



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS FASILITAS PELAYANAN PADA PENGISIAN LPG DI
DEPOT TANJUNG PRIOK BERDASARKAN TEORI ANTRIAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**YOSEP SULINDRA
0606076886**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

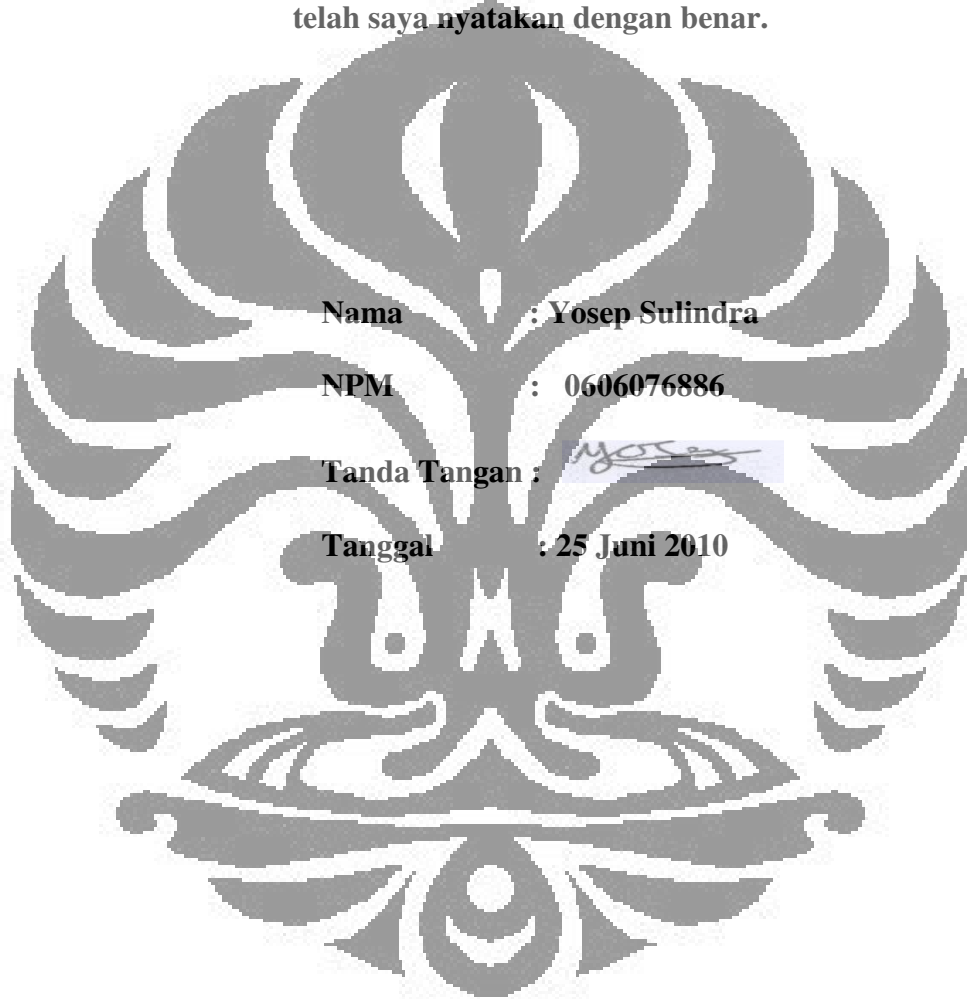
Nama : Yosep Sulindra

NPM : 0606076886

Tanda Tangan :



Tanggal : 25 Juni 2010



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh : Yosep Sulindra
Nama : Yosep Sulindra
NPM : 0606076886
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Analisis Fasilitas Pelayanan Pada Pengisian LPG
Di Depot Tanjung Priok Berdasarkan Teori Antrian

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng ()

Penguji : Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA ()

Penguji : Ir. Praswasti PDK Wulan, MT ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 2 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Fasilitas Pelayanan Pada Pengisian LPG Di Depot Tanjung Priok Berdasarkan Teori Antrian” dengan baik. Selama penulisan skripsi ini, penulis telah memperoleh berbagai bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Widodo W Purwanto, DEA, Ketua Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
2. Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng, Dosen pembimbing yang telah membimbing dan selalu memberi dorongan semangat agar penulis maju terus dengan upaya yang optimal. Di sela-sela kesibukan beliau selalu menyempatkan diri untuk mengoreksi serta mengarahkan penulisan skripsi ini.
3. Ir. Amar Rachman, MEIM, Dosen Teknik Industri yang telah membantu saya memahami dan menyelesaikan permasalahan yang termasuk dalam kajian penelitian operasional meliputi program linear dan teori antrian.
4. Para pejabat Pertamina terutama Unit Gas Domestik (Gasdom) Region II Tanjung Priok, yang telah memberikan banyak waktu dan berulang kali kepada penulis untuk wawancara dan menjawab pertanyaan tertulis yang penulis sampaikan.
5. Papa, Mama dan Kakak atas dukungan, doa, dan dorongan morilnya.
6. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan '06 untuk semangatnya.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Jakarta, Juni 2010

Yosep Sulindra

Universitas Indonesia

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yosep Sulindra

NPM : 0606076886

Program Studi : Teknik Kimia

Departemen : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS FASILITAS PELAYANAN PADA PENGISIAN LPG DI DEPOT
TANJUNG PRIOK BERDASARKAN TEORI ANTRIAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 25 Juni 2010

yang menyatakan,



(Yosep Sulindra)

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Yosep Sulindra
 Program Studi : Teknik Kimia
 Judul : Analisis Fasilitas Pelayanan Pada Pengisian LPG Di Depot Tanjung Priok Berdasarkan Teori Antrian

Antrian adalah fenomena sehari-hari yang sering dihindarkan orang (pelanggan). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinerja sistem antrian pada Depot LPG Tanjung Priok dengan membuat sebuah model simulasi antrian menggunakan perangkat lunak. Parameter sistem yang diukur adalah waktu mengantri mobil tangki, utilisasi *filling point*, panjang antrian, jumlah rata-rata mobil tangki dalam sistem, dan waktu rata-rata mobil tangki dalam sistem. Hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan ketiga skenario, kondisi kritis dicapai pada tahun 2011 dengan waktu operasi 16 jam dan pada tahun 2019 (skenario I), 2015 (skenario II), serta 2013 (skenario III) dengan waktu operasi 24 jam. Penambahan infrastruktur LPG yang diperlukan sampai dengan tahun 2025 untuk skenario I, II dan III masing-masing adalah 2, 10 dan 41 unit *filling point*.

Kata kunci:

LPG, model antrian, fasilitas pelayanan, mobil tangki

ABSTRACT

Name : Yosep Sulindra
 Study Program : Undergraduate (S1) of Chemical Engineering
 Title : The Service Facility Analysis of LPG Filling In The Tanjung Priok LPG Depot Using Queuing Theory

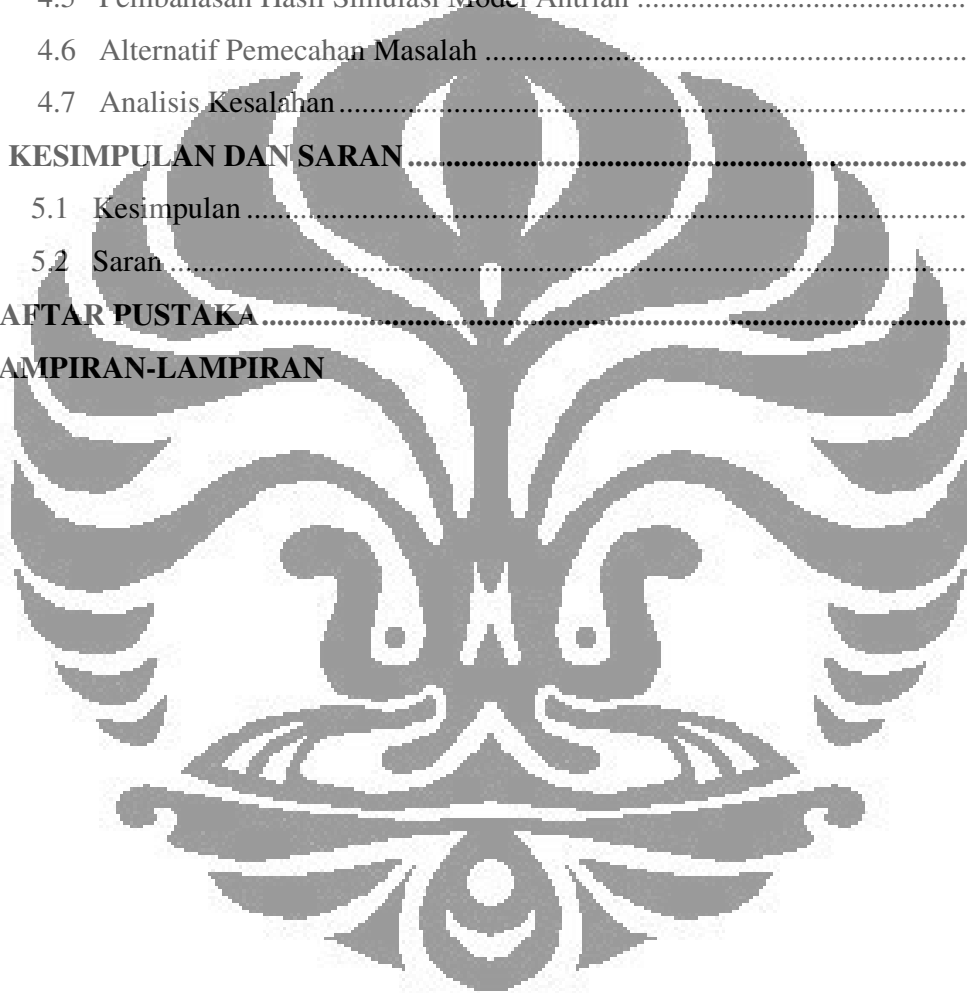
Waiting for service is part of our daily life and the waiting phenomenon is always avoidable. This study of queues is aimed to determine the measures of performance of the Tanjung Priok depot by making queuing model and using software. The steady state measures of performance in a queuing situation are waiting time in queue, utilization of the filling point, the average number of tank trucks waiting in the queue, the average number of tank trucks in system and the expected total time in the system. The output of the model based on the scenario simulation, critical condition is achieved in 2011 with operating for 16 hours and in 2019 (scenario I), 2015 (scenario II) as well as 2013 (scenario III) with operating for 24 hours. The increase in level of filling point, which required until 2025 for scenario I, II, and III are 2, 10, and 41 filling point, respectively.

Keywords: LPG; queuing model; service facility; tank trucks

DAFTAR ISI

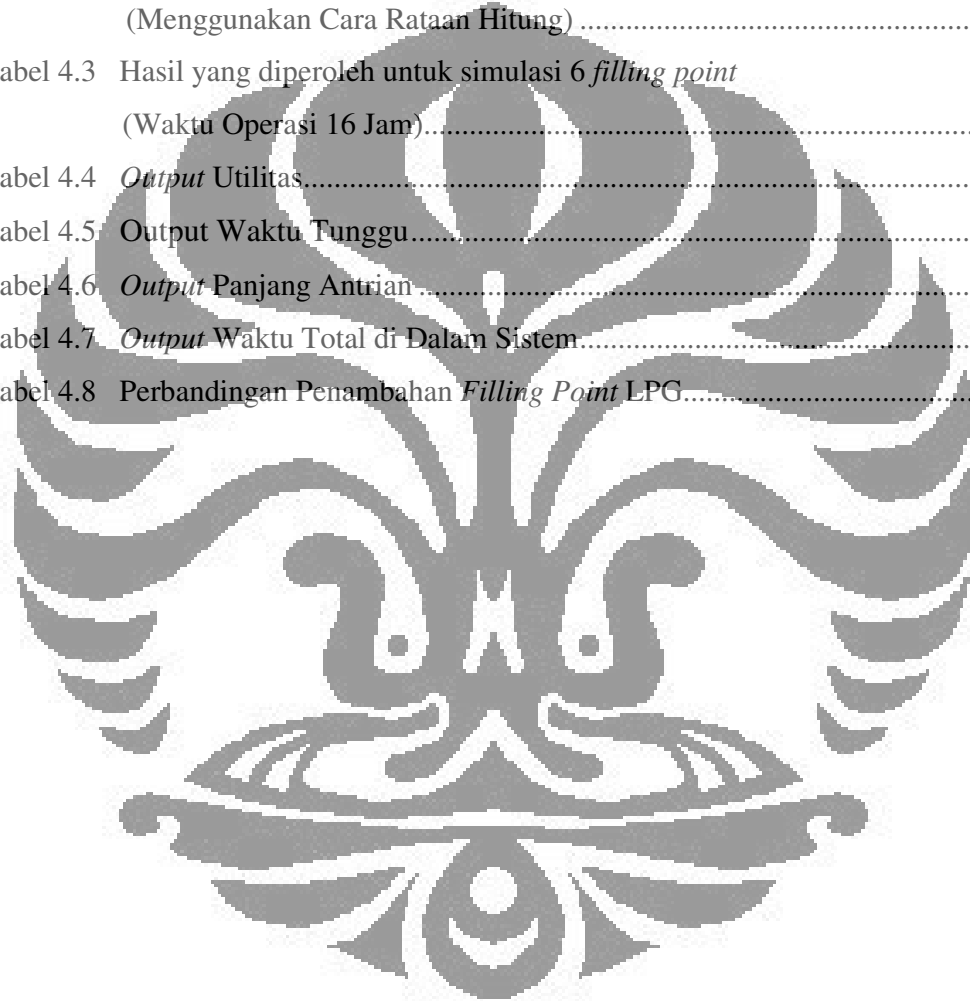
| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | iv |
| ABSTRAK..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR NOTASI..... | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | x |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 4 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Pengertian Elpiji..... | 5 |
| 2.2 Pengelolaan Elpiji dan Produk Gas..... | 10 |
| 2.3 Deskripsi Keadaan Depot FP LPG Tanjung Priok..... | 11 |
| 2.4 Fasilitas Pengisian Oleh Pihak Ketiga..... | 20 |
| 2.5 Distribusi Probabilitas..... | 23 |
| 2.6 Proyeksi Kebutuhan Energi..... | 25 |
| 2.7 Teori Antrian..... | 25 |
| 2.8 Model-model Simulasi..... | 37 |
| 2.9 Teknik-teknik Performansi..... | 39 |
| 3. METODE PENELITIAN | 41 |
| 3.1 Prosedur dan Teknik Penelitian..... | 41 |
| 3.2 Diagram Alir Model Simulasi..... | 45 |

| | |
|--|-----------|
| 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 47 |
| 4.1 Sistem Antrian Pelanggan di Depot LPG Tanjung Priok | 47 |
| 4.2 Deskripsi Data | 49 |
| 4.3 Proyeksi Permintaan LPG DKI Jakarta (Menggunakan Mean)..... | 50 |
| 4.4 Analisis Data..... | 53 |
| 4.5 Pembahasan Hasil Simulasi Model Antrian | 57 |
| 4.6 Alternatif Pemecahan Masalah | 57 |
| 4.7 Analisis Kesalahan..... | 65 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 67 |
| 5.1 Kesimpulan | 67 |
| 5.2 Saran | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 69 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | |



DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Ciri Sistem Antrian..... | 35 |
| Tabel 2.2 | Rangkuman Jenis-Jenis Teknik Performansi..... | 40 |
| Tabel 4.1 | Perhitungan Pertumbuhan Kebutuhan LPG Dengan Data Historis..... | 51 |
| Tabel 4.2 | Perhitungan Nilai Kedatangan Truk Pada Tahun 2010 (Menggunakan Cara Rataan Hitung) | 54 |
| Tabel 4.3 | Hasil yang diperoleh untuk simulasi 6 <i>filling point</i> (Waktu Operasi 16 Jam)..... | 56 |
| Tabel 4.4 | <i>Output</i> Utilitas..... | 58 |
| Tabel 4.5 | Output Waktu Tunggu..... | 60 |
| Tabel 4.6 | <i>Output</i> Panjang Antrian..... | 61 |
| Tabel 4.7 | <i>Output</i> Waktu Total di Dalam Sistem..... | 62 |
| Tabel 4.8 | Perbandingan Penambahan <i>Filling Point</i> LPG..... | 64 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Diagram Alir Pola Suplai dan Distribusi LPG | 11 |
| Gambar 2.2 | <i>Layout</i> Instalasi Tanjung Priok (Area 1)..... | 13 |
| Gambar 2.3 | Simbol Produk Pertamina..... | 14 |
| Gambar 2.4 | Diagram Alir Operasi Penerimaan, Penimbunan dan Penyaluran LPG.... | 19 |
| Gambar 2.5 | Proses Pengisian Tabung LPG 3 Kilogram..... | 20 |
| Gambar 2.6 | Tangki Penimbunan Elpiji Bertekanan (<i>Pressurized Storage</i>) | 21 |
| Gambar 2.7 | Truk Tangki Untuk Transportasi LPG | 22 |
| Gambar 2.8 | Komponen Sistem Antrian..... | 27 |
| Gambar 2.9 | Sistem Antrian Banyak Saluran Banyak Tahap | 30 |
| Gambar 2.10 | Sistem Antrian Tunggal Pelayanan Tunggal..... | 30 |
| Gambar 2.11 | Fasilitas Antrian Dengan Pelayanan Jamak | 31 |
| Gambar 2.12 | Distribusi Poisson Untuk $\lambda T = 3$ | 32 |
| Gambar 2.13 | Distribusi Eksponensial..... | 32 |
| Gambar 2.14 | Grafik Level Pelayanan Terhadap Biaya Operasional Fasilitas Layanan | 34 |
| Gambar 2.15 | Layar Utama TORA..... | 38 |
| Gambar 2.16 | Fitur Model Antrian..... | 39 |
| Gambar 2.17 | Data Masukan TORA..... | 39 |
| Gambar 3.1 | Kerangka Pikir Penelitian..... | 43 |
| Gambar 3.2 | Tahap-tahap Pembuatan dan Simulasi Model Antrian (Menggunakan Perangkat Lunak) | 44 |
| Gambar 3.3 | Logika Model Antrian..... | 46 |
| Gambar 4.1 | Perbandingan Proyeksi Permintaan LPG Berdasarkan Skenario..... | 53 |
| Gambar 4.2 | Perbandingan Proyeksi Kedatangan Berdasarkan Skenario..... | 55 |

DAFTAR NOTASI

Terminologi dan notasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

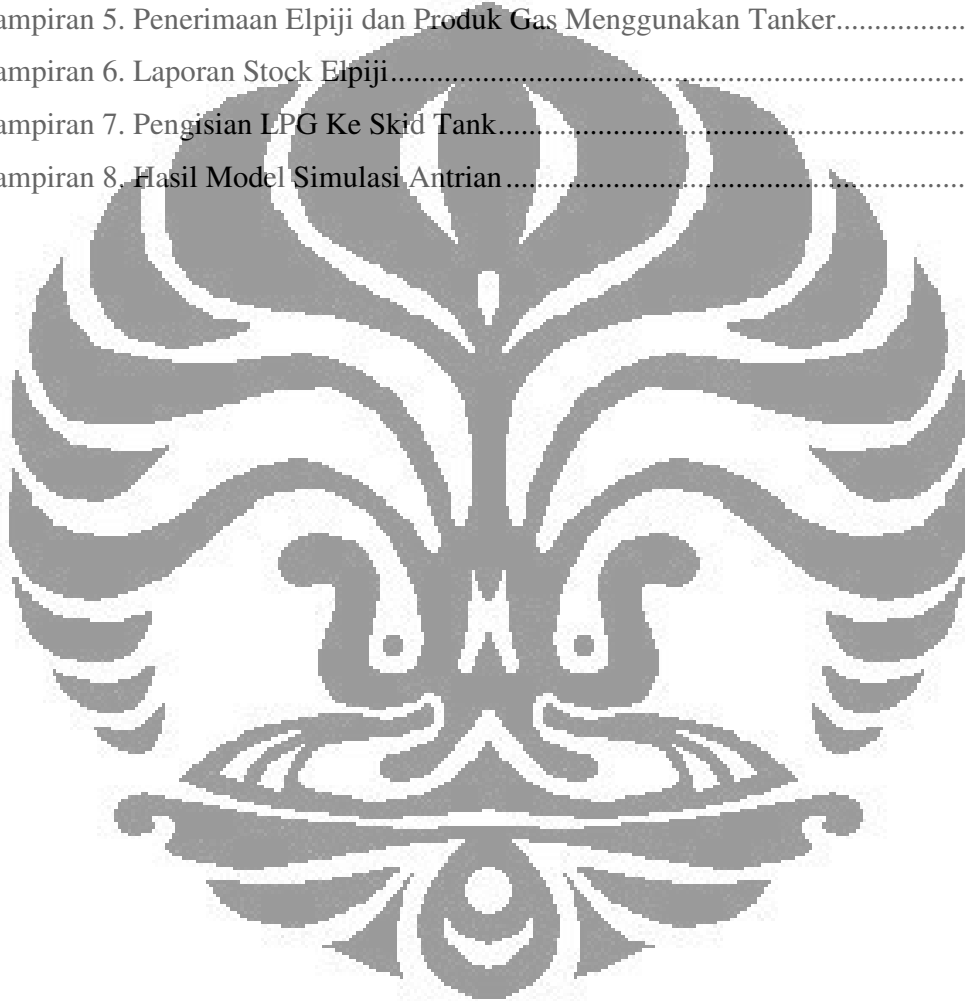
Keadaan sistem : jumlah mobil tangki pada sistem antrian

Panjang antrian : jumlah mobil tangki yang menunggu pelayanan

| | |
|-----------|--|
| c | : jumlah pelayan pada sistem antrian |
| λ | : rata-rata jumlah kedatangan per satuan waktu |
| μ | : tingkat pelayanan rata-rata (ekspektasi jumlah unit yang dapat selesai dilayani per satuan waktu) |
| t | : waktu pelayanan |
| L | : jumlah rata-rata mobil tangki dalam sistem |
| L_q | : panjang rata-rata dari antrian |
| W | : waktu rata-rata yang dihabiskan mobil tangki dalam sistem |
| W_q | : waktu rata-rata yang dihabiskan mobil tangki dalam antrian |
| ρ | : faktor penggunaan (utilisasi) untuk fasilitas pelayanan, yaitu ekspektasi perbandingan dari waktu sibuk para pelayan |
| P_o | : persentase waktu <i>idle</i> |
| P_n | : kemungkinan bahwa tepat ada n pelanggan dalam sistem antrian |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. Pasar LPG (<i>LPG Market</i>) dan Sifat Alami LPG | 72 |
| Lampiran 2. Spesifikasi LPG <i>Filling Machine</i> | 73 |
| Lampiran 3. Rata-rata Jumlah Kedatangan Mobil Tangki | 74 |
| Lampiran 4. Proyeksi Permintaan LPG DKI Jakarta Berdasarkan Skenario..... | 76 |
| Lampiran 5. Penerimaan Elpiji dan Produk Gas Menggunakan Tanker..... | 78 |
| Lampiran 6. Laporan Stock Elpiji..... | 81 |
| Lampiran 7. Pengisian LPG Ke Skid Tank..... | 83 |
| Lampiran 8. Hasil Model Simulasi Antrian..... | 85 |



BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan penelitian “Analisis Fasilitas Pelayanan Pada Pengisian LPG Di Depot Tanjung Priok Berdasarkan Teori Antrian”.

