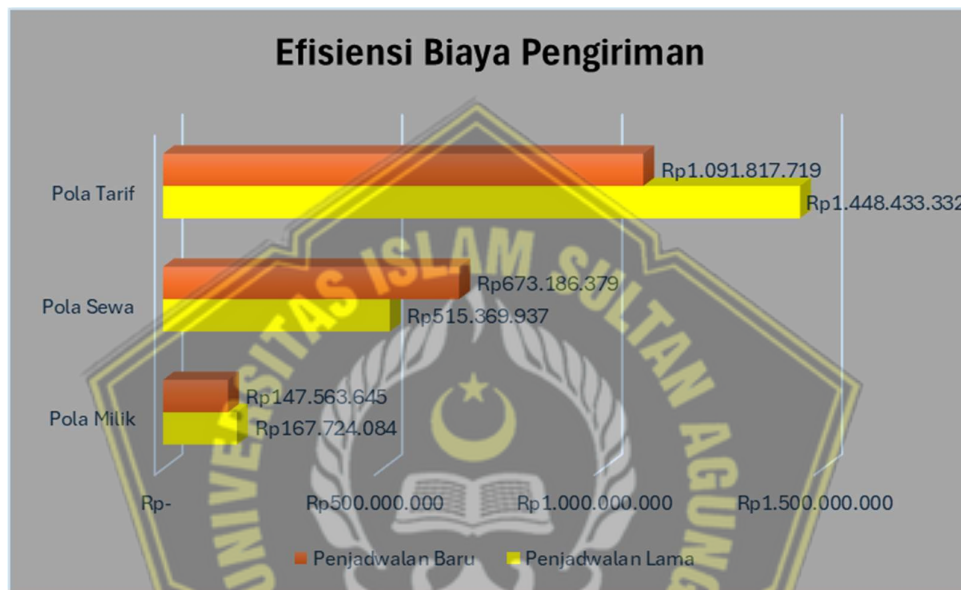
4.4.2 Pembuktian Hipotesa Efisiensi Biaya Pengiriman

Pada subbab ini akan memperlihatkan perbandingan efisiensi biaya antara penjadwalan distribusi terdahulu dengan penjadwalan distribusi baru menggunakan bantuan Google *Collaboratory*, yang akan ditampilkan pada Tabel 4.38.

Tabel 4.39 Perbandingan Efisiensi Biaya Pengiriman Penjadwalan Terdahulu dengan Penjadwalan Baru Periode Mei 2025

No	Jenis Pola Pengiriman	Biaya Pengiriman (Rp)	
		Penjadwalan Lama	Penjadwalan Baru
1	Pola Milik		
	a. AMT	57.815.731	54.511.470
	b. BBM	89.005.621	75.352.084
	c. Biaya Investasi	10.762.251	9.115.169
	d. <i>Maintenance</i>	10.140.481	8.584.922
	TOTAL	167.724.084	147.563.645
2	Pola Sewa		
	a. AMT	125.456.504	144.443.877
	b. BBM	127.139.472	204.826.827
	c. <i>Maintenance</i>	14.659.754	23.598.503
	d. Biaya Sewa	248.114.207	300.317.172
	TOTAL	515.369.937	673.186.380
3	Pola Tarif		
	All In (Total)	1.448.433.332	1.091.817.719
	TOTAL 1+2+3	2.131.527.353	1.912.567.743

Terlihat dari tabel tersebut bahwa total biaya yang dikeluarkan jika menggunakan penjadwalan pengiriman baru menggunakan bantuan Google *Collaboratory* lebih sedikit (murah) jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan jika menggunakan penjadwalan pengiriman terdahulu. Hal ini dikarenakan pada penjadwalan baru untuk pengiriman jarak jauh diprioritaskan menggunakan *skid tank* pola milik dan sewa dibandingkan dengan *skid tank* pola tarif. Yang secara jarak akan lebih murah jika dibandingkan melakukan pengiriman dengan menggunakan *skid tank* pola tarif.



Gambar 4.7 Perbandingan Efisiensi Biaya Pengiriman

4.4.3 Analisis Penjadwalan Bulan Berikutnya

Dengan menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming* menggunakan Google *Collaboratory* dapat menghasilkan penjadwalan yang optimal, sehingga kedepannya bisa dilakukan dengan cara yang sama dan dapat digunakan untuk penjadwalan pada periode waktu berikutnya dengan cara sebagai berikut :