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan ekonomi nasional Indonesia memiliki kecenderungan yang meningkat setiap tahunnya. Peningkatan pertumbuhan ekonomi ini diikuti pula dengan peningkatan kebutuhan masyarakatnya. Dengan kondisi ini, maka dapat dipastikan bahwa kebutuhan energi menjadi hal yang mutlak yang harus dipenuhi. Peningkatan kebutuhan tidak diimbangi dengan persediaan kebutuhan di pasaran sehingga terjadi kelangkaan sumber energi, salah satunya adalah LPG. Kadang masih terdapat gangguan dalam hal distribusi, khususnya untuk LPG sempat terjadi beberapa kali kelangkaan pasokan yang cukup parah seperti yang terjadi pada akhir Desember 2008 dan mengharuskan konsumen harus antri untuk mendapatkannya. Produk LPG menarik dalam kegiatan ekonomi dan rumah tangga menyebabkan ketersediaan dan kelancaran distribusi LPG dalam jumlah cukup sangat penting demi terciptanya kestabilan harga dan stabilitas keamanan dan sosial.

Meningkatnya kompetisi yang mengarah pada pemenuhan tuntutan kebutuhan konsumen baik secara kuantitas maupun kualitas menyebabkan dunia usaha harus terus berjuang meningkatkan pelayanan dan fleksibilitasnya untuk dapat beradaptasi dan berinovasi secara cepat dan tepat. Salah satu hal yang menyolok dalam sebuah instalasi pelayanan langsung ke truk tangki adalah bagian fasilitas pelayanan (*filling point*).

PT Pertamina merupakan Perusahaan Perseroan (Persero) yang bergerak dalam bisnis penyediaan bahan bakar minyak dan gas. Selain menyediakan bahan bakar terdapat juga kegiatan-kegiatan lain yang terkait dengan hal tersebut dalam

bidang jasa pelayanan, misalnya tempat pengaduan pelanggan, tempat pengisian bahan bakar dan lain sebagainya. Dengan meningkatnya kebutuhan LPG, konsekuensi yang akan terjadi di terminal LPG yaitu antrian pengisian truk LPG. Pengisian truk LPG merupakan hal yang penting dalam waktu pelayanan. Oleh karena itu waktu merupakan sumber daya yang sangat berharga, maka efisiensi dalam pelayanan pada waktu-waktu tertentu merupakan topik penting untuk dianalisis.

Untuk menghindari kelangkaan LPG yang disebabkan keterlambatan distribusi LPG dari terminal ke Stasiun Pengisian Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE) maka perlu menentukan jumlah sarana layanan distribusi yang ideal. Yang dimaksud dengan sarana layanan distribusi adalah fasilitas penyaluran/penyerahan LPG menggunakan mobil tangki dari depot ke SPPBE dan ke industri sesuai jenis produk, tujuan dan volume observed atas dasar data hasil timbangan. Pertimbangan penentuan jumlah optimum sarana layanan distribusi LPG antara lain permintaan yang sangat besar baik dari kalangan industri dan rumah tangga, kapasitas sarana layanan distribusi (jumlah titik pengisian terminal LPG dan tempat parkir) yang tersedia sangat terbatas sehingga terhambatnya pendistribusian ke SPPBE dan agen serta program konversi dari minyak tanah ke LPG yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan LPG.

Dewasa ini, simulasi telah menjadi suatu hal yang sangat penting. Berbagai penelitian dan fenomena-fenomena penting menggunakan metode simulasi sebagai salah satu teknik untuk memecahkan masalah. Salah satu masalah yang akan diselesaikan dalam studi ini adalah masalah antrian seperti yang terjadi dalam proses layanan LPG menggunakan simulasi.

Dari uraian di atas, dengan menyadari arti pentingnya pelayanan oleh *filling point* yang lebih baik kepada truk LPG maka perlu adanya perbaikan kinerja dari proses pelayanan. Studi ini akan membahas dan mencari solusi dari masalah yang dihadapi Depot LPG Tanjung Priok dengan membuat simulasi model antrian pada terminal LPG dengan menggunakan *spread sheet* agar pelayanan yang diberikan lebih efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Salah satu masalah yang dihadapi dalam pendistribusian LPG adalah terjadinya antrian truk-truk tangki di depot yang akan mempengaruhi proses distribusi ke SPPBE-SPPBE. Dengan melakukan simulasi antrian truk tangki di depot berdasarkan sistem antrian yang diterapkan di Depot Tanjung Priok dapat dilihat apakah pelayanan yang diberikan oleh Depot Tanjung Priok sudah dapat memenuhi kebutuhan SPPBE di Jakarta dan sekitarnya melalui perhitungan parameter-parameter dari teori antrian.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sistem antrian di Depot LPG Tanjung Priok.
2. Memperoleh parameter yang mengukur kinerja sistem yang sedang dipelajari.
3. Mengevaluasi kondisi fasilitas pelayanan, dalam hal ini *filling point*, yang ada saat ini dalam melayani permintaan LPG di masa mendatang.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data-data yang berkenaan dengan fasilitas layanan Depot Tanjung Priok dan kebutuhan LPG di wilayah DKI Jakarta diambil dari berbagai literatur dan dari observasi langsung di Depot LPG Tanjung Priok.
2. Metode proyeksi yang digunakan adalah metode nilai rata-rata.
3. Rentang tahun proyeksi adalah dari 2010 hingga 2025.
4. Model yang digunakan dalam simulasi menggunakan perangkat lunak adalah model matematika dari teori antrian.
5. Objek penelitian ini adalah di Depot *Filling Plant* LPG Tanjung Priok Jl. Jampea No.1, selama 5 hari yang dipilih secara random pada periode normal.
6. Dalam penulisan laporan ini diperlukan asumsi untuk memperjelas dalam pengolahan data yang akan dilakukan, di antaranya :

- Untuk proyeksi permintaan LPG, tidak adanya substitusi LPG ke gas (gas kota) akan meningkatkan permintaan LPG.
- Depot Tanjung Priok hanya mengirimkan bulk LPG kepada pihak swasta melalui SPPBE.
- Jenis mobil tangki yang masuk ke Depot Tanjung Priok hanya jenis mobil tangki 15 ton.
- Faktor mesin dan peralatan pada setiap stasiun fasilitas pelayanan (*filling point*) dianggap berjalan/bekerja sebagaimana mestinya.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini disajikan:

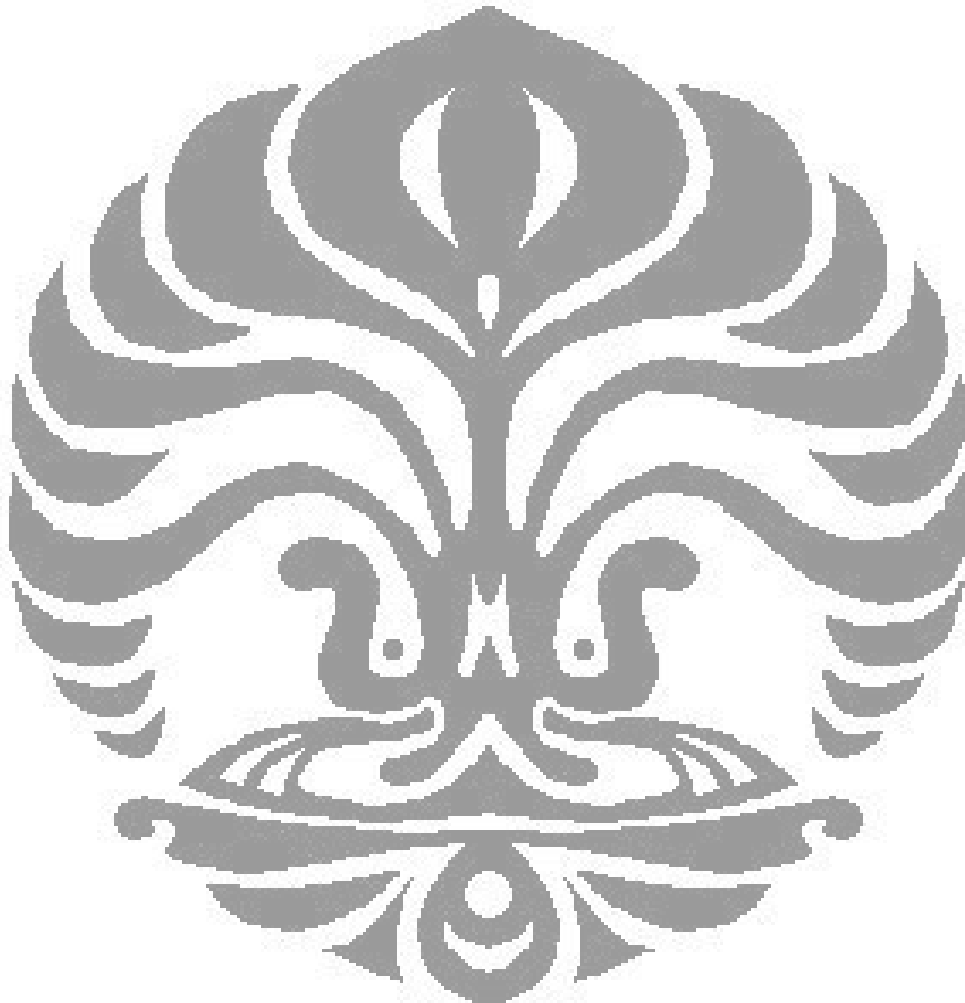
Pendahuluan Terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang diharapkan dapat membantu memahami seluk beluk tentang topik penelitian.

Tinjauan Pustaka Tinjauan pustaka berisi teori-teori dan beberapa konsep yang berkaitan dengan penelitian beserta metode-metode yang sesuai dengan permasalahan yang ada sebagai landasan penulisan, pengolahan data, maupun dalam analisis dan pembahasan. Sebagaimana suatu ciri utama dari skripsi, diberikan gambar yang dipilih sedemikian sehingga membantu Anda memahami bacaan teks. Gambar juga dimaksudkan mengatasi rasa jenuh Anda membaca kata-kata. Dalam skripsi ini disajikan selingan yang memberikan informasi tambahan untuk memperkaya pengetahuan pembaca, seperti sejarah tokoh teori antrian.

Metode Penelitian Metode ini berisi suatu prosedur langkah demi langkah untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu. Metode ini dituliskan untuk mengatasi kesulitan di dalam menyelesaikan masalah tersebut. Kita dapat dengan langsung menggunakan persamaan-persamaan atau rumus-rumus model dengan tujuan menghemat waktu hitung.

Hasil Penelitian dan Pembahasan Dalam bab ini diberikan penyajian dan pengolahan data yang kemudian akan dibahas secara terinci, diselesaikan langkah demi langkah, dan diberi komentar untuk mendapatkan solusi terbaik.

Penutup Penutup berisi suatu kesimpulan dan saran, yang memuat hasil analisis dan pemecahan masalah yang telah dibahas dalam bab hasil penelitian dan pembahasan. Skripsi diakhiri dengan daftar pustaka dan lampiran.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Elpiji (Pertamina, 2009)

Elpiji adalah salah satu produk yang dipasarkan oleh PT Pertamina (Persero), yang merupakan merek dagang dari Liquefied Petroleum Gas (LPG). Komponen utama dari Elpiji adalah propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}), disamping itu Elpiji juga mengandung senyawa hidrokarbon ringan dan berat yang lain dalam jumlah kecil, misalnya metana (CH_4), etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}). Sumber Elpiji dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni : *Natural Gas* (Gas Alam) dan *Refinery Gas* (Gas Hasil Kilang). Gas alam merupakan campuran senyawa-senyawa hidrokarbon ringan dan sebagian kecil hidrokarbon berat, juga senyawa ikutan misalnya karbondioksida, hidrogen sulfida, uap air, merkuri dan lain-lain. Sedangkan gas hasil kilang sebagian besar hidrokarbon berat dan sebagian kecil hidrokarbon ringan, serta tidak mengandung senyawa-senyawa impurities. Dalam kondisi atmosferis Elpiji berupa gas dan dapat dicairkan pada tekanan min 5 kg/cm^2 pada suhu ambient. Volume Elpiji dalam bentuk cair lebih kecil dari pada dalam bentuk gas, untuk berat yang sama, oleh sebab itu Elpiji dipasarkan dalam bentuk cair.

Elpiji saat ini merupakan bahan bakar pengganti dari bahan bakar minyak, dipakai untuk keperluan rumah tangga, industri maupun untuk keperluan khusus lainnya.

2.1.1 Karakteristik Umum Elpiji

Dalam memasarkan Elpiji perlu diketahui sifat-sifat umumnya, sehingga bahaya-bahaya yang mungkin timbul dapat dicegah.

Beberapa sifat-sifat umum Elpiji antara lain :

- a. Pada tekanan atmosfer dan temperatur kamar berbentuk gas, dimana gas tersebut lebih berat dari udara.

Butana dalam bentuk gas mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara, sedang propana mempunyai berat jenis satu setengah kali berat jenis udara. Oleh karena itu diperlukan kewaspadaan dalam kemungkinan terkumpulnya Elpiji yang bocor

- diatas permukaan tanah sehingga dalam penyimpanannya diperlukan ventilasi yang cukup di bagian bawah.
- b. Elpiji menghambur / defuse dalam udara secara perlahan, kecuali ada angin.
 - c. Elpiji dalam udara dapat membentuk campuran yang *flammable* (mudah terbakar). Dalam batas *flammability* Elpiji, sumber api yang terbuka dapat menyambar gas Elpiji yang bersangkutan.
 - d. Tekanan Elpiji cukup besar, sehingga kebocoran Elpiji akan membentuk gas secara cepat dan mengubah volume menjadi lebih besar dan bersifat *flammable*.
 - e. Elpiji tidak korosif terhadap *steel*, *copper* dan aluminium.
 - f. Elpiji tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal, sehingga diperhitungkan betul-betul dalam merencanakan instalasi Elpiji antara lain pompa-pompa dan kompresor.
 - g. Elpiji adalah pelarut yang baik, khususnya terhadap karet. Oleh karena itu diperlukan selang khusus dalam penggunaan Elpiji.
 - h. Dalam bentuk gas maupun cair Elpiji tidak berbau dan tidak berwarna, sehingga perlu diberi zat pembau (odour) untuk mendeteksi bila ada kebocoran dengan menambahkan merkaptan (Ethyl Merchaptan) sebagai odour.

2.1.2 Jenis-Jenis Elpiji

LPG Refrigerated

- Merupakan LPG yang dicairkan dengan cara didinginkan (mencapai -42°C untuk propana dan 0°C untuk butana)
- Mudah dikapalkan dalam skala besar (hingga 45.000 MT), biasanya LPG yang diimpor dalam bentuk refrigerated
- Memerlukan semacam proses 'konversi' untuk mengembalikannya ke dalam bentuk LPG Pressurized
- Penimbunan LPG Refrigerated di Pertamina saat ini hanya terdapat di TT Tanjung Uban dan STS Teluk Semangka (*Floating Storage*)
- Penyimpanan dalam *storage* pada tekanan atmosfer, suhu rendah (-10°C)

LPG Pressurized

- Merupakan LPG yang dicairkan dengan cara ditekan ($4-5 \text{ kg/cm}^2$)
- Diangkut dengan kapal dari kilang / TT Tg. Uban ke depot hingga kapasitas 2500 MT
- Semua tangki timbun di LPG FP Pertamina ataupun di SPPBE digunakan untuk menyimpan LPG Pressurized
- Merupakan jenis LPG yang dipasarkan oleh Pertamina, baik untuk rumah tangga, komersial ataupun industri
- Penyimpanan dalam *storage*/tabung dalam bentuk tekanan tinggi ($\pm 12 \text{ bar}$) suhu kamar

LPG Mix

- Merupakan campuran dari propana dan butana
- Merupakan jenis LPG yang dipasarkan oleh Pertamina, baik untuk rumah tangga, komersial ataupun industri
- Penyimpanan dalam tabung dalam bentuk tekanan tinggi ($\pm 12 \text{ bar}$) suhu kamar
- Spesifikasi produk sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas

2.1.3 Kegunaan Elpiji

Sejak tahun 1968 di Indonesia mulai diperkenalkan dan dipasarkan Elpiji. Pada awal mulanya tujuan PT Pertamina (Persero) memasarkan Elpiji adalah untuk meningkatkan pemanfaatan produk dari minyak bumi dan sekaligus diharapkan mengurangi laju permintaan minyak tanah untuk rumah tangga di dalam negeri.

Berdasarkan perkembangan penggunaan Elpiji dari tahun 1968 sampai dengan sekarang terjadi peningkatan yang sangat tajam dalam penggunaan Elpiji di Indonesia, hal ini sesuai dengan penerapan pemakaiannya yang tidak hanya untuk rumah tangga saja tetapi juga untuk industri dan kendaraan antara lain bahan bakar gas, musicool, Vi-gas.

Secara garis besar sasaran pemakaian Elpiji di Indonesia adalah sebagai berikut :

Sebagai Bahan Bakar

1. Untuk Rumah Tangga :

- Sebagai bahan bakar kompor
- Sebagai bahan bakar *water heater*

2. Untuk Industri

- Industri makanan. Elpiji dipakai sebagai bahan bakar untuk memanasi atau mengeringkan dalam produksi crackers, biscuit dan roti.
- Industri tekstil. Elpiji dipakai sebagai bahan bakar untuk proses produksi dari pabrik tekstil.
- Industri kertas dan percetakan. Elpiji dipakai sebagai sumber panas dalam pengeringan, pencairan dan pemanasan.
- Industri keramik dan gelas. Elpiji dipakai untuk bahan bakar peleburan gelas, pembentukan gelas (pemanasan dalam pembentukan). Bahan bakar untuk mengolah batu kapur dan bahan bakar dalam pembakaran keramik.
- Industri logam. Elpiji dipakai untuk bahan bakar mencairkan logam, menempa logam yang dipanasi sampai membara dengan nyala api langsung, mencairkan logam yang akan dipakai dalam proses pengecoran, pemanasan dalam pemotongan lembaran-lembaran plat baja, kerangka-kerangka baja dan baja batangan serta digunakan untuk memanasi dalam rangka menghilangkan goresan-goresan pada permukaan lembaran-lembaran plat baja (Scurfing).
- Industri yang memproses produk-produk pertanian, perikanan dan peternakan. Elpiji dipakai sebagai sumber panas dalam pengeringan tembakau, daun teh, jerami, biji-bijian dan tumbuhan laut yang dapat dimakan. Elpiji dipakai untuk sumber panas dari rumah kaca dan sumber panas peternakan unggas.
- Industri korek api gas sebagai bahan baku untuk pengisian dalam korek api.

- Bahan pengelasan

2.1.4 Keuntungan Penggunaan Elpiji

Keuntungan penggunaan Elpiji sebagai bahan bakar rumah tangga maupun industri akan banyak menimbulkan kemudahan dan kenyamanan dibanding dengan menggunakan minyak tanah. Untuk penggunaan di industri tentu saja berhubungan langsung dengan kualitas produk agar menjadi lebih baik. Secara umum keuntungan-keuntungan dalam pemakaian Elpiji adalah sebagai berikut :

- Elpiji merupakan energi yang bersih dan tidak berasap.
- Dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna dan tidak menimbulkan kotoran sehingga sangat tepat untuk industri keramik, kaca dan gelas yang senantiasa membutuhkan bahan bakar yang bersih.
- Menghasilkan pemanasan yang lebih cepat.
- Mempunyai tekanan uap yang lebih tinggi sehingga tidak diperlukan lagi pompa untuk pengalirannya.
- Tidak mengotori makanan yang dimasak serta tidak menyebabkan bau pada masakan.
- Peralatan memasak dan ruangan dapur lebih bersih.
- Mengurangi polusi.
- Elpiji mempunyai nilai kalori (daya pemanasan) tinggi serta efisiensi pemanasan yang tinggi, nilai kalori: ± 21.000 BTU/lb

2.1.5 Penanganan Elpiji

Elpiji disimpan dan diangkut dalam bentuk cair, sedang penggunaannya dalam bentuk gas sehingga salah satu cara penanganannya diperlukan tangki penimbunan, yang berupa :

- Tangki Penimbunan Elpiji Bertekanan (*Pressurized Storage*)
- Tangki Penimbunan Elpiji dengan pendinginan dan tekanan normal (*Refrigerated Storage*)

2.1.6 Kerugian Penggunaan Elpiji

Disamping keuntungan-keuntungan ada beberapa kerugian dalam penanganan Elpiji, antara lain :

- Pada tahap awal perlu investasi relatif tinggi.
- Penanganan Elpiji lebih spesifik karena mempunyai risiko lebih tinggi.

| Selingan |
|---|
| <p>Kompur Hybrid</p> <p>Pada saat pameran pencapaian dan niaga Pertamina di Jakarta, diperlihatkan penggunaan kompor hybrid yang bahan bakarnya dari LPG - DME.</p> <p>Berita pada tanggal 12 Januari 2010 menyebutkan bahwa PT Pertamina merencanakan mengganti bahan bakar LPG dengan dimetil eter (DME) yang banyak didapat dalam batu bara muda dan gas alam, kemudian mendistribusikannya kepada masyarakat pada tahun 2010 (lihat Lampiran 3).</p> <p><i>Koran Suara Pembaruan, 2010</i></p> |

2.2 Pengelolaan Elpiji dan Produk Gas (Pertamina, 2009)

Pada dasarnya kegiatan suplai dan distribusi Elpiji serta produk gas merupakan suatu kegiatan menyeluruh dalam melayani seluas-luasnya kebutuhan masyarakat dalam segala aspeknya.

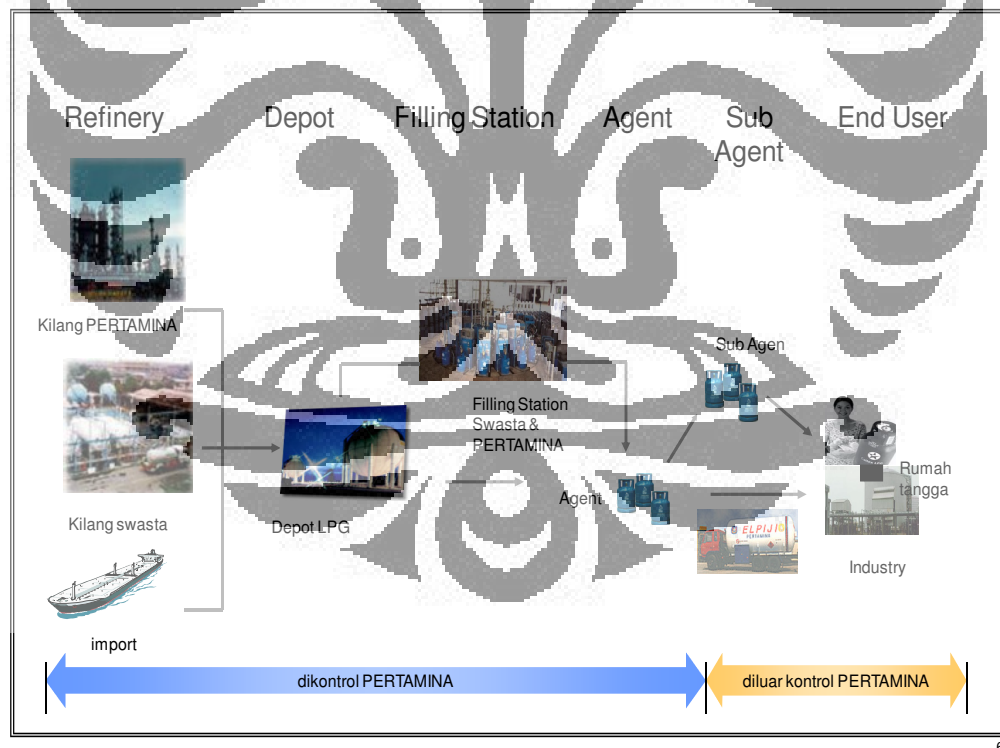
Keberhasilan kegiatan suplai dan distribusi Elpiji serta produk gas secara umum dapat diukur dengan bagaimana pelaksanaan pemenuhan kebutuhan masyarakat akan Elpiji dan produk gas dalam jumlah, waktu dan mutu yang tepat serta keamanan yang terjamin secara berkesinambungan.

Tugas pokok kegiatan suplai dan distribusi adalah penerimaan, penimbunan, penyaluran elpiji dan produk gas ke SPPBE, SPBU dan dealer yang ditunjuk. Untuk menghemat tenaga, biaya dan beban-beban lain yang harus dikeluarkan oleh pihak PT Pertamina (Persero) dalam penyaluran elpiji dan produk gas ke konsumen serta dalam rangka memanfaatkan peran swasta, maka perlu dikembangkan adanya Elpiji Filling Plant, Stasiun Pengisian Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE) untuk produk elpiji,

sedangkan untuk produk Vehicle gas melalui Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dan Musicool melalui dealer yang ditunjuk oleh PT Pertamina (Persero). SPPBE, SPBU dan dealer tersebut dikelola oleh pihak swasta tetapi dalam hal pengawasannya tetap dilakukan oleh pihak PT Pertamina (Persero).

PT Pertamina (Persero) melalui Elpiji Filling Plantnya akan mengirimkan Bulk Elpiji kepada industri dan swasta yang selanjutnya oleh pihak swasta melalui SPPBE akan dilakukan pengemasan dalam tabung untuk disalurkan kepada dealer-dealer yang telah ditunjuk.

Dengan adanya Stasiun Pengisian Bulk Elpiji (SPPBE), Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dan dealer-dealer ini maka biaya serta tenaga yang dikeluarkan oleh PT Pertamina (Persero) akan dapat dihemat dan kecepatan dalam penyaluran Elpiji dan produk gas kepada masyarakat akan dapat ditingkatkan. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan alur rantai distribusi LPG (ESDM, 2007).



Gambar 2.1 Diagram alir pola suplai dan distribusi LPG.

2.3 Deskripsi Keadaan Depot FP LPG Tanjung Priok (Pertamina, 2010)

Depot FP LPG Tanjung Priok dalam menyalurkan LPG melakukan proses ini yaitu proses kegiatan penerimaan, penimbunan dan pada tahap terakhir yaitu penyaluran LPG dalam bentuk curah dan ke tabung ukuran 3 kg. Gambar 2.2 menunjukkan suatu denah lokasi Instalasi Tanjung Priok.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan guna menunjang kegiatan tersebut, Depot FP LPG Tanjung Priok dilengkapi dengan sarana dan fasilitas pendukung baik dalam proses penerimaan, penimbunan, maupun dalam proses penyaluran LPG.

2.3.1 Sarana dan Fasilitas Pendukung yang telah dimiliki Depot FP LPG Tanjung Priok adalah sebagai berikut

1. Fasilitas Penerimaan

Depot FP LPG Tanjung Priok menerima suplai LPG dari kapal tanker yang dipompa ke tangki timbun, melalui tanker LPG yang berasal dari *ship to ship* di Teluk Semangka.

- Fasilitas sandar tanker: PMB-I (draft 9 m) sudah tidak terpakai dan PMB-II (draft 12 m) masing-masing dilengkapi *Marine Loading Arm* dengan diameter untuk liquid = 10" dan vapour = 3"
- Jalur pipa penerimaan
 - Panjang pipa = 1.100 m (dari PMB ke tangki timbun)
 - Ø pipa liquid = 10"
 - Ø pipa vapour = 3"
 - dengan rata-rata flowrate pemompaan adalah 200 MT/jam.

2. Fasilitas Penimbunan

Mempunyai 10 buah tangki timbun (*storage tank*) dengan jenis *spherical tank* (Gambar 2.5a) antara lain:

- 2 buah tangki timbun kapasitas @ 250 MT untuk LGV
- 2 buah tangki timbun kapasitas @ 500 MT untuk LPG
- 2 buah tangki timbun kapasitas @ 750 MT untuk LPG

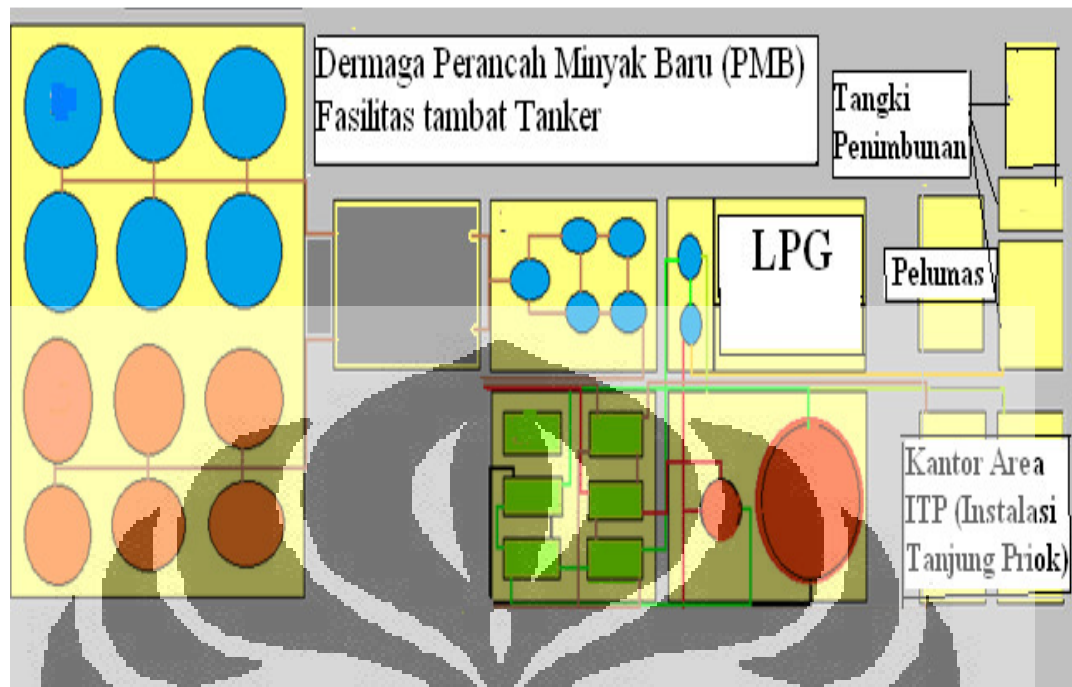
- 4 buah tangki timbun kapasitas @ 1500 MT untuk LPG
Total kapasitas tangki timbun = 9000 MT

3. Fasilitas Penyaluran

a. Pengisian curah ke skid tank

Terdiri dari 3 bangsal / *filling point* pengisian antara lain

- Filling curah I
 - 4 unit *filling point*, kapasitas pengisian 60 MT/jam
 - 1 unit *filling point* untuk evakuasi
 - 1 unit jembatan timbang kapasitas 30 ton
 - 4 unit *transfer pump* (SIHI) kapasitas @ 150 GPM
 - Filling curah II
 - 3 unit *filling point* dengan kapasitas pengisian @ 45 MT/jam
 - 2 unit jembatan timbang kapasitas @ 40 ton
 - 3 unit *transfer pump* (SIHI) kapasitas @ 150 GPM
 - Filling curah discharge / loading (D/L) III
 - 3 unit *filling point* D/L dengan kapasitas pengisian @ 45 MT/jam
 - 3 unit *transfer pump* (SIHI) kapasitas 150 GPM
- b. **Pengisian Tabung LPG 3 Kg**
- 120 unit *filling machine* (UFM) terdiri dari
60 unit merek Siraga dan 60 unit merek elixir
 - 4 unit *transfer pump* (SIHI) kapasitas @ 150 GPM
 - 30 unit *roll conveyor*
 - 2 unit *air compressor*
 - 20 unit timbangan *portable*
 - 2 unit *ecacuation pump*



Gambar 2.2 Gambar lokasi penelitian.

Produk. Jenis-jenis LPG dan produk gas yang dipasarkan adalah:

- LPG *Mix*. Untuk alasan keamanan di dalam pemakaiannya, LPG diberi zat pembau yaitu merkaptan untuk mendeteksi kebocoran tabung LPG karena LPG bersifat tidak berbau. Simbol LPG ditunjukkan pada Gambar 2.3a.
- LGV (*Liquefied Gas for Vehicle*) dibawah brand “Vi-Gas” adalah gas bumi yang mempunyai komposisi gas metana dan etana kurang lebih 90% dan selebihnya adalah propana, butana, nitrogen dan karbondioksida. Dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Simbol Vi-Gas ditunjukkan pada Gambar 2.3b.
- Musicool dipasarkan dalam beberapa jenis, antara lain :
 - MC-12, kompatibel dengan mesin pendingin yang menggunakan refrigerant R-12 seperti AC mobil, kulkas, freezer, water dispenser dan sejenisnya.
 - MC-22, kompatibel dengan mesin pendingin yang menggunakan refrigerant R-22 seperti AC window, AC spilt dan sejenisnya.

- MC-134, kompatibel dengan mesin pendingin yang menggunakan refrigerant R-134a seperti AC mobil, freezer, water dispenser dan sejenisnya.



Gambar 2.3 Simbol produk Pertamina.

Pengertian dan Batasan

1. *Down Grade* adalah turunya mutu dari suatu jenis produk dari produk yang lebih tinggi ke jenis produk yang lebih rendah dalam satu komposisi gas.
2. Produk Gas adalah produk gas yang digunakan untuk bahan/agent peralatan rumah tangga, industri dan kendaraan bermotor yaitu; HAP (*Hydrocarbon Aerosol Propellant*), Musicool, V-Gas, CNG, dll.
3. Produk Tidak Sesuai (Produk *off spec*) adalah Produk Gas yang tidak sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh Ditjen Migas (Spesifikasi Mutu produk gas).

Quality control (QC). Pengawasan mutu terhadap produk-produk Pertamina dilakukan melalui; Pengawasan Tanker dan mengambil sampel di tangki timbun untuk uji mutu ke laboratorium. Pengawasan laboratorium menerbitkan *test report* dan mengirimkan hasilnya ke pengawasan penerimaan dan penimbunan.

1. Jika hasil laboratorium menyatakan *On Spec*, maka Elpiji dan produk gas tersebut dapat dijual atau disalurkan.
2. Jika hasil laboratorium menyatakan *off spec*, maka dilaporkan ke pengawas utama PPP, Ka Depot FP LPG dan selanjutnya dilakukan tindakan perbaikan sebagai berikut :

- Bila hanya sebagian kecil dari hasil uji berdasarkan parameter atau spesifikasi Elpiji dan produk gas yang *off spec*, maka dilakukan *trial blend* (*rasio blending*) dengan produk yang lebih tinggi kualitasnya hingga memenuhi persyaratan spesifikasi Ditjen Migas.
- Bila sebagian dari parameter uji atau hasil uji Elpiji dan produk gas *off spec* dan tidak memungkinkan untuk *trial blend*, maka dilakukan tindakan turun mutu (*downgrade*)
- *Reprocessing / Scrapping* bila tingkat kerusakan Elpiji dan produk gas cukup parah atau spesifikasi dari Elpiji dan produk gas tidak memenuhi dan tidak bisa dilakukan tindakan blending maupun *downgrade* maka produk tersebut dikeluarkan dari pembukuan untuk selanjutnya discrap / reprocessing ke kilang sebagai bahan baku untuk diproses kembali menjadi Elpiji dan produk gas yang memenuhi syarat.

Kendala operasi. Permasalahan yang sering terjadi pada fasilitas penyaluran adalah kebocoran pada bagian-bagian *loading arm* yang sering bergerak dan keausan pada bearing ataupun seal. Hal ini dapat ditanggulangi dengan mengadakan pemeliharaan pada bagian-bagian yang selalu bergerak. Alat timbangan selain ditera juga harus dipelihara yang disesuaikan dengan petunjuk atau saran dari Balai Metrologi DKI Jakarta.

Jika aspek cuaca dan fenomena alam dalam hal *bad weather* menyebabkan terjadinya risiko *Demurrage* (keterlambatan/ketidklancaran) pada kegiatan penerimaan LPG dari Tanker, maka klaim *Demurrage* diatur sesuai kesepakatan kontrak.

Sistem penanggulangan kebakaran. Depot Tanjung Priok adalah salah satu fasilitas Pertamina yang menangani material yang mudah terbakar dan beresiko tinggi terhadap bahaya lingkungan, keselamatan dan kesehatan kerja. Oleh karena itu, diperlukan sistem penanggulangan kebakaran di Depot Tanjung Priok, yaitu: *water sprinkler* yang dipasang di kamar pompa, alat pemadam yang dilengkapi dengan jenis racun api FM 200/AF 11, CO₂ dan *Dry Chemical* yang sesuai untuk kebutuhan Elpiji, sistem deteksi kebakaran untuk mendeteksi kebakaran dan uap elpiji dilengkapi dengan alarm yang akan bekerja pada saat terjadi nyala api atau bocoran uap elpiji

dan penangkal petir serta *shutdown system*. Menutup gerbang (pintu masuk) depot dan berkoordinasi dengan pemadam kebakaran serta aparat kepolisian untuk menanggulangi kebakaran dan menghindari kejadian yang tidak diinginkan. Teknologi pengawasan dengan menggunakan sistem CCTV yang beroperasi *non stop* dan terekam secara otomatis.

| Selingan |
|---|
| Kadar C3 dan C4 dalam LPG |
| <p>Kadar C3 dan C4 (% berat) dalam LPG ialah ukuran angka banding suatu zat, dalam hal ini propana dan butana terhadap campurannya yang komposisinya berubah-ubah tergantung dari muatan/cargo tanker.</p> <p>Berikut contoh perhitungan.</p> <p>1. MV (<i>Motor Vessel</i>) Apoda membawa C3 dan C4 sebanyak:</p> <p>C3 = 3.503.508 kg C4 = 3.002.507 kg <hr/> Total = 6.506.015 kg</p> <p>$\% C3 = \frac{3.503.508}{6.506.015} \times 100\% = 54\%$ $\% C4 = \frac{3.002.507}{6.506.015} \times 100\% = 46\%$</p> <p>2. MV Eratan membawa C3 dan C4 sebanyak:</p> <p>C3 = 4.000.179 kg C4 = 4.000.181 kg <hr/> Total = 8.000.360 kg</p> <p>$\% C3 = \frac{4.000.179}{8.000.360} \times 100\% = 50\%$ $\% C4 = \frac{4.000.181}{8.000.360} \times 100\% = 50\%$</p> <p>Secara umum perbandingan kadar C3 dan C4 dalam LPG adalah 50 : 50.</p> <p><i>Eko H.S, Pengawas Penerimaan & Penimbunan Depot FP LPG Tanjung Priok</i></p> |

2.3.2 Operasi Penerimaan, Penimbunan/Penyimpanan dan Penyaluran LPG

Secara garis besar kegiatan operasional Depot Tanjung Priok sebagai berikut.

Pembongkaran muatan dari Tanker ke tangki timbun → penyimpanan muatan hasil penerimaan ex. Tanker → pengisian LPG curah dan penimbangan skid tank → penyerahan LPG curah ke SPPBE/industri (Gambar 2.4).

Jenis produk yang diterima dari Tanker adalah *Refrigerated LPG Propane* (produk LPG C_3H_8 murni dengan suhu operasi $-40^{\circ}C$ tekanan $0,07 \text{ kg/cm}^2$) dan *Refrigerated LPG Butane* (produk LPG C_4H_{10} murni dengan suhu operasi $-4^{\circ}C$ tekanan $0,07 \text{ kg/cm}^2$) kemudian dipindahkan dari tanker ke tangki timbun via pipa diameter 10" dengan rata-rata *flow rate* 200 MT/jam sesuai dengan *Discharge Agreement* seperti diperlihatkan pada Lampiran 5. Pada saat transfer, terjadi pencampuran antara C3 dan C4 di tangki timbun menghasilkan *Mixed LPG Pressurized* (produk LPG campuran antara C_3H_8 dengan C_4H_{10} dengan suhu operasi $28^{\circ}C$ dan tekanan $7,0 \text{ kg/cm}^2$). Maksimum tekanan untuk tangki timbun (*Pressure Safety Valve*) = $8,5 \text{ kg/cm}^2$. Selama penerimaan impor LPG, terjadi *losses* operasi di sepanjang jalur pipa tangki timbun karena adanya kebocoran langsung ke udara. *Losses* penerimaan maksimum 0,30%. Dengan demikian, penerimaan aktual (*Actual Receipt*) selalu lebih rendah daripada *Bill of Loading* (BL). B/L singkatan dari *Bill of Loading* adalah surat muatan kapal yang menyatakan jumlah *quantity* cargo produk yang dikirim oleh *loading port*. Sedangkan *loading port* adalah lokasi pengirim cargo via kapal / tanker atau lokasi yang menerbitkan BL. Sebelum memasuki tempat pengisian skid tank akan dicatat No. LO, No. Polisi dan jam masuk oleh petugas transportasi / *Gate Keeper* kemudian skid tank tersebut menimbang berat kosong kendaraan, menunggu giliran untuk dilayani sambil mengurus *Loading Order* (LO), surat perintah untuk dilakukannya pengisian LPG sesuai dengan pemesanan, LO ini juga berlaku sebagai surat jalan. Petugas penyaluran memasang *loading arm* (selang liquid dan vapour) dan memerintahkan sopir tidak meninggalkan kendaraannya. Jika sopir tidak ada, penyaluran/pembongkaran wajib dihentikan dan semua selang/hose dicabut. Petugas pengisi (filler) menghidupkan mesin/pompa produk dan mengisi produk sesuai dengan LO-nya. Setting roto gauge sesuai dengan jumlah yang akan disalurkan dalam %. Mobil tangki khusus konsumen industri yang telah diisi akan ditimbang kembali untuk memastikan bahwa kapasitas LPG yang diisi sesuai dengan pemesanan.

Indikator dan ukuran keberhasilan penyaluran LPG ke Skid Tank:

1. Tercapainya realisasi penyaluran Elpiji sesuai dengan alokasi dan target yang ditetapkan
2. Realisasi thruput Elpiji dibandingkan dengan objektif thruput Elpiji masih dalam batas toleransi
3. Terlaksananya proses penyaluran/pembongkaran dengan aman.

Operasi penyaluran menggunakan Skid Tank dapat dilihat pada Lampiran 7.

2.3.3 Selisih Pada Penimbunan/Penyimpanan Elpiji dan Produk Gas

Pengawasan terhadap selisih lebih/kurang Elpiji dan produk gas dalam penimbunan/penyimpanan perlu mendapat perhatian karena berdampak terhadap kerugian sehingga perlu dikendalikan agar tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan. Pada dasarnya ada 2 macam penyebab losses selama penimbunan/penyimpanan yaitu losses karena kuantitasnya berkurang dan losses karena kualitasnya rusak.

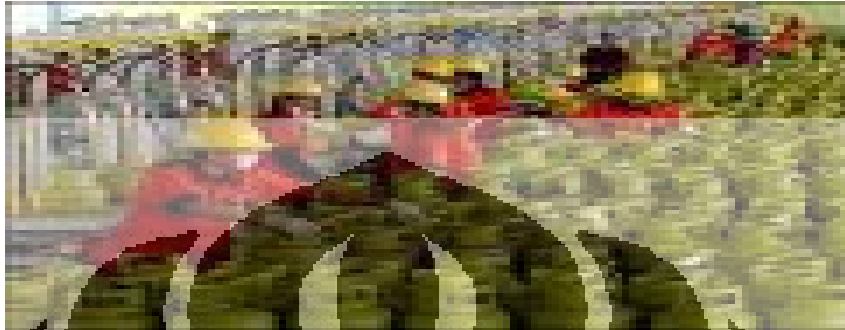
Rugi Penguapan. Ruang kosong di atas Elpiji dan produk gas dalam suatu tangki (ullage) pada umumnya akan selalu terisi oleh gas/vapour. Jumlah Elpiji dan produk gas yang menguap ke ruang kosong tergantung dari tingginya suhu, tekanan gas pada suhu tersebut dan tekanan di ruangan kosong.

Makin tinggi suhu dalam tangki, makin tinggi tekanan gas, makin cepat proses penguapan, sehingga makin banyak losses. Jadi, temperatur harus dijaga hingga < 35⁰C melalui pendinginan isi tangki dengan membuka valve jalur pipa water sprinkle pada tangki timbun yang akan didinginkan dan demikian pula ruang kosong diatas LPG jangan terlalu besar.

2.4 Fasilitas Pengisian Oleh Pihak Ketiga (Pertamina, 2009)

Yang dimaksud dengan pihak ketiga adalah Pengelola Elpiji Mini Filling Plant atau Stasiun Pengangkutan dan Pengisian Bulk Elpiji (SPPBE). SPPBE (Stasiun Pengisian Pengangkutan Bulk Elpiji) merupakan *filling plant* milik swasta yang melakukan pengangkutan LPG dalam bentuk curah dari *filling plant* PT Pertamina

dan melakukan pengisian tabung-tabung LPG untuk para agen PT Pertamina yang menjual LPG. Pada Gambar 2.5, petugas mengisi tabung LPG 3 kilogram di fasilitas pengisian tabung LPG 3 kg Depot Tanjung Priok.



Gambar 2.5

2.4.1 Fasilitas Pada SPPBE

Fasilitas yang harus ada adalah :

- *Filling shed*
- *Skid tank* (sebagai alat angkut)
- *Elpiji transfer pump*
- *Air Compressor*
- *Vacuum Pump*
- *Evacuation Pump*
- *Elpiji Filling Machine*
- *Conveyor*
- Alat timbang
- *Leakage Tester*
- Gudang
- *Forklift*
- Tangki timbun
- Ditambah fasilitas pengisian untuk skid tank

Tangki timbun yang dipakai di lokasi Depot Filling Plant dan SPPBE ada beberapa jenis yaitu :

- Tangki bundar (*spherical tank*)
- Tangki datar (*horizontal tank*)

Pada dasarnya fungsi peralatan tangki adalah sama, hanya keberadaannya tergantung dari tipe tangki timbun tersebut. Tangki ini ditunjukkan pada Gambar 2.6. Untuk menjaga agar produk tetap bersih dan memenuhi peraturan yang berlaku, tangki timbun Elpiji harus dibersihkan dalam jangka waktu 3 tahun sekali. Atau bila kondisi tangki sudah memerlukan pembersihan. Dalam pembersihan tangki harus dihilangkan karat - karat yang berada di dalam maupun di luar tangki.