- Input prompt untuk Import data baru terkait data SPBE (nama, demand, waktu tempuh pengiriman, kapasitas tangki timbun) dan data skid tank (nopol, kapasitas skid tank, jenis pola angkut)
- Input prompt untuk menambahkan fungsi batasan (constraint) yang meliputi, demand setiap SPBE harus selalu terpenuhi, setiap SPBE disuplai maksimal 50 MT per hari, dan batasan kapasitas penyaluran di Terminal LPG ke skid tank dalam sehari
- Input *prompt* untuk menambahkan fungsi tujuan yaitu meminimasi biaya distribusi LPG menggunakan skid tank.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Demand bulanan semua SPBE dapat terpenuhi dengan menggunakan penjadwalan pengiriman baru yang diperoleh dari output Google *Collaboratory*.
2. Seluruh SPBE sejumlah 18 SPBE dapat terpenuhi *demand* bulannya dengan menggunakan penjadwalan pengiriman baru (100%) jika dibandingkan dengan penjadwalan pengiriman lama, *demand* SPBE yang terpenuhi hanya sejumlah 6 SPBE (33,3%).
3. Prosentase realisasi tingkat pemenuhan demand bulanan SPBE adalah sebesar 100,81%.
4. Dengan menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming* menggunakan Google *Collaboratory* dapat menghasilkan penjadwalan yang optimal, sehingga bisa digunakan untuk penjadwlaan pada periode waktu berikutnya.
5. Dengan diterapkannya sistem penjadwalan baru, efisiensi biaya pengiriman dapat tercapai secara signifikan, mendukung operasional yang lebih optimal dan efektif.
6. Berdasarkan hasil analisis, penjadwalan baru yang meliputi pengiriman pola milik, pola sewa dan pola tarif memberikan efisiensi biaya yang nyata, dengan penghematan sebesar Rp. 218.959.610,00 dibandingkan metode penjadwalan terdahulu.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka pada subbab ini disampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat dilakukan di masa mendatang yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mempertahankan dan meningkatkan efisiensi biaya pengiriman, disarankan agar sistem penjadwalan baru terus dievaluasi secara berkala dan disesuaikan dengan dinamika operasional di lapangan.
2. Perusahaan sebaiknya mengintegrasikan penjadwalan baru ke dalam sistem logistik secara menyeluruh, serta memberikan pelatihan kepada tim terkait agar implementasi berjalan dengan optimal dan konsisten.
3. Dengan menggunakan penjadwalan yang baru akan tercapai efisiensi biaya pengiriman, disarankan agar pendekatan ini dijadikan standar operasional dan dikembangkan lebih lanjut melalui analisis data pengiriman secara menyeluruh.
4. Diperlukan pengembangan sistem monitoring dan feedback agar penjadwalan baru dapat terus disempurnakan, sehingga efisiensi biaya dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahya Purnomo, Vivid Dekanawati, Ningrum Astriawati, Sumardi, & Ganda Syahputra. (2022). Analisis Simulasi Distribusi Logistik Menggunakan Metode Transportasi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim : Saintara*, 6(2), 84–90.
- Fiet Diana Handayani, Muhammad Nashir Ardiansyah, & Prafajar Sukksesanno Mutaqqin. (2023). Penjadwalan Kunjungan Salesman Divisi Kao Indonesia Pada Pt Kunci Sukses Abadi Menggunakan Integer Linear Programming Untuk Meningkatkan Pencapaian Distribusi Produk. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri Universitas Telkom*, 10(2), 934–941.
- Fikri Husin Batubara, & Rina Widyasari. (2023). Penerapan Metode Transportasi dan Transshipment Menggunakan Linear Programming dalam Efisiensi Biaya Distribusi Barang. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(1), 128–137.
- Gratia Melina Sari, Rainisa Maini Heryanto, & Santoso. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Model Integer Linear Programming dengan Metode Branch and Bound. *Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 1(1), 69–79.
- H. Mayyani, Syahrul, P. T. Supriyo, A. Aman, Siswandi, F. Septianto, & M. T. Julianto. (2025). OPTIMASI PENJADWALAN BISKITA TRANS PAKUAN BOGOR DI KORIDOR-2 DENGAN INTEGER LINEAR PROGRAMMING. *MILANG Journal of Mathematics and Its Applications*, 21(1), 35–43.
- Mochamad Dedy Akbar, Arif Rahman, & Ceria Farel Mada Tantrika. (2013). OPTIMALISASI ALIRAN DISTRIBUSI DAN ALOKASI MATERIAL DENGAN METODE LINEAR PROGRAMMING (Studi Kasus : PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri Universitas Brawijaya*, 1(2), 404–414.
- Muhammad Yasir. (2023). Visualisasi Data Destinasi Wisata di DKI Jakarta Menggunakan Python Google Collab. *INNOVATIVE : Journal Of Social Science Research*, 3(5), 9006–9014.
- Ni Ketut Kertiasih. (2009). PENGGUNAAN METODE TRANSPORTASI DALAM PROGRAM LINIER UNTUK PENDISTRIBUSIAN BARANG. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Ganesha*, 6(2), 27–35.
- Nurwidiana Nurwidiana, Bertha Maya Sopha, & Adhika Widyaparaga. (2022). Simulating Socio-Technical Transitions of Photovoltaics Using Empirically Based Hybrid Simulation-Optimization Approach. *Jurnal Sustainability*, 14(5411), 1–25.
- Yohana Lorinez S, & Ichwanul Muslim Karo karo. (2025). IMPLEMENTASI ALGORITMA VEKTOR EIGEN DALAM SISTEM PENJADWALAN DINAS PERAWAT MENGGUNAKAN PYTHON. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(4), 6454–6459.