Gambar 2.6 Tangki penimbunan bertekanan yang dirancang dan dikonstruksi berdasarkan peraturan ASME (The American Society of Mechanical Engineers) dan API standard 2510, khusus untuk bejana bertekanan pada (a) Tangki Elpiji bertekanan dalam bentuk *spherical tanks* dan (b) Sebuah tangki SPPBE.

2.4.1.1 Jenis Skid Tangki

1. Skid Tank Rigid adalah mobil yang dilengkapi dengan tangki tetap yang melekat pada chasis kendaraan tersebut.
2. Skid Tank Semi Trailer adalah mobil tangki dilengkapi dengan tarikan tangki dan merupakan satu rangkaian yang dapat dilepas/dipisahkan.
3. Skid Tank Trailer adalah skid tank yang dilengkapi dengan rangkaian tangki yang melekat pada rangka dan roda tersendiri, dan dapat dipisahkan/dilepaskan.

Pada Gambar 2.7 ditunjukkan foto sebuah truk tangki yang sedang bergerak di atas jalan raya.



Gambar 2.7 Truk tangki yang digunakan untuk mendistribusikan LPG.

2.4.1.2 Persyaratan Muatan

1. Setiap mobil tangki hanya dibenarkan diisi dengan satu jenis produk. Jika terdapat/dilengkapi sekat harus berlobang sehingga antar compartment saling berhubungan.
2. Batas isi aman.
 - Batas isi aman setiap Skid Tank harus sesuai dengan kapasitas. Untuk menghindari adanya perubahan volume akibat kenaikan suhu, maka konstruksinya dimungkinkan mempunyai ruang kosong. Batas isi aman sesuai kapasitas, max 90,0% dari kapasitas penuh isi tangki yang bersangkutan.
 - Kapasitas tangki mobil ditandai dengan level indicator gauge/roto gauge.

2.4.1.3 Persyaratan Tangki

Konstruksi tangki sedemikian rupa sehingga mampu menahan tekanan statis dari elpiji, tekanan pengisian, guncangan, dalam perjalanan dan lain-lain, ditambah *safety factor* 35 kPa atau 3,5 kg/cm.

Bentuk tangki oval panjang agar mampu mengurangi guncangan, mantap dan ketahanan yang baik. Bahan tangki aluminium alloy atau dari besi plat seperti low carbon steel/low alloy steel. Tangga dipasang dibagian depan, samping atau belakang tangki.

Selingan**Perhitungan Pengisian LPG Dalam Mobil Tangki**

Apabila mobil tangki diisi penuh (100%) akan menyebabkan ledakan akibat tekanan uap LPG. Oleh karena itu, mobil tangki tidak diisi penuh untuk memberikan ruang kosong agar uap tidak menekan dinding tangki.

Caranya:

Water capacity (Volume tangki yang diisi penuh dengan air) = 32.000 L

Densitas LPG = 0,54

Kapasitas mobil tangki = 14 ton

$$\% \text{ pengisian LPG} = \frac{14.000}{32.000 \times 0,54} \times 100\% = 81\%$$

Jadi, pengisian LPG mobil tangki 14 ton mencapai 81% dari total kapasitas.

Paulus Ayal, Pengawas Penerimaan, Penimbunan, & Penyaluran Depot FP LPG Tg Priok

2.5 Distribusi Probabilitas (Harinaldi, 2005; Taha, 2003)

Kita awali pembicaraan pada pokok bahasan ini dengan membahas probabilitas suatu peristiwa. **Teori probabilitas** mempelajari tentang peluang terjadinya suatu hal atau peristiwa. Probabilitas dinyatakan dalam pecahan desimal antara 0 dan 1. Bila probabilitas suatu kejadian bernilai nol, maka kejadian tersebut tidak akan terjadi. Sedangkan bila suatu kejadian mempunyai probabilitas 1, maka kejadian tersebut pasti terjadi. Probabilitas suatu peristiwa atau kejadian adalah suatu atau beberapa kemungkinan hasil dari suatu tindakan.

Fungsi kepadatan probabilitas dari peubah acak diskrit. Misalkan S ruang sampel dari peubah acak diskrit X. Fungsi f dari S ke dalam R yang memenuhi:

a. $f(x) \geq 0$ untuk setiap x di S

b. $\sum_{x \in S} f(x) = 1$

dinamakan fungsi kepadatan probabilitas (f.k.p) dari peubah acak diskrit.

Jika peubah acak X diskrit dengan f.k.p. $f(x)$, maka probabilitas suatu peristiwa A diberikan oleh $P(A) = \sum_{x \in S} f(x)$.

Fungsi kepadatan probabilitas dari peubah acak kontinu. Misalkan S ruang sampel dari peubah acak kontinu X . Fungsi f dari S ke dalam R yang memenuhi:

a. $f(x) \geq 0$ untuk setiap x di S

b. $\int_{x=S} f(x) = 1$

dinamakan fungsi kepadatan probabilitas (f.k.p) dari peubah acak kontinu.

Jika peubah acak X kontinu dengan f.k.p. $f(x)$, maka probabilitas suatu peristiwa A diberikan oleh $P(A) = \int_{x=S} f(x)$.

Distribusi probabilitas yang diaplikasikan pada model antrian matematis, yaitu:

1. Distribusi Poisson

Distribusi ini digunakan untuk mengamati jumlah kejadian-kejadian khusus yang terjadi dalam satu satuan waktu atau ruang.

Distribusi Poisson mempunyai fungsi kepadatan probabilitas sebagai berikut.

$$p_p(x; \lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

di mana:

λ = laju kejadian (rata-rata banyaknya kejadian dalam satu satuan unit tertentu)

e = konstanta dasar (basis) logaritma natural = 2,71828....

dengan nilai mean dan varians sama yaitu λ .

2. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan kasus khusus dari distribusi gamma.

Distribusi ini banyak digunakan sebagai model di bidang teknik dan sains.

Distribusi eksponensial mempunyai fungsi kepadatan probabilitas sebagai berikut.

$$f(x) = \begin{cases} \mu e^{-\mu x}; & x > 0, \mu > 0 \\ 0; & x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.2)$$

dengan mean $\frac{1}{\mu}$ dan varians $\frac{1}{\mu^2}$

3. Distribusi Erlang

Distribusi Erlang mempunyai fungsi kepadatan probabilitas sebagai berikut.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\mu}{\Gamma(\alpha)} (\mu x)^{\alpha-1} e^{-\mu x}; & x > 0, \alpha > 0, \mu > 0 \\ 0; & x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.3)$$

dengan mean $\frac{\alpha}{\mu}$ dan varians $\frac{\alpha}{\mu^2}$.

Peubah acak X yang memiliki distribusi Erlang dapat ditulis $X \sim \text{ERLA}(\alpha, 1/\mu)$.

2.6 Proyeksi Kebutuhan Energi

Estimasi permintaan energi merupakan elemen penting dalam perencanaan energi, baik sektoral, regional, nasional, maupun global untuk jenis energi tertentu seperti BBM. Kebutuhan LPG di DKI Jakarta diproyeksikan berdasarkan data historis yang dapat diperoleh dari sumber Pertamina. Proyeksi kebutuhan LPG diperkirakan berdasarkan nilai rata-rata (mean) dengan asumsi laju pertumbuhan konsumsi besarnya sama pada saat tahun proyeksi. Model ini disebut sebagai rumus nilai tengah. Untuk memperkirakan proyeksi kebutuhan LPG hanya diperlukan data konsumsi LPG dari tahun sebelumnya.

Dengan pendekatan nilai rata-rata dapat diperkirakan kebutuhan energi final pada kurun waktu tertentu yang diperhitungkan berdasarkan persamaan 2.4.

$$D_n = D_{n-1} + (D_{n-1} \times \% D) \quad (2.4)$$

dengan: D_n = permintaan LPG pada tahun ke- n

D_{n-1} = permintaan LPG pada tahun ke- $n-1$

$\% D$ = laju pertumbuhan konsumsi

Secara umum permintaan LPG di masa mendatang merupakan fungsi dari permintaan LPG tahun sebelumnya dan laju pertumbuhan konsumsi.

Permintaan LPG = f (permintaan LPG tahun sebelumnya, pertumbuhan konsumsi)

2.7 Teori Antrian (Asep; Amar, 2007; Nasution, 2005)

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering berhadapan dengan kondisi antrian. Pada sistem non-manufaktur kita jumpai kondisi antrian ketika menunggu pelayanan di depan loket bioskop, bank, dan lain-lain. Pada sistem manufaktur, kita jumpai kondisi antrian ketika bahan baku atau barang setengah jadi menunggu untuk diproses oleh mesin-mesin yang terbatas. Dari kedua sistem tersebut maka sistem non-manufaktur (sektor jasa) lebih memuat banyak permasalahan antrian. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sektor jasa yang bersifat random, baik dalam pola

kedatangan maupun waktu yang dibutuhkan untuk menerima pelayanan. Dalam sistem manufaktur, karakteristik random diminimalisasi dengan desain kebutuhan kapasitas, misalnya tingkat aliran produksi (P) dan waktu pemrosesan (T) yang dibuat konstan. Meskipun demikian permasalahan antrian juga terjadi pada sistem manufaktur, khususnya pada sistem Manufakturing Fleksibel (FMS). Kita akan definisikan hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem antrian merupakan sesuatu dimana kita mengobservasi periode kemacetan secara terus menerus, misalnya lintasan tunggu, kemacetan suatu fasilitas pelayanan karena keterbatasan kapasitas, dan kerandoman dari kedatangan unit-unit dan waktu yang dibutuhkan untuk melayaninya.
2. Permasalahan antrian merupakan masalah dimana kita mencoba menentukan kapasitas optimum bagi suatu fase produksi (barang/jasa). Hal ini diukur oleh jumlah pelayan (*server*) paralel atau tingkatan output rata-rata, sehingga kombinasi biaya dan tingkat pelayanan dari unit-unit yang menunggu menjadi minimum. Permasalahan muncul karena: terlalu banyak permintaan (pelanggan terlalu lama menunggu) dan terlalu sedikit permintaan (terlalu banyak waktu luang atau mengganggu).

Perusahaan yang menyediakan sedikit karyawan untuk melayani konsumen akan menyebabkan konsumen menunggu untuk dilayani, hal ini akan menyebabkan ketidakpuasan konsumen. Perusahaan bisa menyediakan banyak tenaga kerja yang melayani konsumen, hal ini akan membuat konsumen tidak perlu menunggu lama untuk mendapatkan pelayanan, yang akan memuaskan konsumen, tetapi hal ini akan menyebabkan kenaikan biaya yang harus dibayarkan oleh perusahaan. Oleh karenanya manajemen harus bisa menentukan posisi diantara kedua ekstrim tersebut diatas, dan menyadari adanya hubungan imbal balik antara biaya dan memberikan pelayanan yang baik terhadap konsumen.

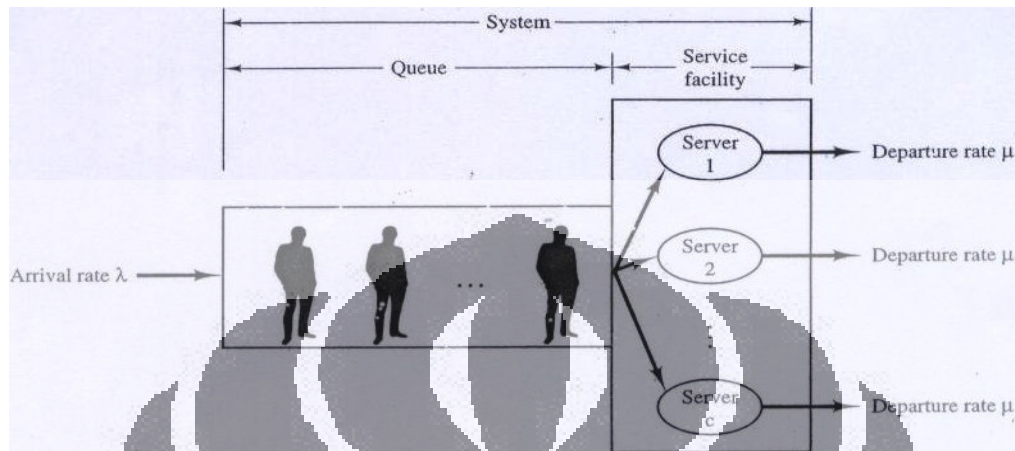
Sistem Antrian

Sistem antrian terdiri dari 3 komponen utama:

- (a) Kedatangan
- (b) Fasilitas pelayanan

(c) Antrian aktual.

Komponen tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Komponen sistem antrian.

Sistem antrian mencakup pelanggan (mahasiswa, pesawat, mesin, dan lain-lain) yang datang dengan laju konstan atau bervariasi untuk mendapatkan layanan pada suatu fasilitas layanan. Sebuah sistem antrian adalah suatu proses kelahiran kematian dengan suatu populasi yang terdiri atas para pelanggan yang sedang menunggu mendapatkan pelayanan atau yang sedang dilayani. Suatu kelahiran terjadi apabila seorang pelanggan tiba di suatu fasilitas pelayanan, sedangkan apabila pelanggannya meninggalkan fasilitas tersebut maka terjadi suatu kematian. Jadi, sistem antrian mencakup baik antrian dan fasilitas layanannya.

Terdapat beberapa tipe sistem antrian, akan tetapi semua itu dapat diklasifikasikan kedalam ciri-ciri berikut:

a. Proses *input* atau kedatangan.

Proses ini mencakup banyaknya kedatangan pelanggan per satuan waktu, jumlah antrian yang dapat dibuat, maksimum panjang antrian, dan maksimum jumlah pelanggan potensial (yang menghendaki layanan).

Para pelanggan datang satu per satu atau secara berombongan. Bila tidak disebutkan secara khusus, maka anggapan dasarnya adalah bahwa semua pelanggan tiba satu per satu.

b. Proses layanan

Proses ini mencakup sebaran waktu untuk melayani seorang pelanggan, banyaknya layanan yang tersedia, dan pengaturan layanan (paralel atau seri).

Para pelanggan dapat dilayani oleh satu pelayan atau membutuhkan suatu barisan pelayan. Bila tidak disebutkan secara khusus, maka anggapan dasarnya adalah bahwa satu pelayan saja dapat melayani secara tuntas urusan seorang pelanggan.

Fasilitas pelayanan berkaitan erat dengan bentuk baris antrian, yaitu:

- 1) Bentuk series, dalam satu garis lurus ataupun garis melingkar
- 2) Bentuk paralel, dalam beberapa garis lurus yang antara yang satu dengan yang lain paralel

c. Disiplin antrian

Disiplin antrian adalah aturan dimana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (*service discipline*) yang memuat urutan (*order*) para pelanggan menerima layanan. Aturan pelayanan menurut urutan kedatangan dapat didasarkan pada:

1) Pertama Masuk Pertama Keluar (FIFO)

FIFO (*First In First Out*) merupakan suatu peraturan dimana yang akan dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang datang terlebih dahulu. Contohnya dapat dilihat pada antrian di loket-loket penjualan kareis kereta api.

2) Yang Terakhir Masuk Pertama Keluar (LIFO)

LIFO (*Last In First Out*) merupakan antrian dimana yang datang paling akhir adalah yang dilayani paling awal. Contohnya adalah pada sistem bongkar muat barang di dalam truk, dimana barang yang masuk terakhir justru akan keluar terlebih dahulu.

3) Pelayanan Dalam Urutan Acak (SIRO)

SIRO (*Service In Random Order*) dimana pelayanan dilakukan secara acak. Contohnya pada arisan, dimana pelayanan atau *service* dilakukan berdasarkan undian (*random*).

4) Pelayanan Berdasarkan Prioritas (PRI)

Pelayanan didasarkan pada prioritas khusus. Contohnya dalam suatu pesta di mana tamu-tamu yang dikategorikan VIP akan dilayani lebih dahulu.

Aturan layanan yang paling umum adalah *first come, first served* (FCFS). Aturan ini diterima secara umum sebagai aturan yang paling adil, walaupun dalam prakteknya tidak adil bagi kedatangan yang membutuhkan waktu layanan singkat.

Telah dinyatakan bahwa entitas yang berada dalam garis tunggu tetap tinggal di sana sampai dilayani. Hal ini bisa saja tidak terjadi. Misalnya, seorang pembeli bisa menjadi tidak sabar menunggu antrian dan meninggalkan antrian. Untuk pelanggan yang meninggalkan antrian sebelum dilayani digunakan istilah pengingkaran (*reneging*). Pengingkaran dapat bergantung pada panjang garis tunggu atau lama waktu tunggu. Istilah penolakan (*balking*) dipakai untuk menjelaskan unit-unit yang memerlukan pelayanan menolak memasuki sistem antrian jika antrian itu terlalu panjang (Sari, 2009).

Secara umum kelakuan pelanggan bisa dinyatakan sebagai berikut:

Kelakuan pelanggan dalam sistem antrian ada dua, yaitu:

1. Pelanggan sabar → menunggu selamanya
2. Pelanggan tidak sabar
 - Menunggu untuk suatu periode waktu dan memutuskan untuk pergi
 - Melihat antrian panjang dan memutuskan tidak bergabung
 - Mengubah barisan untuk menunggu (disebut juga *jockeying*)

2.7.1 Konfigurasi Sistem Antrian

Sistem pelayanan pada umumnya dibagi berdasarkan jumlah jalur (jumlah server/pelayan) dan tahapannya (jumlah pemberhentian untuk pelayanan).

Jumlah Service Channel

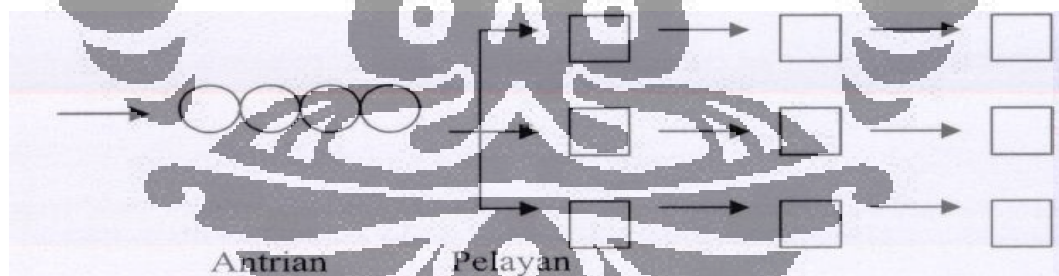
Banyaknya saluran dalam proses antrian adalah jumlah pelayanan paralel yang tersedia. Pada *single channel system*, dengan satu server, dicontohkan dengan restoran drive through atau antrian tiket bioskop, dimana antrian dilayani oleh satu pelayan dan dengan satu pemberhentian.

Multiple channel system dapat kita ambil sebagai contoh antrian di bank dimana antrian dilayani oleh beberapa server (teller).

Jumlah pemberhentian

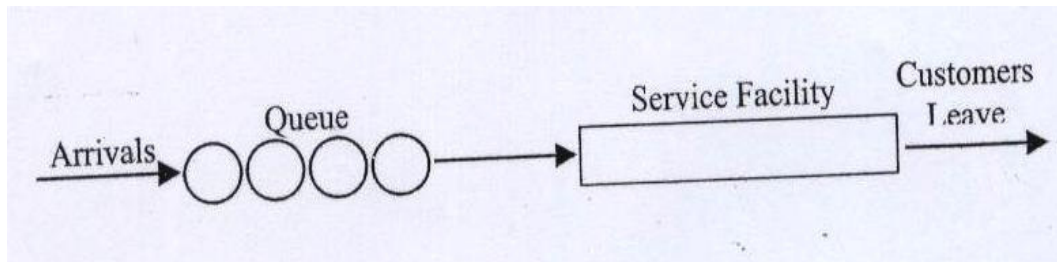
Banyaknya tahap menunjukkan jumlah pelayanan berurutan yang harus dilalui oleh setiap kedatangan. *Single phase system* adalah konsumen mendapatkan pelayanan dari satu pemberhentian dan kemudian keluar dari antrian, contohnya adalah pada restoran *fast food* (McDonalds, KFC, dsb) dimana pelayan yang menerima order memberikan pesanan, sekaligus menerima pembayaran.

Multiphase system, dapat diambil contoh pelayanan perpanjangan STNK kendaraan bermotor, dimana, tahap pertama konsumen berada dalam antrian cek fisik kendaraan, setelah selesai konsumen masuk ke antrian kedua untuk melakukan pembayaran pajak, dan pada antrian ketiga menerima STNK yang telah selesai (Gambar 2.9).



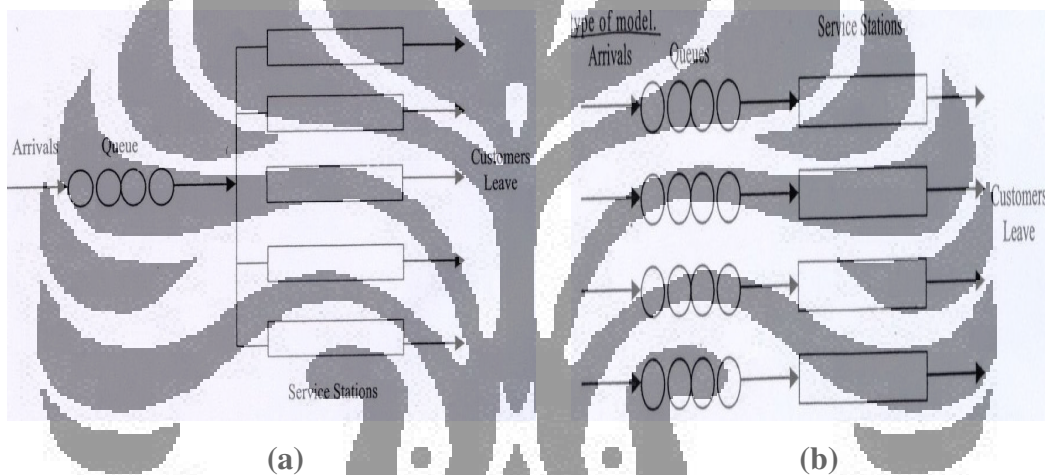
Gambar 2.9 Struktur dasar proses antrian untuk banyak saluran banyak tahap.

Sistem saluran dimana antrian mempunyai satu tempat pelayanan dengan jumlah pelayan satu orang disebut sistem saluran tunggal (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Sistem antrian tunggal pelayanan tunggal.

Sedangkan antrian dengan saluran ganda adalah antrian yang mempunyai beberapa tempat pelayanan sebanyak k pelayan dipasang secara paralel dan barisan antrian bisa tunggal (Gambar 2.11a) ataupun sebanyak k antrian pelanggan (Gambar 2.11b).



Gambar 2.11 (a) Sistem antrian tunggal pelayanan jamak. (b) Sistem antrian jamak pelayanan jamak.

2.7.2 Distribusi Kedatangan (*Arrival Distribution*)

Formula antrian umumnya membutuhkan laju kedatangan atau jumlah pelanggan per periode waktu. Kita dapat mengatur panjang waktu (T) dan menentukan berapa banyak kedatangan memasuki sistem dalam waktu T . Kita mengasumsikan bahwa jumlah kedatangan per satuan waktu terdistribusi Poisson. Distribusi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12.

Jika proses kedatangan secara acak, distribusi menjadi Poisson dengan formula:

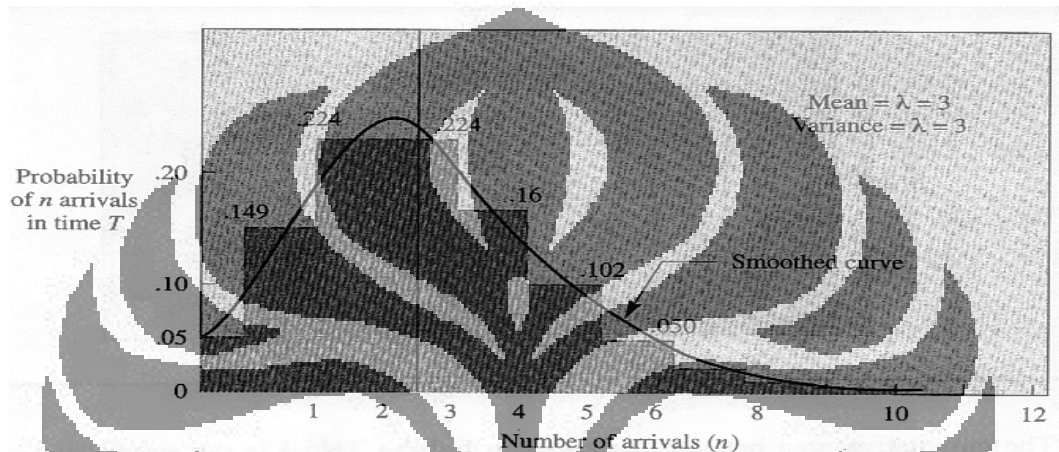
$$P_T(n) = (\lambda T)^n e^{-\lambda T} / n! \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 menunjukkan probabilitas n kedatangan dalam waktu T .

Sebagai contoh, jika laju rata-rata kedatangan pelanggan pada sistem adalah 3 per menit ($\lambda = 3$) dan kita ingin menentukan probabilitas kedatangan lima pelanggan dalam periode satu menit ($n = 5, T = 1$), kita memperoleh

$$P_1(5) = (3 \times 1)^5 e^{-3 \times 1} / 5! = 3^5 e^{-3} / 120 = 0,101$$

Jadi probabilitas kedatangan lima pelanggan dalam periode satu menit adalah 10,1%.

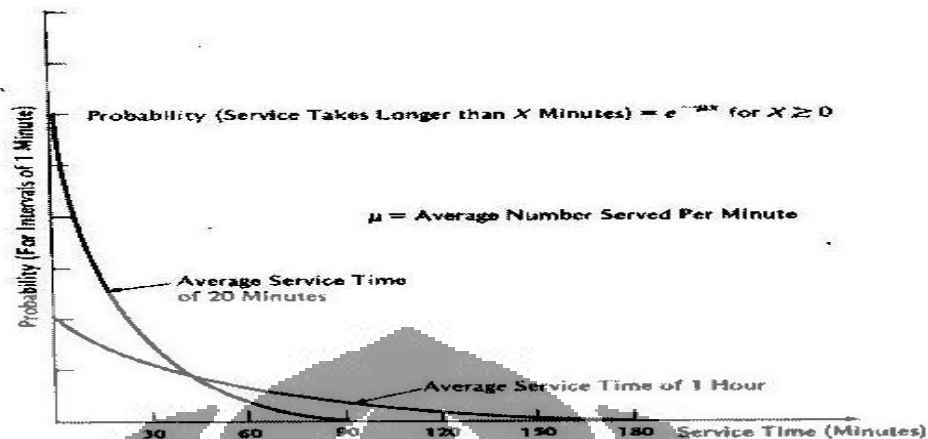


Gambar 2.12 Distribusi Poisson untuk $\lambda T = 3$.

2.7.3 Distribusi Waktu Pelayanan (*Service Time Distribution*)

Pola pelayanan sama dengan pola kedatangan, bisa konstan dan bisa pula acak, bila waktu pelayanan konstan, maka waktu yang dihabiskan untuk melayani selalu sama untuk tiap konsumen. Hal ini bisa terjadi dalam kasus pelayanan yang dilakukan oleh mesin, contohnya pencucian mobil dengan menggunakan robot, atau pelayanan kursi pijat yang sering ditemui di pusat perbelanjaan.

Tetapi seringkali waktu pelayanan terdistribusi acak, dalam banyak kasus, dapat diasumsikan bahwa waktu pelayanan acak dapat dijelaskan dengan *negative exponential probability distribution* atau distribusi kemungkinan eksponensial negatif. Ini adalah asumsi yang tepat bila rata-rata kedatangan berdasarkan distribusi Poisson.



Gambar 2.13 Distribusi eksponensial.

Pada Gambar 2.13 menunjukkan bahwa bila waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial, kemungkinan akan waktu pelayanan yang sangat panjang sangat rendah. Misal ketika rata waktu pelayanan adalah 20 menit, kemungkinan pelayanan akan memakan waktu lebih dari 90 menit tidak ada, dan bila rata-rata pelayanan 1 jam, kemungkinan untuk lebih dari 180 menit tidak ada. Distribusi eksponensial penting dalam proses pembangunan model antrian matematis, karena dasar teorinya adalah asumsi kedatangan poisson dan pelayanan eksponensial.

2.7.4 Faktor Penggunaan (Utilitas)

Dapatkah sarana (sistem) pelayanan tersebut menjalankan tugasnya dalam menangani para pelanggan? Dengan kata lain, apakah sarana pelayanan dengan waktu pelayanan tertentu mampu melayani pelanggan dengan waktu kedatangan rata-ratanya? Ataukah sistem pelayanannya akan membuat antrian menjadi semakin panjang saja?

Jawaban atas pertanyaan ini bergantung hanya pada perbandingan yang kita sebut ρ , dimana:

$$\rho = \frac{\text{Waktu pelayanan rata-rata}}{\text{Waktu kedatangan rata-rata}} \quad (2.6)$$

Bila $\rho < 1$ berarti sarana fasilitas dapat menangani langganan. Bila $\rho > 1$ berarti sistemnya tidak dapat bekerja dan konsep antrian menjadi tidak berarti. Atau sarana pelayanan harus mampu menangani pelanggan lebih cepat dari kedatangannya.

Besarnya harga ρ yang disebut sebagai faktor penggunaan adalah suatu ukuran (dalam bentuk pecahan) dari waktu penggunaan sarana fasilitas. Jika bila $\rho = 0,7$ maka petugas pelayanan dan peralatannya bekerja selama 70% dari seluruh waktunya. Bila hal ini terjadi pada seorang tukang cukur, dalam 1 hari kerja (8 jam), maka 5,6 jam digunakan untuk mencukur.

2.7.5 Model Biaya Minimum (*Cost Minimization Models*)

Pada beberapa aplikasi sistem antrian sangat mungkin mendesain sistem yang akan meminimumkan biaya per satuan waktu.

Persamaan biaya total per jam:

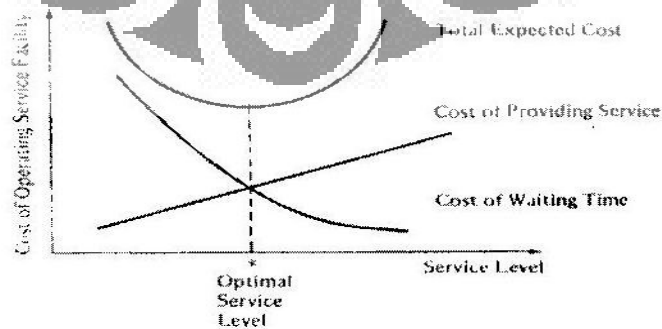
$$TC = SC + WC \quad (2.7)$$

dengan, TC = total biaya per jam

SC = biaya pelayanan per jam

WC = biaya menunggu per jam per pelanggan

Biaya pelayanan akan meningkat ketika perusahaan berusaha meningkatkan pelayanannya. Ketika pelayanan meningkat dalam kecepatan, di sisi lain, biaya waktu yang digunakan untuk menunggu di antrian berkurang. Tingkat pelayanan optimal adalah ketika total biaya jasa yang diharapkan (*total expected cost*) berada pada titik terendah, seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Menentukan tingkat pelayanan optimal berdasarkan total biaya jasa.

Selingan

Evolusi Teori Antrian

Teori antrian mula-mula diperkenalkan oleh insinyur Denmark, A.K. Erlang pada tahun 1909 berdasarkan studinya terhadap fluktuasi permintaan saluran telepon yang berhubungan dengan *automatic dialing equipment*, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Persoalan aslinya Erlang hanya melakukan perhitungan keterlambatan (*delay*) dari seorang operator. Delapan tahun kemudian Erlang menerbitkan bukunya yang berjudul *Solution of Some Problems in The Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchange*. Pada akhir perang dunia kedua, Teori Erlang menjadi menarik dibicarakan dan memperluas penggunaan teori antrian pada permasalahan umum dan aplikasi bisnis. (Sari, 2009).

2.7.6 Notasi Kendall

Notasi Kendall merupakan notasi untuk merinci ciri dari suatu antrian.

Notasinya adalah $(a/b/c) : (d/e/f)$, dimana :

a = menunjukkan pola kedatangan

b = menunjukkan pola pelayanan

c = menyatakan jumlah pelayanan yang ada

d = menandakan disiplin antrian

e = menyatakan kapasitas sistem

f = menyatakan sumber kedatangan dapat berupa tak terbatas maupun terbatas

Berikut diberikan tabel ciri-sistem antrian.

Tabel 2.1 Ciri sistem antrian

| Ciri Antrian | Simbol | Arti |
|---|--------|--|
| Waktu antar kedatangan Atau Waktu pelayanan | M | Markovian (Poisson) atau terdistribusi secara eksponensial |
| | D | Deterministik |
| | E_k | Distribusi Erlang atau gamma |
| | G | Distribusi yang lain |
| Disiplin antrian | FCFS | Pertama masuk, pertama keluar |
| | LCFS | Terakhir masuk, pertama keluar |
| | SIRO | Pelayanan dalam urutan acak |
| | PRI | Urutan prioritas |
| | GD | Disiplin umum (urutan khusus yang lain) |

Contoh: model (M/D/10) : (GD/N/~)

Sistem antrian dengan ciri-ciri kedatangan Poisson (atau waktu antar kedatangan eksponensial), waktu pelayanan konstan, dan 10 server dalam bentuk paralel. Disiplin antrian GD dan kapasitas sistem terbatas sebesar N pelanggan dalam sistem. Ukuran dari sumber kedatangan sangat besar dan tidak mudah diidentifikasi kita katakan sebagai tak terbatas. (Taha, 2003)

2.7.7 Model-Model Antrian (Rosawijaya & Siringoringo, 2004)

Penelitian langsung pada sistem yang ada untuk memahami perilaku dalam berbagai kondisi memang mungkin dilakukan, tetapi pada kenyataannya sistem yang ada ternyata tidaklah sederhana sehingga untuk dapat melakukan penelitian langsung akan memakan biaya yang besar dan tidak praktis. Karena bertujuan untuk mempelajari suatu sistem maka model merupakan representasi ideal suatu sistem untuk menjelaskan perilaku sistem tersebut.

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai pengadaan dan permintaan yang sesuai dengan bentuk model antrian beberapa tahun belakangan ini untuk memahami mengapa ketidakseimbangan antara suplai - permintaan terjadi. Model *double - ended* dengan antrian berhingga berhasil diterbitkan oleh Kendall (1951),

Sasieni (1961), Brant dan Brandt (1999, 2004), Parra dan Gallego (1999), Perry dan Stadje (1999), Zenios (1999), Takahashi dkk (2000), Connolly (2002), dan Mendoza dkk (2009).

Model dapat ditampilkan dengan berbagai cara, oleh karena itu model dibagi atas beberapa jenis yaitu:

a. Sistem M/M/1

Sistem M/M/1 adalah sebuah sistem yang waktu pola kedatangannya memiliki distribusi probabilitas Poisson; pola pelayanannya berdistribusi eksponensial; seorang pelayan; kapasitas sistem tak terbatas; dan disiplin antriannya FIFO.

b. Sistem M/M/s

Sistem M/M/s adalah suatu proses antrian yang memiliki suatu pola kedatangan Poisson dengan ciri-ciri sebagai berikut: jumlah pelayan sebanyak s yang tidak saling bergantung tetapi waktu pelayanan dari masing-masingnya adalah identik mengikuti pola distribusi eksponensial (yang mana tidak bergantung pada keadaan sistem), kapasitasnya berhingga dan disiplin antriannya adalah FIFO.

c. Sistem M/M/1/K

Sistem M/M/1/K dapat menampung paling banyak K pelanggan dalam fasilitas pelayanannya pada saat yang sama. Apabila fasilitas pelayanan ini penuh maka para pelanggan yang datang kemudian akan ditolak dan tidak diperkenankan untuk menunggu di luar.

d. Sistem M/M/s/K

Sistem M/M/s/K adalah suatu sistem dengan ciri-ciri jumlah pelayannya sebanyak s, dan masing-masing memiliki waktu pelayanan identik tetapi tidak saling bergantung yang terdistribusi secara eksponensial (yang mana tak bergantung pada keadaan sistem), kapasitas sistemnya berhingga.

e. Sistem Prioritas Pelayanan

Sistem prioritas pelayanan adalah sistem antrian yang disiplin pelayanannya didasarkan atas suatu sistem prioritas. Dalam kenyataan sehari-hari, banyak sekali situasi yang memenuhi sistem seperti ini, misalnya pada antrian paralel, dalam

antrian ini antrian yang pertama mempunyai prioritas yang pertama untuk dilayani, sedangkan antrian yang kedua mempunyai prioritas yang lebih rendah.

f. Sistem Swalayan

Pada sistem ini jumlah pelayan menjadi tidak terbatas karena setiap pelanggan melayani dirinya sendiri.

g. Antrian Non-Poisson

Model-model antrian dimana proses kedatangan dan/atau keberangkatan tidak mengikuti asumsi Poisson mengarah pada hasil analisis yang sangat kompleks dan kemungkinan lebih sulit ditelusuri. Ditulis dengan notasi “sistem $M/G/s$ dengan M merupakan kedatangan Poisson dengan laju sama, G merupakan distribusi yang general untuk waktu pelayanan, dan huruf s menyatakan jumlah *channel*. Secara umum, penggunaan simulasi sebagai alat analisis dalam kasus-kasus seperti ini sangat disarankan.

2.8 Model-model Simulasi

Model-model simulasi yang ada dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggolongan, antara lain :

a. Model *Stochastic* atau *probabilistic*

Model stokastik adalah model yang menjelaskan kelakuan sistem secara probabilistik; informasi yang masuk adalah secara acak. Model ini kadang-kadang juga disebut sebagai model simulasi Monte Carlo. Di dalam proses *stochastic* sifat-sifat keluaran (*output*) merupakan hasil dari konsep random (acak). Meskipun output yang diperoleh dapat dinyatakan dengan rata-rata, namun kadang-kadang ditunjukkan pula pola penyimpangannya. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakpastian (*uncertainty*) disebut model probabilistic atau model stokastik.

b. Model Deterministik

Pada model ini tidak diperhatikan unsur random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana.

c. Model Dinamik

Model simulasi yang dinamik adalah model yang memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

d. Model Statik

Model statik adalah kebalikan dari model dinamik. Model statik tidak memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada kalau terjadi pada waktu yang berbeda.

5. Model Heuristik

Model heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara coba-coba, kalau dilandasi suatu teori masih bersifat ringan, langkah perubahannya dilakukan berulang-ulang, dan pemilihan langkahnya bebas, sampai diperoleh hasil yang lebih baik, tetapi belum tentu optimal (Subagyo, 2000).

Pada model simulasi menggunakan *software* TORA terdapat beberapa metode di dalam penyelesaian persoalan teknik dan manajemen industri yang termasuk dalam kajian riset operasional (*Operational Research*), seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Layar utama TORA.

Fitur dari analisis antrian (Gambar 2.16) : - Standard Poisson queues

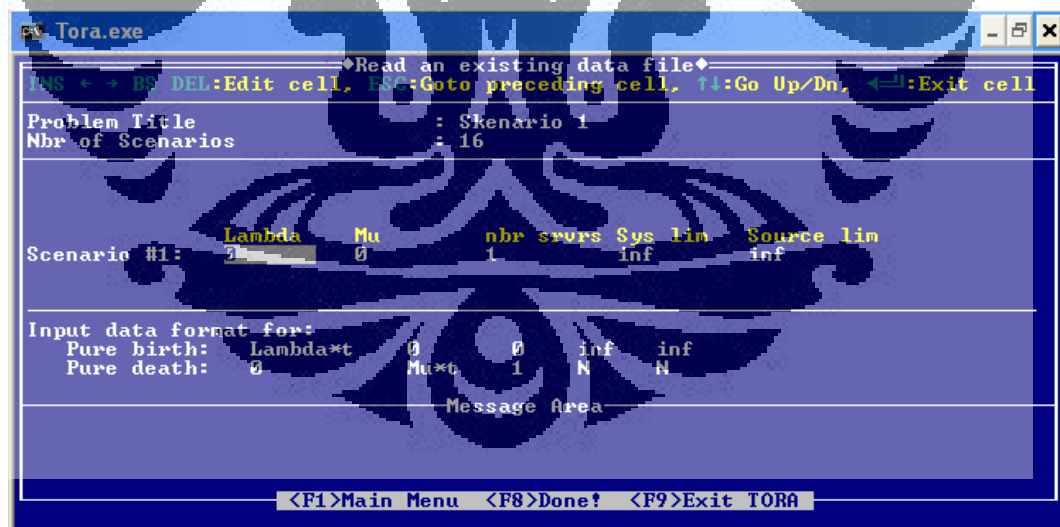
- Pollaczek-Khintchine (P-K) model



Gambar 2.16 Fitur model antrian.

Di dalam fitur ini akan ditampilkan *new problem* yang akan digunakan untuk menggambarkan proses yang kita punya dan *data file* untuk melihat kondisi sistem sesungguhnya berdasarkan variabel-variabel yang telah ditentukan sebelumnya.

Untuk membuat model simulasi dalam TORA terdapat 5 komponen yang harus dimasukkan di dalam model Poisson, seperti pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Data masukan TORA.

1. Lambda : rata-rata jumlah kedatangan per satuan waktu
2. Mu : rata-rata jumlah pelanggan yang dilayani per satuan waktu
3. Number server : jumlah server (pelayan)

4. System limit : tak terbatas maupun terbatas

5. Source limit : tak terbatas maupun terbatas

Di dalam queueing output results akan ditampilkan laporan hasil dari simulasi seperti view output of one scenario, print output of one scenario, view measures of all scenarios dan print measures of all scenarios.

2.9 Teknik-Teknik Performansi

Tiga teknik dasar untuk analisis performansi, yaitu:

- Pengukuran/*Measurements*
Mengumpulkan data eksperimental dari prototype atau sistem eksisting
- Simulasi
Eksperimen dengan model komputer dari sistem
- Analisis → Teori Antrian/*Queueing Theory*
Model analitis dari sistem

Kelebihan teori antrian:

- Cepat
- Aplikasi untuk semua tingkatan dari sistem
- Memungkinkan *tradeoffs* dan sensitivitas untuk dipelajari

Kelemahan teori antrian:

- Mungkin mencakup aproksimasi
- Abstraksi detail
- Perlu waktu untuk mengembangkan model

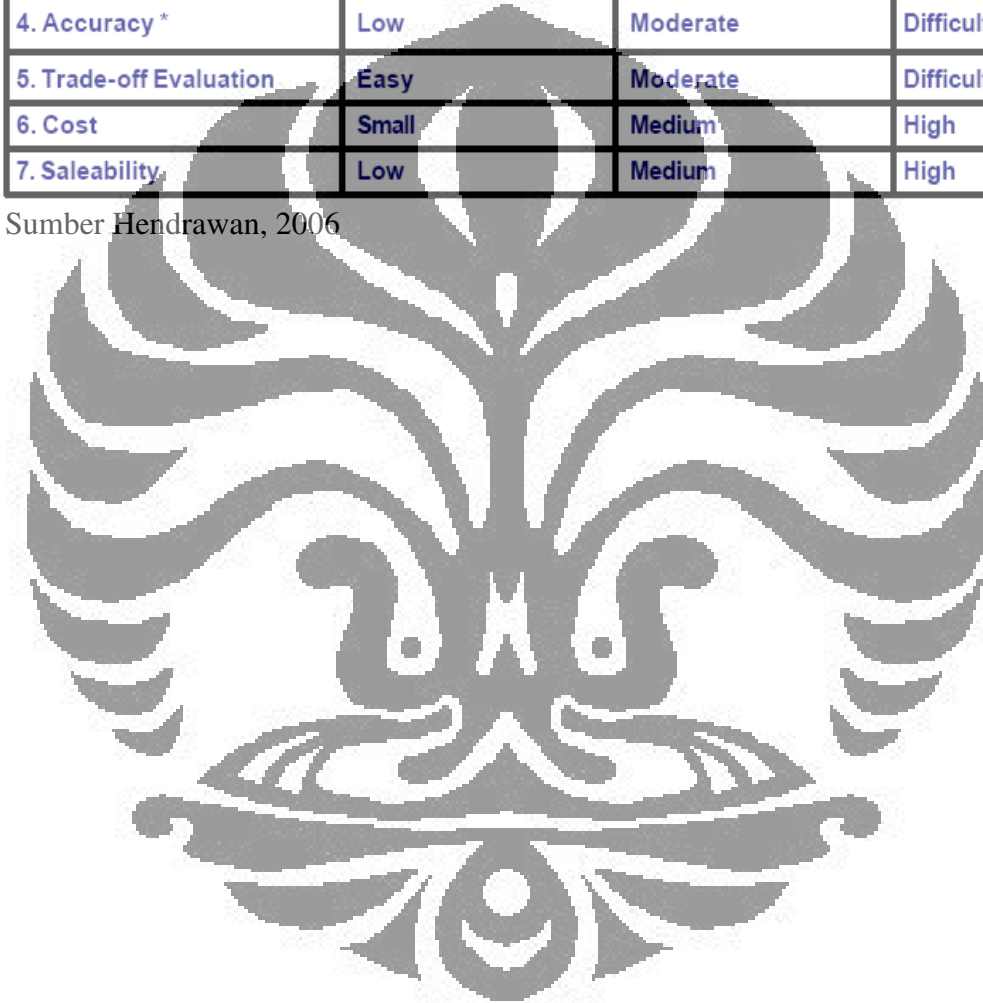
Tiap metode punya rentang aplikabilitas

Perbandingan teknik performansi, diperlihatkan oleh Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Rangkuman jenis-jenis teknik performansi

| Criterion | Analytical Modeling | Simulation | Measurement |
|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| 1. Stage | Any | Any | Post-Prototype |
| 2. Time Required | Small | Medium | Varies |
| 3. Tools | Analysts | Computer Languages | Instrumentation |
| 4. Accuracy * | Low | Moderate | Difficult |
| 5. Trade-off Evaluation | Easy | Moderate | Difficult |
| 6. Cost | Small | Medium | High |
| 7. Saleability | Low | Medium | High |

Sumber Hendrawan, 2006



BAB 3 METODE PENELITIAN

Dalam melakukan optimalisasi *filling point* depot LPG, diperlukan beberapa tahapan proses dan aktivitas yang disusun dalam suatu metode penelitian sebagai berikut.

3.1 Prosedur dan Teknik Penelitian

1. Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan studi pustaka yang menelaah sumber pustaka yang relevan tentang manajemen rantai suplai, teori antrian, model simulasi, kegiatan suplai dan distribusi LPG, pengadaan LPG dan produk gas nasional serta studi kasus yang merupakan aplikasi model simulasi berdasarkan langkah-langkah pemodelan sistem.

2. Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data dalam penyusunan skripsi ini, penulis menggunakan beberapa teknik pengumpulan data yang dianggap tepat guna sesuai dengan kemampuan yang ada untuk mengetahui suatu keadaan atau persoalan dalam rangka pemecahan masalah, yaitu riset lapangan (*field research*). Penelitian ini dilaksanakan dengan mendatangi dan mengadakan penelitian langsung ke depot LPG yang menjadi objek penelitian, dengan maksud untuk mendapatkan data primer dari objek yang diteliti dan menghitung kinerja sistem antrian dengan menggunakan model antrian yang sesuai. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode pengamatan (observasi) dan wawancara. Data diambil secara langsung pada sistem antrian yang ada pada *filling point* di depot LPG. Waktu penelitian dilaksanakan pada periode normal, yaitu tanggal 21 April, 23 April, 28 April, 30 April dan 5 Mei 2010.

3. Pengolahan Data

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengolahan data adalah sebagai berikut:

A. Deskripsi sistem antrian pelanggan di dalam sistem

Untuk memudahkan pemikiran tentang karakteristik-karakteristik model yang dibuat, maka kita harus memahami permasalahan yang ada pada sistem antrian depot LPG Tanjung Priok.

B. Deskripsi data yang diperoleh

Data primer diambil selama 5 hari yang dipilih secara random, berupa data administrasi jumlah kedatangan mobil tangki, laporan tahunan penjualan LPG dan kegiatan operasional Depot Tanjung Priok.

C. Proyeksi kebutuhan LPG

Proyeksi merupakan perkiraan permintaan terhadap masa yang akan datang dalam suatu kurun waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini, periode waktu yang ditetapkan adalah dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2025. Perkiraan laju pertumbuhan kebutuhan LPG di DKI Jakarta dari tahun 2010 hingga tahun 2025 diasumsikan berdasarkan data historis yang cenderung mengalami peningkatan untuk setiap tahun. Pada tahap ini, akan dibuat beberapa skenario yang berdasarkan pada nilai rata-rata dan kondisi pesimis.

D. Analisis Data

Untuk mengetahui distribusi probabilitas kedatangan mobil tangki dan jumlah *filling point*. Pada tahap analisis data digunakan rumus rata-rata hitung untuk menentukan rata-rata jumlah kedatangan mobil tangki dan estimasi penyerahan LPG (Daily of Thruput) untuk menentukan jumlah *filling point*.

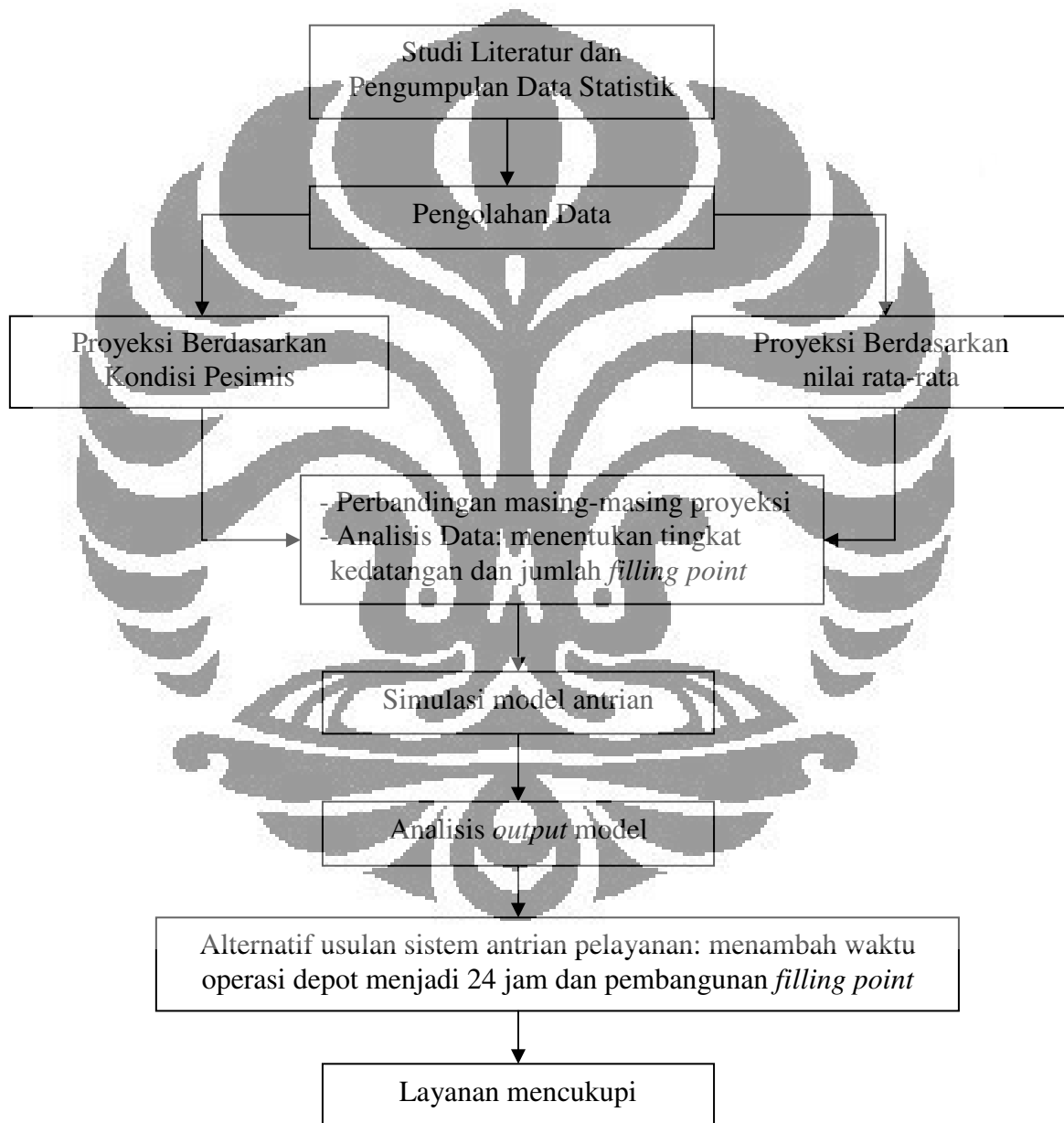
E. Pembentukan model simulasi menggunakan perangkat lunak

Pada tahap inilah kita akan menjalankan model simulasi dengan memasukkan *input* seperti λ , μ , c , kapasitas sistem dan sumber kedatangan yang sesuai dengan situasi nyata. Kesalahan satu *input* saja dapat menyebabkan kesalahan hasil simulasi.

Model disimulasikan selama 16 jam dengan variasi waktu operasi selama 24 jam beserta penambahan *filling point* c.

F. Analisis *output* model simulasi

Analisis *output* model merupakan tahap interpretasi *output* model simulasi. Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka pikir penelitian.

4. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan jawaban dari permasalahan dan tujuan yang disimpulkan berdasarkan hasil analisis *output* yang diperoleh.

Algoritma model antrian dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.

3.2 Diagram Alir Model Simulasi

Situasi antrian tunggal pada antrian depot untuk pelayanan oleh berbagai *filling point* adalah sistem antrian tunggal dengan pelayanan jamak dinotasikan dengan $(M/M/c) : (GD/\sim/-)$. Pada Depot LPG Tanjung Priok, terdapat sebelas fasilitas pelayanan dengan kapasitas sistem tak terbatas. Model antrian ini dapat dipergunakan untuk seluruh masalah antrian yang memiliki karakter sebagai berikut:

- a. Terdapat antrian tunggal yang tak terbatas
- b. Jumlah kedatangan didistribusikan secara Poisson
- c. *Calling population* tak terbatas
- d. Disiplin antrian adalah pertama datang pertama yang dilayani
- e. Terdapat beberapa pelayanan, dan pelanggan yang terdepan pada antrian akan dilayani segera setelah terdapat pelayan/*filling point* yang kosong
- f. Semua *filling point*/pelayanan mempunyai tingkat pelayanan yang sama

Kita sekarang harus menggambarkan beberapa persamaan matematik untuk menganalisa model antrian tunggal dengan pelayanan jamak. Kita mengasumsikan adanya sejumlah c fasilitas pelayanan masing-masing tingkat pelayanan adalah μ dan λ adalah kurang dari $c\mu$. Bila keenam karakter tersebut terpenuhi, maka dapat digunakan formula sebagai berikut:

1. Probabilitas pada sistem dalam keadaan menganggur, yaitu tidak ada pelanggan berada pada sistem, P_0 diberikan oleh $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, seperti:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{c-1} \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^c}{c!(1-\frac{\rho}{c})}}$$

2. Probabilitas bahwa terdapat n pelanggan pada sistem, P diberikan oleh:

$$P_n = P_0 \times \frac{\rho^n}{n!} \text{ untuk } 1 < n \leq c$$

$$P_n = P_0 \times \frac{\rho^n}{c!c^{n-c}} \text{ untuk } n > c$$

Terdapat dua ekspresi berbeda P_n untuk $n < c$, beberapa pelayanan mengganggu dan sistem tidak digunakan sepenuhnya pada kapasitas pelayanan.

3. L_q adalah jumlah pelanggan yang diharapkan dalam antrian, sebagai berikut:

$$L_q = P_0 \times \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)! \times (c-\rho)^2}$$

4. L adalah jumlah pelanggan yang diharapkan pada sistem, sebagai berikut:

$$L = L_q + \rho$$

5. W_q adalah waktu yang diharapkan untuk pelanggan berada dalam antrian dan oleh W waktu yang diharapkan pelanggan berada pada sistem sebagai berikut:

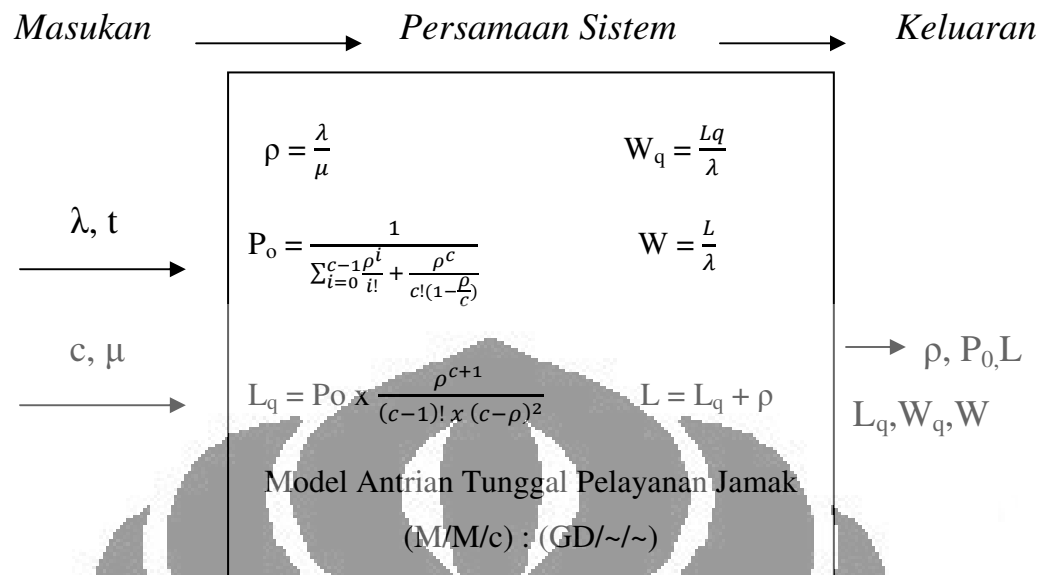
$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}; \quad \text{dan} \quad W = \frac{L}{\lambda}$$

(Amar, 2007)

Kita lalu mempunyai diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Data yang digunakan adalah data sistem antrian di depot LPG Tanjung Priok. Data ini digunakan sebagai *input* model simulasi yang telah dibuat. Hasil yang diperoleh (parameter sistem yang diukur) adalah waktu mengantri truk, utilisasi *filling point*, panjang antrian, jumlah rata-rata truk dalam sistem, dan waktu rata-rata truk dalam sistem, akan digunakan untuk mempelajari kinerja sistem antrian pada situasi nyata.

Tahapan metodologi dapat diterjemahkan di dalam diagram alir informasi dasar dari permasalahan yang dimaksudkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Logika model antrian.

Dalam kasus di sini kita mencoba untuk menyelesaikan masalah antrian yang terjadi di depot untuk keperluan khusus pengisian LPG dengan kapasitas mobil tangki 15.000 kg ke SPPBE. Karena itu, kita perlu mengetahui jumlah rata-rata kedatangan skid tank dan *filling point* (dibahas dalam Bab 4).

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Teknik simulasi merupakan salah satu cara yang lebih baik dalam memecahkan masalah antrian dimana distribusi tingkat kedatangan truk dan tingkat pelayanan terdistribusi secara random. Simulasi dapat menirukan semirip mungkin keadaan yang sebenarnya terjadi dalam sistem antrian.

Berdasarkan simulasi model antrian menggunakan perangkat lunak, akan diperoleh hasil penelitian dan pembahasan. Pada bagian akhir bab ini akan dibahas usulan perbaikan sistem antrian dari fasilitas pelayanan (*filling point*) untuk mengatasi kenaikan konsumsi LPG.

4.1 Sistem Antrian Mobil Tangki di Depot LPG Tanjung Priok

Secara umum sistem antrian pada pengisian LPG di Pertamina Tanjung Priok dapat digambarkan sebagai berikut.

- Mempunyai 11 titik pengisian LPG (*Loading Arm*) yang melayani pengisian LPG mobil tangki. Bentuk fasilitas pelayanan dalam beberapa garis lurus yang antara yang satu dengan yang lain paralel.
- Kapasitas antriannya tak terbatas.
- Sistem antriannya menggunakan disiplin antrian FIFO (*First In First Out*). Mobil tangki yang datang terlebih dahulu akan dilayani terlebih dahulu oleh fasilitas pelayanan. Mobil tangki mengantri dalam bentuk antrian tunggal di fasilitas pelayanan untuk mengisi LPG mereka. Mobil tangki yang ada di barisan terdepan akan datang pada *filling point* yang kosong.
- Mobil tangki (LPG curah dan tabung LPG 3 kilogram) yang datang langsung dicatat oleh petugas depot serta menimbang berat kosong kendaraan. Disinilah mulai diperhitungkan waktu kedatangan truk tangki (truk tangki masuk ke sistem antrian). Semua mobil tangki datang satu per satu bukan secara berombongan.

- Setelah mobil tangki memasuki area tunggu yang disediakan oleh pihak depot, pengemudi mengambil *Loading Order* (LO) di kantor pelayanan administrasi. Baris tunggu ini terjadi di fasilitas bongkar muat LPG. Mobil tangki menunggu sampai giliran dipanggil untuk melakukan pengisian LPG. Tahap ini merupakan waktu yang diperhitungkan sebagai waktu tunggu mobil tangki di dalam sistem. Berdasarkan pengamatan petugas lapangan, waktu tunggu rata-rata mobil tangki di dalam sistem adalah 2 - 3 jam. Lamanya antrian tidak menjadi masalah bagi konsumen (SPPBE dan industri) karena masih wajar dan apabila salah satu unit LPG mengalami kerusakan seperti Kilang Balongan menyebabkan mobil tangki yang biasanya mengisi di Balongan dialihkan mengisi di Depot Tanjung Priok sehingga antrian truk tangki semakin panjang.
- Tahap selanjutnya adalah proses pengisian. Pada tahap ini dicatat waktu yang dibutuhkan sebuah *loading arm* dalam melayani setiap mobil tangki mulai dari pemasangan, pengisian, sampai pelepasan *loading arm*. Waktu pelayanan (pengisian LPG dan penimbangan skid tank) untuk mobil tangki 15 ton adalah 60 menit dengan waktu penyelesaian timbangan memerlukan waktu paling lambat 15 menit dan waktu penyelesaian pengisian paling lambat 30 sampai 60 menit / kapasitas skid tank. Satu pelayan saja (*filling point*) dapat melayani secara tuntas pengisian LPG ke sebuah mobil tangki.
- Setelah proses pengisian selesai, petugas pengisian menimbang hasil pengisian/pembongkaran sesuai dengan *Loading Order* (LO) di rumah timbangan serta pembuatan struk hasil timbangan yang akan diberikan kepada pengemudi, petugas timbangan, dan *gate keeper*. Khusus untuk penyaluran ke industri, petugas pengisi (*filler*) melaksanakan kegiatan perhitungan atas selisih pada penyaluran LPG karena industri membeli LPG dari Pertamina sehingga demikian harus sesuai dengan LO. Selain itu, pengemudi mobil tangki juga mengambil surat pengantar pengiriman

di pintu keluar (portir), kemudian mobil tangki meninggalkan depot (sistem).

- Akhirnya dapatlah kita ringkas tentang kegiatan penyaluran LPG menggunakan skid tank sebagai berikut.

Mobil tangki memasuki depot → menimbang massa mobil tangki kosong → mengantri di area tunggu sambil membuat *Loading Order* (LO) → proses pengisian → keluar dari depot.

- Jumlah kedatangan mobil tangki berubah-ubah (acak) karena permintaan SPPBE disesuaikan dengan alokasi atau jatah yang diberikan Pertamina.
- Untuk dapat menggambarkan sistem antrian di Depot Tanjung Priok digunakan model antrian tunggal pelayanan jamak.

4.2 Deskripsi Data

Untuk menerapkan model antrian dalam perhitungan kinerja sistem antrian, maka terlebih dahulu perlu mengumpulkan data-data antrian yang meliputi waktu pelayanan, waktu operasi depot, jenis (ukuran) truk tangki, banyak titik pengisian (*filling point*), banyak truk yang datang setiap hari, dan sistem antrian pada pengisian LPG ke truk tangki SPPBE. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi distribusi kedatangan dan pelayanan pada sistem.

Adapun data primer dari objek yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Depot Tanjung Priok belum menerapkan sistem otomatis karena masalah alokasi dana. Jadi, kegiatan operasional Depot Tanjung Priok dilakukan dengan sistem manual.
2. Dengan kondisi yang ada saat ini, Depot Tanjung Priok bagian penyaluran LPG mampu beroperasi selama 2 *shift* atau 16 jam (06:00 - 22:00). Untuk bagian penerimaan dan penimbunan beroperasi selama 3 *shift* (24 jam). Sedangkan untuk pengisian tabung LPG 3 kilogram beroperasi selama 12 jam (06:00 - 18:00).

3. Depot Tanjung Priok beroperasi selama 16 jam karena pasokan ke SPPBE sudah terpenuhi sehingga tidak diperlukan untuk beroperasi selama 24 jam penuh.
4. Untuk mengantisipasi kebutuhan LPG selama lebaran, Natal, dan Tahun Baru, Depot Tanjung Priok beroperasi secara penuh selama 24 jam sehari mulai H-7 sampai dengan H+7.
5. Ukuran (jenis) mobil tangki yang digunakan cukup banyak mulai dari kapasitas 1.000 kg sampai dengan kapasitas 20.000 kg. Diantara sekian banyak jenis mobil tangki, yang paling banyak digunakan adalah 2.000 kg (ke industri) dan 15.000 kg (ke SPPBE).
6. Waktu pelayanan (bongkar muat LPG dan penimbangan skid tank) untuk mobil tangki 15 ton adalah $45 + 15 = 60$ menit.
7. Depot Tanjung Priok menyalurkan LPG ke SPPBE khususnya di wilayah JABODETABEK, Jawa Barat dan Lampung.
8. Permintaan SPPBE per hari disesuaikan dengan alokasi atau jatah yang diberikan Pertamina dengan mempertimbangkan cadangan LPG di Depot Tanjung Priok serta kondisi pasokan SPPBE. RENTAL Unit Bisnis Gas Domestik membuat dan memberikan hasil perencanaan penyaluran LPG di depot LPG dan jadwal kedatangan tanker/tongkang dalam bentuk memo/fax. Dengan demikian, proses kedatangan mobil tangki digambarkan sebagai tingkat kedatangan secara acak. Stock (persediaan) LPG yang terdapat dalam tangki-tangki penimbunan dicantumkan dalam Lampiran 6.

Contoh:

Total kapasitas tangki timbun terisi = 8.194,053 MT

Sisa LPG dalam tangki timbun (*Dead Stock*) = 509,385 MT → standar baku

Total penjualan LPG = 7.684,668 MT

9. SPPBE harus mempunyai stock tabung elpiji cukup untuk 1 (satu) hari penyerahan.

10. Terlaksananya penimbunan Elpiji dalam tangki dalam keadaan tepat waktu, tepat mutu dan tepat jumlah serta lancar dan aman menyebabkan tersedianya stock Elpiji yang aman untuk memenuhi kebutuhan konsumen.
11. Ketahanan cadangan LPG sekitar 2 hari tergantung pada suplai yang diterima dari tanker.

4.3 Perbandingan Masing-Masing Proyeksi Permintaan LPG

Ada dua cara proyeksi yang akan kita bahas, yaitu:

- (a) Metode nilai rata-rata (mean)
- (b) Penurunan persentase permintaan LPG

a. Nilai rata-rata

Metode nilai rata-rata yaitu metode proyeksi kuantitatif berdasarkan pada konsep statistika yang dinyatakan dalam mean. Dalam proyeksi permintaan LPG DKI Jakarta dengan menggunakan nilai rata-rata, akan digunakan data historis yang telah ada. Dari data penyerahan LPG Depot Tanjung Priok tahun 2007-2009 diperoleh nilai rata-rata laju pertumbuhan konsumsi.

Dengan menggunakan persamaan selisih permintaan, ΔD (Persamaan 4.1), diperoleh laju pertumbuhan konsumsi LPG pada tahun historis selanjutnya diolah menjadi rata-rata laju pertumbuhan konsumsi LPG. Data rata-rata laju pertumbuhan konsumsi LPG diasumsikan konstan dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2025. Dengan demikian, dari persamaan 2.4 diperoleh proyeksi permintaan LPG dari tahun 2010 hingga tahun 2025.

$$\Delta D = D_n - D_{n-1} \quad (4.1)$$

dengan ΔD = selisih permintaan LPG (ton)

D_n = permintaan LPG pada tahun ke-n (ton)

D_{n-1} = permintaan LPG pada tahun sebelumnya (ton)

Berikut adalah data hasil perhitungan.

Tabel 4.1 Perhitungan pertumbuhan kebutuhan LPG dengan data historis.

| Tahun | D LPG (MT) | ΔD (MT) | % D |
|------------------|------------|---------|--------------|
| 2007 | 554.328 | | |
| 2008 | 613.396 | 59.068 | 10,65 |
| 2009 | 776.517 | 163.121 | 26,59 |
| Rata-rata | | | 18,30 |

Dari Tabel 4.1, dapat dicari nilai laju pertumbuhan konsumsi LPG, % D, yaitu:

$$\% D = \frac{\Delta D}{D_{n-1}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Diketahui % D₂₀₀₈ = 10,65 dan % D₂₀₀₉ = 26,59 sehingga,

$$\% D_{\text{rata-rata}} = \frac{10,65 + 26,59}{2} = 18,3\%$$

Dengan mengingat bahwa,

$$D_n = D_{n-1} + (D_{n-1} \times \% D_{\text{rata-rata}})$$

maka didapat proyeksi permintaan LPG dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2025 seperti diperlihatkan pada Lampiran 4.

Dari hasil perhitungan diatas, kita melihat bahwa laju pertumbuhan kebutuhan LPG di DKI Jakarta diperkirakan sebesar 18,3% per tahun yang diambil berdasarkan laporan tahunan 2007 - 2009 Depot Tanjung Priok.

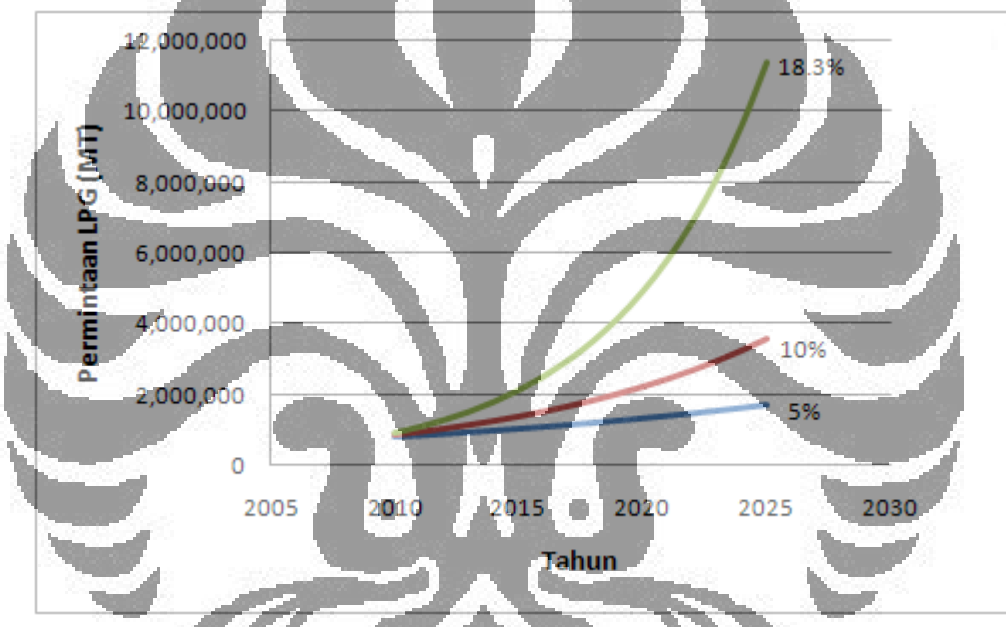
Akhir-akhir ini, Elpiji menjadi lebih dikenal dan dekat dengan masyarakat karena adanya program pemerintah untuk mengkonversi minyak tanah dengan Elpiji, sesuai dengan PP No. 5 tahun 2006 tentang kebijakan Energi Nasional yang ternyata telah menyebabkan peningkatan permintaan LPG secara signifikan.

Di awal kita telah mengasumsikan tidak adanya pengalihan dari LPG ke energi alternatif (gas) selama rentang proyeksi. Hal ini akan mengakibatkan kita masih mengantungkan penggunaan energi kepada LPG dan proyeksi berdasarkan nilai rata-rata yang kita lakukan merupakan proyeksi optimistik, yang ditunjukkan dengan permintaan LPG yang melonjak secara signifikan. Apabila program diversifikasi berhasil, maka dengan sendirinya kenaikan permintaan LPG akan turun karena energi lain tersebut ketidakpastiannya lebih rendah, lebih murah dari LPG dan tersedia di dalam negeri sehingga lebih mandiri.

b. Proyeksi Pesimistik

Dalam cara ini diasumsikan laju pertumbuhan konsumsi tiap tahunnya sebesar 5% dan 10% (lebih rendah dari kondisi optimis) dengan data permintaan LPG tahun 2009 sebagai acuan untuk menghitung permintaan LPG sampai dengan tahun proyeksi yang telah ditentukan (2025). Data hasil perhitungan proyeksi permintaan LPG pada kondisi pesimis ditunjukkan pada Lampiran 4.

Pada Gambar 4.1 ditunjukkan grafik perbandingan permintaan LPG dengan kondisi optimis dan pada kondisi pesimis.



Gambar 4.1 Perbandingan proyeksi permintaan optimistik dan pesimistik.

Dari ketiga skenario diatas, dapat dilihat bahwa peningkatan permintaan LPG yang paling drastis adalah pada kondisi optimis. Kondisi optimis tersebut merupakan proyeksi permintaan LPG yang dihitung menggunakan rumus nilai rata-rata. Pada kondisi ini, jumlah permintaan LPG jauh lebih besar daripada kondisi pesimis.

4.4 Analisis Data

Tahap ini merupakan identifikasi distribusi probabilitas dari pola kedatangan dan jumlah *filling point* dengan menggunakan nilai rata-rata (mean) dan estimasi

penyerahan LPG. Data masukan ini akan digunakan dalam perangkat lunak untuk membuat simulasi model.

1. Rata-rata kedatangan pada tahun 2010

Kedatangan bersifat independen, jadi pendekatan rata-rata kedatangan menggunakan rumus rata-rata hitung. Nilai rata-rata kedatangan ini didekati berdasarkan data administrasi penyerahan LPG kuartal I (Januari - April) 2010 seperti pada Lampiran 3 dengan rata-rata hitung untuk data yang disajikan dalam distribusi secara acak sebagai berikut.

a. Persentase rata-rata mobil tangki 15 ton dari total mobil tangki per hari

- % mobil tangki 15 ton per hari = $\frac{\text{jumlah kedatangan mobil tangki 15 ton}}{\text{total mobil tangki}} \times 100\%$
- % rata-rata mobil tangki 15 ton = $\frac{\sum_{i=1}^n \% \text{ mobil tangki 15 ton per hari}}{n}$

b. Nilai rata-rata mobil tangki datang per hari

- Rata-rata mobil tangki datang per hari = $\frac{x_1+x_2+x_3+x_4}{n}$

dengan: x_i = total mobil tangki datang per bulan

n = total hari selama bulan Januari - April.

c. Nilai rata-rata kedatangan mobil tangki 15 ton per hari

- Rata-rata mobil tangki 15 ton datang per hari
% rata-rata mobil tangki 15 ton x rata-rata mobil tangki datang per hari

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata kedatangan mobil tangki 15 ton sebagai berikut.

Tabel 4.2 Perhitungan rata-rata jumlah kedatangan truk per hari pada tahun 2010

| Parameter | Nilai |
|--|-------|
| Rata-rata mobil tangki per hari | 99 |
| % rata-rata mobil tangki 15 ton per hari | 90 |
| Nilai rata-rata kedatangan mobil tangki 15 ton | 89 |

Jadi, rata-rata jumlah kedatangan per hari adalah 89 mobil tangki.

2. Rata-rata kedatangan dari tahun 2011 sampai 2025

Sesuai dengan anggapan bahwa laju konsumsi LPG per tahun sama dengan laju pertumbuhan mobil tangki, maka kita dapat menghitung rata-rata kedatangan selama rentang proyeksi dengan menggunakan hubungan permintaan LPG dan rata-rata kedatangan mobil tangki. Ketika kita analogikan proyeksi permintaan

$D_n = D_{n-1} + (D_{n-1} \times \% D_{rata-rata})$ dengan jumlah rata-rata kedatangan mobil tangki (lihat kembali persamaan 2.4) kita peroleh:

$$\lambda_n = \lambda_{n-1} + (\lambda_{n-1} \times \% D_{rata-rata}) \quad (4.3)$$

dengan,

λ_n = rata-rata kedatangan tahun ke-n

λ_{n-1} = rata-rata kedatangan tahun ke-n-1

$\% D_{rata-rata}$ = laju pertumbuhan konsumsi LPG = laju pertumbuhan mobil tangki

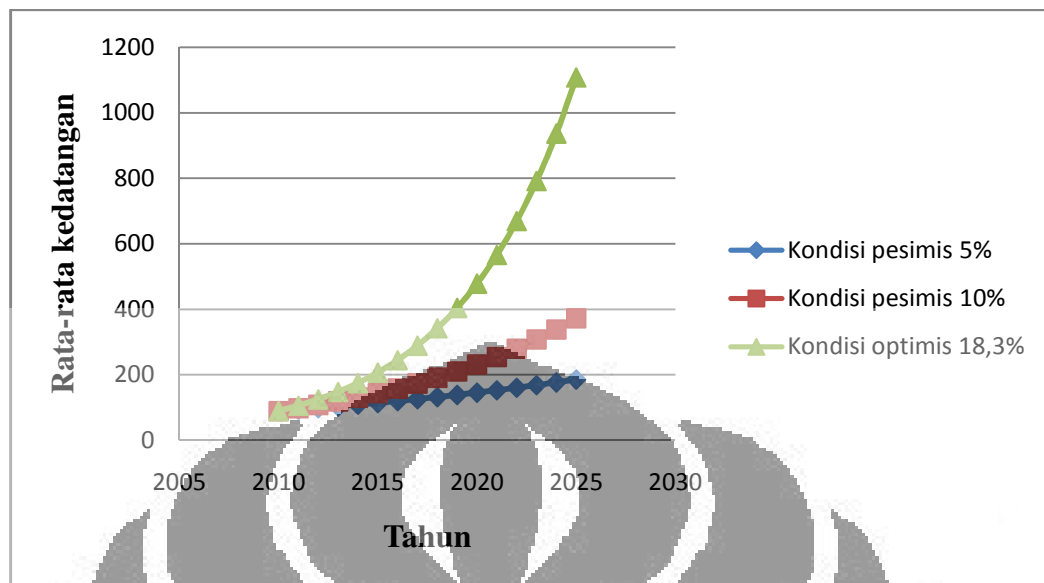
Persamaan (4.3) menyatakan bahwa rata-rata jumlah kedatangan mobil tangki hanya bergantung pada permintaan LPG. Makin besar permintaan LPG di kota Jakarta dan sekitarnya, makin besar rata-rata jumlah kedatangan mobil tangki.

Dari hasil perhitungan dan asumsi pertumbuhan konsumsi LPG diketahui:

$\% D_{rata-rata} = 5\%, 10\%, \text{ dan } 18,3\%$

Jumlah rata-rata kedatangan mobil tangki (pada tahun 2010) = 89

Maka kita dapat menghitung rata-rata kedatangan mobil tangki antara tahun 2011-2025, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perbandingan rata-rata jumlah kedatangan pada kondisi optimistik dan pesimistik.

Data hasil perhitungan proyeksi kedatangan mobil tangki dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. Perhitungan jumlah *filling point* khusus untuk pengisian LPG ke jenis kemasan skid tank 15.000 kg

Diketahui :

Daily of Thruput : 2.300 MT/hari

Jumlah server (*filling point*) aktual : 11

Ukuran skid tank yang digunakan oleh SPPBE : 15.000 kg

Rata-rata kedatangan skid tank : 89

- a. Mencari jumlah penyerahan LPG ke SPPBE

$$\begin{aligned} \text{Jumlah (kg) penyerahan LPG ke SPPBE} &= 89 \times 15.000 \text{ kg} \\ &= 1.335.000 \text{ kg} \\ &= 1.335 \text{ MT} \end{aligned}$$

$$\% \text{ penyerahan LPG ke SPPBE} = \frac{1.335 \text{ MT}}{2.300 \text{ MT}} \times 100\% = 58\%$$

$$\% \text{ penyerahan LPG ke industri} = \frac{965 \text{ MT}}{2.300 \text{ MT}} \times 100\% = 42\%$$

Sebagai tambahan, pengiriman LPG ke industri dapat dilakukan menggunakan Tanker/Tongkang dan skid tank.

- b. Mencari jumlah *filling point* untuk keperluan khusus pengisian LPG ke skid tank 15.000 kg

$$1 \text{ filling point dapat melakukan penyerahan LPG} = \frac{2.300 \text{ MT}}{11} \\ = 209 \text{ MT}$$

Jumlah *filling point* yang khusus melayani skid tank 15.000 kg =

$$\frac{1.335 \text{ MT}}{209 \text{ MT per filling point}} = 6 \text{ filling point}$$

Dengan menganggap Depot Tanjung Priok khusus melayani konsumen SPPBE, kita peroleh 6 *filling point* yang beroperasi untuk melayani pengisian LPG ke kemasan skid tank 15.000 kg. Kita anggap bahwa pada saat ini Depot Tanjung Priok memiliki 6 titik *filling point* LPG mobil tangki. Oleh karena itu, jumlah pelayanan untuk model antrian berbeda dengan jumlah pelayanan aktual karena adanya asumsi di dalam pembentukan model simulasi. Jumlah *filling point* pada tahun 2010 tersebut (6 unit) akan digunakan sebagai dasar perhitungan jumlah *filling point* untuk 15 tahun ke depan.

Dengan memasukkan data yaitu $\lambda = 89$ skid tank per 16 jam kerja, $\mu = \frac{16 \text{ jam}}{1 \text{ jam}} = 16$ pengisian ke skid tank per *filling point* per 16 jam kerja, $c = 6$ *filling point*, kapasitas sistem = ∞ , dan sumber kedatangan = \sim akan diperoleh hasil simulasi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil simulasi 6 *filling point* dengan waktu operasi 16 jam

| Tahun | Parameter yang diukur | | | | | | |
|-------|-----------------------|-------|--------|-------|-------------|-------|---------|
| | λ | μ | ρ | L_q | W_q (jam) | L | W (jam) |
| 2010 | 89 | 16 | 5,56 | 10,26 | 2 | 15,82 | 3 |

Menurut tabel diatas waktu mobil tangki menunggu di dalam antrian, W_q adalah 2 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil simulasi (W_q) sesuai dengan W_q pada situasi nyata (2-3 jam).

Pada subbab 4.6, nilai W_q pada situasi nyata yang merupakan batas kewajaran mobil tangki menunggu di dalam antrian akan digunakan sebagai ukuran dalam menentukan jumlah penambahan *filling point*.

4.5 Pembahasan Hasil Simulasi Model Antrian

Dari Tabel 4.3, kita melihat sebagai berikut :

1. Berdasarkan ketiga skenario yang telah dibuat, Jumlah rata-rata mobil tangki dalam sistem adalah 15,82 dan waktu rata-rata mobil tangki dalam sistem selama 3 jam. Penggunaan 6 *filling point* akan memuaskan pelanggan (SPPBE) karena waktu mengantri hanya 2 jam. Waktu ini masih dalam batas kewajaran bagi pelanggan, bahkan dalam aktual dapat dikatakan mobil tangki perlu menunggu sekitar 2-3 jam. Di lain pihak, fasilitas pelayanan (*filling point*) tidak banyak menganggur terlihat dari jumlah *filling point* yang sibuk melayani mobil tangki sebesar 5,56 menjadikan sistem pelayanan efisien dari segi waktu dan biaya.
2. Jumlah mobil tangki yang menunggu dalam antrian adalah 10,26 pada kasus antrian tunggal, 6 pelayanan. Kita dapat menyimpulkan bahwa antrian yang terjadi tidak terlalu panjang.

4.6 Alternatif Pemecahan Masalah

Pada perhitungan sebelumnya, apabila waktu operasi 16 jam maka kondisi kritis terjadi pada tahun 2011. Jika Depot Tanjung Priok tetap beroperasi seperti biasa, 16 jam, untuk 15 tahun ke depan, maka pasokan LPG ke SPPBE sering terkendala sehingga dikhawatirkan terjadinya kelangkaan dan harganya yang terus melambung.

Berdasarkan masalah diatas, maka diperlukan peningkatan pelayanan yang merupakan suatu keharusan dalam rangka mengantisipasi peningkatan permintaan LPG melalui dua solusi yang ditawarkan, yaitu:

- (a) Penambahan jam operasi depot menjadi 24 jam,
- (b) Penambahan sarana pelayanan (*filling point*).

a. Penambahan jam operasi menjadi 24 jam

Dalam peningkatan pelayanan distribusi LPG ke SPPBE, simulasi dilanjutkan dengan perubahan waktu operasi depot menjadi 24 jam sehari yang akan menyebabkan layanan/*service* yang tersedia mencukupi permintaan/*demand*, yaitu sampai dengan tahun:

- (a) 2018 untuk kondisi pesimis pertumbuhan konsumsi 5% per tahun,
- (b) 2014 untuk kondisi pesimis pertumbuhan konsumsi 10% per tahun,
- (c) 2012 untuk kondisi optimis pertumbuhan konsumsi 18,3% per tahun.

Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh, maka kita menganalisis hasilnya sebagai berikut.

1. Utilitas di Masing-Masing Skenario

Utilitas (faktor penggunaan) adalah ekspektasi perbandingan dari waktu sibuk para pelayan, $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$. Dalam sistem ini nilai ρ harus kurang dari jumlah pelayan (*filling point*) pada sistem antrian. Nilai ρ menunjukkan jumlah *filling point* yang sibuk dimana unit layanan (*filling point*) sedang melayani mobil tangki. Utilitas untuk masing-masing skenario dapat dilihat dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Output Utilitas

| Skenario | Tahun | Utilitas |
|-------------------------|-------|----------|
| I: Kondisi Pesimis 5% | 2011 | 3,875 |
| | 2012 | 4,083 |
| | 2013 | 4,29 |
| | 2014 | 4,5 |
| | 2015 | 4,75 |
| | 2016 | 4,96 |
| | 2017 | 5,21 |
| | 2018 | 5,5 |
| II: Kondisi Pesimis 10% | 2011 | 4,1 |
| | 2012 | 4,5 |
| | 2013 | 4,92 |
| | 2014 | 5,42 |
| III: Kondisi Optimis | 2011 | 4,375 |
| | 2012 | 5,21 |

Dari Tabel 4.4, nilai utilitas yang paling besar pada skenario pertama terjadi di tahun 2018 yaitu sebesar 5,5. Utilitas yang paling besar pada skenario kedua dan ketiga terjadi di tahun 2014 dan 2012 sebesar 5,42 dan 5,21. Dengan demikian, di ketiga skenario terjadi kesibukan pelayanan yang terlalu besar yaitu mencapai 92%.

Padahal kondisi layanan tidak mencukupi karena permintaan melebihi kapasitas layanan yang tersedia (disebut kondisi kritis) mulai terjadi pada tahun 2019 pada skenario pertama, tahun 2015 pada skenario kedua, dan tahun 2013 pada skenario ketiga ditunjukkan dengan nilai ρ yang lebih besar dari jumlah *filling point* yang tersedia. Semakin besar pertumbuhan permintaan LPG semakin cepat terjadinya kondisi kritis sehingga diperlukan penambahan fasilitas pelayanan pada masa mendatang. Akibatnya, perangkat lunak menjadi tidak berfungsi karena nilai ρ diatas banyaknya *filling point* dalam sistem, sedangkan jumlah *filling point*nya hanya ada 6.

Tampak bahwa nilai utilitas terbesar terjadi pada tahun 2018, 2014, dan 2012 hal ini sebanding dengan laju rata-rata kedatangan mobil tangki pada tahun tersebut yang cukup besar. Jadi semakin besar laju kedatangan mobil tangki semakin besar pula nilai utilitasnya. Dari Tabel 4.5, untuk skenario pertama, kedua, dan ketiga terlihat rata-rata waktu tunggu terlama terjadi pada tahun 2018, 2014, dan 2012, pada Tabel 4.6, rata-rata antrian terpanjang terjadi pada tahun 2018, 2014, dan 2012 begitu pula utilitas yang paling sibuk terjadi pada tahun 2018, 2014, dan 2012. Hal ini disebabkan karena waktu tunggu dan panjang antrian berbanding lurus dengan utilitas. Jadi semakin lama waktu tunggu mobil tangki dan semakin panjang antrian maka semakin kecil pula waktu menganggur pelayan (*idle*).

2. Waktu Tunggu Mobil tangki

Waktu tunggu yang dihabiskan mobil tangki dalam sistem antrian yang ada pada Depot LPG Tanjung Priok adalah ketika mobil tangki berada dalam baris tunggu setelah mengambil *loading order* (LO) hingga mulai dilayani oleh *filling point*.

Waktu tunggu di fasilitas pelayanan yang diperoleh dari hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Output* Waktu Tunggu (Satuan Jam)

| Skenario | Tahun | Waktu Tunggu |
|-------------------------|-------|--------------|
| I: Kondisi Pesimis 5% | 2011 | 0,12 |
| | 2012 | 0,17 |
| | 2013 | 0,22 |
| | 2014 | 0,29 |
| | 2015 | 0,41 |
| | 2016 | 0,55 |
| | 2017 | 0,84 |
| | 2018 | 1,42 |
| II: Kondisi Pesimis 10% | 2011 | 0,17 |
| | 2012 | 0,29 |
| | 2013 | 0,5 |
| | 2014 | 1,3 |
| III: Kondisi Optimis | 2011 | 0,24 |
| | 2012 | 0,84 |

Berdasarkan Tabel 4.5, rata-rata waktu tunggu terlama pada skenario pertama terjadi di tahun 2018 yaitu sebesar 1,42 jam. Pada skenario kedua waktu tunggu terlama terjadi di tahun 2014 yaitu sebesar 1,3 jam dan pada skenario ketiga waktu tunggu terlama mencapai 0,84 jam di tahun 2012. Hal ini disebabkan karena pada tahun tersebut terjadi penumpukan mobil tangki yang cukup padat. Umumnya semakin banyak mobil tangki yang datang semakin lama waktu menunggu di dalam antrian.

3. Panjang Antrian di Masing-Masing Skenario

Panjang antrian di fasilitas pelayanan Depot LPG Tanjung Priok ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Output Panjang Antrian (Satuan Mobil Tangki)

| Skenario | Tahun | Panjang Antrian |
|-------------------------|-------|-----------------|
| I: Kondisi Pesimis 5% | 2011 | 0,465 |
| | 2012 | 0,651 |
| | 2013 | 0,907 |
| | 2014 | 1,265 |
| | 2015 | 1,904 |
| | 2016 | 2,726 |
| | 2017 | 4,374 |
| II: Kondisi Pesimis 10% | 2011 | 0,651 |
| | 2012 | 1,265 |
| | 2013 | 2,532 |
| | 2014 | 6,935 |
| III: Kondisi Optimis | 2011 | 1,036 |
| | 2012 | 4,374 |

Waktu tunggu yang cukup lama disebabkan terjadinya antrian yang panjang. Dari Tabel 4.5, waktu tunggu maksimum pada skenario pertama terjadi di tahun 2018 yaitu mencapai 1,42 jam, hal ini disebabkan karena di tahun 2018 terjadi antrian yang paling panjang dibanding tahun-tahun sebelumnya yaitu sebanyak 7,697 ~ 8 mobil tangki. Begitu pula yang terjadi pada skenario kedua, waktu tunggu maksimum terjadi di tahun 2014 yaitu mencapai 1,3 jam, hal ini sejalan dengan antrian terpanjang yang terjadi di tahun 2014 yaitu sebanyak 6,935 ~ 7 mobil tangki. Panjang antrian yang terjadi pada skenario ketiga dapat mencapai 1 sampai 4 mobil tangki. Kecenderungan yang sama juga dapat ditunjukkan untuk waktu total yang dihabiskan dalam sistem.

4. Waktu Total di Dalam Sistem

Waktu total adalah waktu keseluruhan yang dihabiskan mobil tangki di dalam sistem antrian. Waktu total yang dihabiskan mobil tangki di dalam sistem antrian pengisian LPG di Depot LPG Tanjung Priok dihitung sejak pelanggan mengambil *loading order* (LO), menunggu dalam baris tunggu sampai selesai dilayani oleh *filling point*.

Waktu total yang dihabiskan mobil tangki di dalam sistem antrian yang diperoleh dari hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Output Waktu Total Mobil Tangki (Satuan Jam)

| Skenario | Tahun | Waktu Total |
|-------------------------|-------|-------------|
| I: Kondisi Pesimis 5% | 2011 | 1,12 |
| | 2012 | 1,15 |
| | 2013 | 1,2 |
| | 2014 | 1,27 |
| | 2015 | 1,39 |
| | 2016 | 1,56 |
| | 2017 | 1,84 |
| | 2018 | 2,4 |
| II: Kondisi Pesimis 10% | 2011 | 1,15 |
| | 2012 | 1,27 |
| | 2013 | 1,51 |
| | 2014 | 2,28 |
| III: Kondisi Optimis | 2011 | 1,24 |
| | 2012 | 1,84 |

Berdasarkan Tabel 4.7, waktu total yang paling lama dihabiskan mobil tangki dalam sistem antrian pengisian LPG di Depot Tanjung Priok mencapai 2,4 jam pada skenario pertama, 2,28 jam pada skenario kedua, dan 1,84 jam pada skenario ketiga. Hal ini disebabkan karena adanya penumpukan mobil tangki yang cukup padat dibandingkan tahun-tahun sebelumnya.

5. Kelakuan Pelanggan

Berdasarkan Kepmen ESDM No.1375/10/MEM/2007, penanganan LPG dilaksanakan oleh PT Pertamina (Persero) mulai dari pengadaan sampai ke pemasaran/pemakai di seluruh Indonesia. Posisi Pertamina dalam industri LPG adalah sebagai *monopolist*, mengingat dalam industri ini beberapa pesaing Pertamina belum memiliki peran yang signifikan bahkan terkesan menjadi bagian dari Pertamina. Dengan posisi seperti inilah maka Pertamina tidak akan kehilangan pelanggan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya mobil tangki yang mengantri di depot LPG bahkan para pengemudi angkutan LPG tetap bertahan selama beberapa hari di halaman depot. Jadi, kelakuan para pengemudi truk itu kita identifikasi

sebagai pelanggan sabar dengan menunggu selamanya. Akan tetapi antrian panjang truk tangki memicu kelangkaan LPG dan biasanya Pertamina mengoperasikan depot selama 24 jam penuh untuk menjamin kelancaran pasokan LPG.

6. Mari kita tinjau hasil yang diperoleh untuk simulasi dengan waktu operasi selama 20 jam (lanjutan dari waktu operasi 16 jam). Kondisi kritis dicapai pada tahun 2016 untuk skenario pertama, tahun 2013 untuk skenario kedua, dan tahun 2012 untuk skenario ketiga. Ini berarti layanan tidak lagi mencukupi sehingga menyebabkan bertambahnya waktu operasi menjadi 24 jam. Dengan demikian, perubahan jam operasi dilakukan secara bertahap mulai dari 16 jam kemudian ditambah menjadi 20 jam dan akhirnya menjadi 24 jam sehari. Hasil simulasinya mirip seperti pada hasil simulasi sebelumnya di mana perubahan jam operasi dilakukan secara langsung dari 16 jam menjadi 24 jam. Karena μ berbanding lurus dengan waktu operasi, yaitu untuk 20 jam, $\mu = 20$ pengisian ke skid tank per *filling point* per 20 jam kerja sedangkan untuk 24 jam, $\mu = 24$ pengisian ke skid tank per *filling point* per 24 jam kerja maka parameter sistem yang diukur akan berbeda pada kedua simulasi tersebut. Kita tidak akan membahas waktu operasi 20 jam secara detail sebab di awal hanya mengusulkan waktu operasi 24 jam.

b. Penambahan sarana pelayanan (*filling point*)

Telah kita ketahui bahwa perubahan jam operasi depot menjadi 24 jam akan menyebabkan layanan yang tersedia mencukupi permintaan sampai dengan tahun 2012 pada kondisi optimis dan tahun 2014 serta 2018 pada kondisi pesimis. Tampak bahwa kondisi kritis akan terjadi pada tahun 2013 (kondisi optimis), 2015 dan 2019 (kondisi pesimis). Disebut kondisi kritis karena pada kondisi ini layanan tidak mencukupi karena permintaan melebihi kapasitas layanan yang tersedia. Karena itu, kita akan menghitung penambahan *filling point* ini supaya pelayanan yang diberikan lebih baik.

Penambahan *filling point* dilakukan secara bertahap mulai dari tahun kritis sampai dengan tahun 2025. Perbandingan usulan penambahan *filling point* di Depot Tanjung Priok berdasarkan ketiga skenario, dengan persyaratan waktu mengantri

yang paling lama (batas kewajaran) adalah 2-3 jam atau waktu mengantri mobil tangki yang diperoleh dari simulasi tidak melampaui batas kewajaran, dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.8 Perbandingan penambahan *filling point* LPG

| Tahun | Penambahan Unit <i>Filling Point</i> | | |
|-------|--------------------------------------|-------------|--------------|
| | Skenario I | Skenario II | Skenario III |
| 2010 | | | |
| 2011 | | | |
| 2012 | | | |
| 2013 | | | 1 |
| 2014 | | | 1 |
| 2015 | | 1 | 1 |
| 2016 | | | 2 |
| 2017 | | 1 | 2 |
| 2018 | | 1 | 2 |
| 2019 | 1 | 1 | 3 |
| 2020 | | | 3 |
| 2021 | | 1 | 3 |
| 2022 | | 2 | 5 |
| 2023 | 1 | 1 | 5 |
| 2024 | | 1 | 6 |
| 2025 | | 1 | 7 |

Pengembangan infrastruktur tersebut akan mengurangi waktu mobil tangki untuk menunggu yang berdasarkan tingkat aspirasi yang diinginkan pelanggan akan waktu tunggu dalam antrian. Berdasarkan Tabel 4.8, usulan penambahan *filling point* sangat besar dengan pembangunan 41 *filling point* dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2025 pada skenario ketiga. Hal tersebut dapat terjadi untuk melayani permintaan LPG yang melonjak secara signifikan. Di sisi lain, dana yang akan dikeluarkan akan sangat besar sekali karena adanya penambahan *filling point*, ruangan, dan peralatan. Sedangkan untuk skenario pertama hanya membangun 2 unit *filling point* dan untuk skenario kedua diperlukan pembangunan 10 unit *filling point*. Akhirnya dapat kita nyatakan hubungan antara permintaan LPG dan penambahan *filling point* sebagai berikut: makin tinggi jumlah permintaan LPG makin besar juga *filling point* yang diperlukan.

Penambahan 2 unit *filling point* pada skenario pertama masih memungkinkan dibangun di Depot Tanjung Priok dengan cara merenovasi bangsal pengisian LPG curah. Usulan penambahan *filling point* pada skenario kedua dan ketiga yaitu sebesar 10 dan 41 unit *filling point* dapat diartikan sebagai rencana pembangunan infrastruktur Depot LPG yang baru dalam rangka *security of supply* bagi konsumen untuk jangka menengah dan panjang. Mengingat kondisi kawasan Tanjung Priok pada saat ini sudah ideal (*full capacity*) maka perlu dipertimbangkan alternatif lokasi pembangunan terminal baru.

Ditinjau secara manajerial, usulan dari penelitian ini merupakan salah satu dari banyak alternatif dalam memecahkan masalah antrian yang terjadi di depot dan sebagai tolak ukur dalam proses pengambilan keputusan. Kita tentunya berharap agar PT Pertamina (Persero) lebih meningkatkan pelayanan LPG yang makin meningkat permintaannya.

Kita telah melihat gambaran umum sistem antrian pada Depot LPG Tanjung Priok beserta usulan sistem pelayanan yang terdiri dari penambahan jam operasi dan *filling point*. Dari rumus model antrian dengan bantuan perangkat lunak, diperoleh hasil model simulasi antrian berdasarkan ketiga skenario yang telah dibahas diatas, seperti pada Lampiran 8.

4.7 Analisis Kesalahan (*error*)

Model antrian yang telah kita jabarkan disini memberikan informasi menurut sistem yang berlaku, utilisasi *filling point*, panjang rata-rata dari antrian dan jumlah rata-rata truk dalam sistem, rata-rata waktu penantian dan rata-rata waktu yang dihabiskan dalam suatu sistem antrian bila rata-rata kedatangan dan waktu pelayanan terdistribusi secara acak.

Meskipun demikian masih terdapat beberapa keadaan yang terdapat pada kehidupan nyata dimana nilai asumsi yang dibuat dalam model-model diatas tidak berlaku sehingga timbul kendala dalam hasil penyelesaian permasalahan antrian yang berupa penyimpangan (*error*). Untuk keadaan yang demikian kita melakukan analisis kesalahan sebagai berikut.

- a. *Input* data lambda dalam penelitian ini adalah jumlah kedatangan mobil tangki 2 ton dan 15 ton yang kemudian diolah menjadi jenis 15 ton. Padahal dalam keadaan nyata, *input* sistem bukan hanya satu jenis (15 ton) melainkan mobil tangki dari ukuran 1 ton sampai 20 ton. Hal ini dilakukan karena model antrian yang digunakan tidak dapat menunjang keadaan *input* yang bervariasi.
- b. Penyimpangan atau kesalahan yang terjadi karena kajian karakteristik sistem yang nyata tidak dilakukan secara rinci dengan pertimbangan menghemat waktu.
- c. Pertumbuhan konsumsi di Jakarta dan sekitarnya diasumsikan konstan selama rentang proyeksi padahal dalam kenyataannya pasti ada fluktuasi pertumbuhan konsumsi.
- d. Faktor ketidakpastian (*randomize*) dalam sistem antrian LPG, seperti kebutuhan konsumen meningkat saat Lebaran, Natal, dan Tahun Baru. Secara matematis adanya unsur ketidakpastian permintaan (permintaan yang mendadak) juga sangat berpengaruh terhadap jumlah mobil tangki yang datang ke depot. Di samping itu, kita mengasumsikan kebutuhan konsumen konstan selama setahun padahal dalam kehidupan nyata tidak demikian. Jadi, perbedaan keadaan antara teknik simulasi dengan kehidupan nyata akan mempengaruhi pengukuran dari karakteristik sistem antrian.
- e. Pengetahuan lanjut mengenai teori antrian dalam kaitannya dengan sistem pelayanan LPG harus dipelajari dan disesuaikan dengan kondisi sistem antrian untuk meminimisasi kesalahan.
- f. Model di atas mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi lebih kompleks dengan tujuan untuk menjawab berbagai permasalahan pada sistem antrian pengisian LPG.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi antrian pada pengisian LPG di Depot Tanjung Priok yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa :

1. Proyeksi permintaan LPG pesimistik pada skenario pertama dan kedua dengan asumsi laju pertumbuhan konsumsi sebesar 5% dan 10% per tahun untuk tahun 2025 adalah 1.695.039 MT dan 3.568.075 MT. Sedangkan kondisi optimis pada skenario ketiga dengan proyeksi permintaan LPG untuk tahun 2025 adalah 11.407.593 MT.
2. Secara keseluruhan parameter sistem yang diukur (utilisasi *filling point*, waktu tunggu, panjang antrian dan waktu total) menunjukkan kenaikan setiap tahunnya seiring dengan makin besarnya tingkat kedatangan sehingga dalam jangka panjang akan menyebabkan penumpukan.
3. Hasil yang diperoleh untuk simulasi 6 *filling point* dengan waktu operasi 16 jam, waktu tunggu sebesar 2 jam, panjang antrian sebanyak 10,26 truk, waktu total yang dihabiskan truk di dalam sistem antrian sebesar 3 jam dan utilitas mencapai 5,56 sehingga kondisi kritis dicapai pada tahun 2011.
4. Jika waktu operasi selama 24 jam sehari, maka kondisi kritis yaitu kondisi layanan tidak mencukupi karena permintaan melebihi kapasitas layanan yang tersedia akan dicapai pada tahun 2019 untuk skenario pertama (laju pertumbuhan konsumsi 5%), tahun 2015 untuk skenario kedua (laju pertumbuhan konsumsi 10%) dan tahun 2013 untuk skenario ketiga (kondisi optimis).
5. Infrastruktur LPG yang diperlukan untuk skenario pertama (laju pertumbuhan konsumsi 5%), kedua (laju pertumbuhan konsumsi 10%) dan ketiga (kondisi optimis) masing-masing adalah 2 unit *filling point*, 10 unit *filling point* dan 41 unit *filling point*.

6. Biaya investasi pembangunan *filling point* untuk kondisi optimis lebih besar daripada kedua skenario lainnya karena pada kondisi optimis ini pengembangan infrastrukturnya sangat pesat dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2025. Oleh karena itu, untuk memenuhi permintaan LPG yang meningkat pesat diperlukan biaya yang sangat besar.

5.2 Saran

Beberapa saran dan masukan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan ini yaitu sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini belum mempertimbangkan pelayanan bagi konsumen industri. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut yang memperhitungkan pengisian LPG ke mobil tangki industri dengan kapasitas tangki yang bervariasi tidak hanya untuk kapasitas 15.000 kg.
2. Sistem antrian yang ada di Depot LPG Tanjung Priok sudah cukup baik sampai saat ini terlihat dari kebutuhan LPG yang masih dapat terpenuhi. Oleh karena itu sistem antrian yang sudah ada perlu dipertahankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *LPG*. (2009, Januari). <http://www.wikipedia.org>
- Anonim. *Pelabuhan Tanjung Priok*. (2009, Desember). <http://www.wikipedia.org>
- Anonim. 2009. *Background Paper : Analisis Kebijakan Persaingan dalam Industri LPG Indonesia*. Komisi Pengawas Persaingan Usaha Republik Indonesia.
- Anonim. (2009). *Buku Panduan Suplai Dan Distribusi Elpiji Dan Produk Gas*. PT Pertamina (Persero): Direktorat Pemasaran dan Niaga.
- Anonim. Juli 2009. *Sekilas PT Pertamina (Persero) Area Jawa Bagian Barat Instalasi Jakarta Group*. Jakarta: PT Pertamina (Persero).
- Administrasi Depot FP LPG Tanjung Priok. 2010. *Laporan Bulanan Depot FP LPG Tanjung Priok Januari - April 2010*. Jakarta: PT Pertamina (Persero).
- Blueprint Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral: Program Pengalihan Minyak Tanah ke LPG (Dalam Rangka Pengurangan Subsidi BBM)*. (2007). Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kompur Hybrid*. (2010, 14 Januari). *Harian Suara Pembaruan*, p. 13.
- Asmara, Rosihan. *Riset Operasional 2 - Model Antrian*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Beal, M.Reginald & Hudson Nwakanma. (2007). *Bringing Products To Market: Supply Chains Vs. Value Webs*. *Journal of Business & Economics Research*, Vol. 5, No. 4, pp. 57-61.
- Bismo, Setijo. *Prinsip Dasar Pemodelan dan Model Matematis*. Seri Mata Kuliah: Pemodelan dan Matematika Terapan, Teknik Kimia FTUI, Depok.

- Chen, Al & Nunez, Karen. (2006). *Managing Supply Chain's Transaction Costs Through Logistics*. *Journal of Applied Business Research*, Vol. 22, No. 1, pp. 21-30.
- Chima, M.Christopher. (2007). *Supply-Chain Management Issues In The Oil And Gas Industry*. *Journal of Business & Economics Research*, Vol. 5, No. 6, pp. 27-35.
- Dechamps, G. (2009). *Oil Product & Refining*. TOTAL: Total Professeurs Associes (TPA).
- Dewi, Dwi Paramita. (2009). *Berita Resmi Statistik*. 10 Agustus 2009. BPS Provinsi DKI Jakarta. <http://www.google.co.id>
- Hamdy A, Taha. (2003). *Operations Research: An Introduction* (7th ed.). Prentice Hall Inc.
- Harinaldi. (2005). *Prinsip-prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hendrawan. (2006). *Jaringan Antrian*. Bandung: Laboratorium Telematika ITB.
- Kalashnikov, V & Kalashnykova, N. (2008). *A Strategic Model Of European Gas Supply*. *International Business & Economics Research Journal*, Vol.7, No.5, pp. 43-50.
- Kwon, I., & Suh, T. (2004). *Factors Affecting The Level of Trust and Commitment in Supply Chain Relationships*. *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 19, No. 3, pp. 4-14.
- Leonardo, Erick (2008, Juni). *Studi Proyeksi Kebutuhan dan Infrastruktur LPG Dalam Rangka Konversi Minyak Tanah di Kota Depok*. Skripsi Teknik Kimia FTUI.
- Mendoza, Gaston., Sedaghat Mohammad., & K.Paul Yoon. (2009). *Queuing Models To Balance Systems With Excess Supply*. *Journal of Business & Economics Research*, Vol. 8, No. 1, pp. 91-101.

- Muharam, Yuswan. (2009). *Rantai Suplai*. Presentasi Mata Kuliah Perancangan Pabrik dan Produk Kimia, Teknik Kimia FTUI, Depok.
- Nasution, Arman Hakim. (2005). *Manajemen Industri*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Rachman, Amar. (2007). *Modul 12 - Teori Antrian*. Depok: Teknik Industri FTUI.
- Rosawijaya, V., Siringoringo, H. (2004). *Simulasi Sistem Antrian Menggunakan Perangkat Lunak Simulasi PROMODEL: Studi Kasus Wartel*. 24-25 Agustus 2004. Universitas Gunadarma, Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT2004).
- Saputra, Asep Handaya. *Laporan Akhir Optimalisasi Pengembangan Infrastruktur Penyediaan dan Pendistribusian BBM*. Depok: Teknik Kimia FTUI.
- Sari, Sri Poernomo. (2009). *Metode Kuantitatif Model Antrian*. 23 April 2009. <http://www.google.co.id>
- Setiawati, E.P. *Penyusunan Model*. Bandung: Fakultas Kedokteran Unpad.
- Subagyo, Pangestu, dkk. 2000. *Dasar - Dasar Operations Research*. BPFE Yogyakarta.
- Universitas Indonesia Reference Library 2009*.
- Wahyujati, Ajie. *Riset Operasional 2-Model Antrian*. Depok: Teknik Industri FTUI.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Pasar LPG

| 1998 | Amerika Utara | Jepang | Uni Eropa | Dunia |
|----------------|---------------|--------|-----------|-------|
| Perumahan % | 21.0 | 38.9 | 39.7 | 48.9 |
| Pertanian % | 5.1 | 0 | 3.9 | 2.3 |
| Industri % | 9.7 | 39.9 | 21.1 | 13.6 |
| Transportasi % | 3.1 | 8.7 | 10.4 | 5.8 |
| Refining % | 18.8 | 0 | 3.6 | 7.4 |
| Kimia % | 42.3 | 12.5 | 21.3 | 22.0 |
| Ton (Mt/tahun) | 61.7 | 18.8 | 27.9 | 186 |

Sumber: *Oil Product & Refining*, G.Dechamps (Total Professeurs Associes)

1.2 Karakteristik utama bahan bakar LPG

| Karakteristik | LPG |
|---|-----------|
| Densitas 15 ⁰ C (kg/m ³) | 510 - 580 |
| Rentang Distilasi (⁰ C / Atm) | <0 - 0 |
| Atom Karbon | 3 - 4 |
| Komposisi (%) | |
| Paraffin | 60 - 100 |
| Naphtene | 0 |
| Olefin | 0 - 40 |
| Aromatik | 0 |

Sumber: *Oil Product & Refining*, G.Dechamps (Total Professeurs Associes)

1.3 Sifat fisik dan karakteristik pembakaran DME -LPG -gas alam

| Properties | DME | LPG | Metana |
|--|------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Formula | CH ₃ -O-CH ₃ | C ₃ H ₈ | CH ₄ |
| Titik didih (⁰ C) | -25,1 | -42,0 | -161,5 |
| Densitas liquid (g/cm ³ @20 ⁰ C) | 0,67 | 0,49 | 0,42 |
| Viskositas (kg/ms @25 ⁰ C) | 0,12-0,15 | 0,2 | - |
| Specific gravity | 1,59 | 1,52 | 0,55 |
| Tekanan uap (MPa @25 ⁰ C) | 0,61 | 0,93 | - |
| Limit meledak (%) | 3,4-17 | 2,1-9,4 | 5-15 |
| Angka cetane | 55-60 | 5 | 0 |
| Nilai kalor bersih (MJ/kg) | 28,8 | 46,3 | 49,0 |

Sumber: *Oil Product & Refining*, G.Dechamps (Total Professeurs Associes)

Lampiran 2 Spesifikasi LPG *Filling Machine*

| Item | Spesifikasi |
|------------------------|--|
| Range | 5 - 250 kg |
| Unit Kalibrasi | 50 g / 100 g |
| Tipe Displai | 6 digit, 3 LED (nomor dan huruf) |
| Pengukuran Resolusi | normal : 1 / 1.300 maksimal: 1 / 10.000 |
| Pengukuran | <i>Load Cell</i> |
| Toleransi Tegangan | 10% |
| Konsumsi Daya | 30 W |
| Temperatur Ambient | 25 - 50 K |
| Tekanan Udara Ambient | 5 - 7 Pa |
| Fungsi Khusus | Fungsi komunikasi komputer Fungsi pemilihan mode: fungsi pengukuran kuantitas dan pemeriksaan isi tabung LPG otomatis |
| Dimensi Plate | 500 x 530 mm |
| Massa | 137 kg |

Sumber: PT Pertamina (Persero)



Gambar I. Peralatan LPG *filling machine* pada SPPBE.

Lampiran 3

Rata-Rata Jumlah Kedatangan Mobil Tangki

3.1 Rekapitulasi Kedatangan Mobil Tangki Per Januari-April 2010

| Tanggal | Januari | | Februari | | Maret | | April | |
|--------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------|--------|
| | 2 ton | 15 ton | 2 ton | 15 ton | 2 ton | 15 ton | 2 ton | 15 ton |
| 1 | 2 | 62 | 12 | 68 | 13 | 79 | 13 | 96 |
| 2 | 9 | 80 | 8 | 65 | 14 | 96 | 3 | 87 |
| 3 | 1 | 53 | 10 | 78 | 16 | 92 | 16 | 89 |
| 4 | 10 | 86 | 8 | 87 | 11 | 105 | 1 | 51 |
| 5 | 11 | 99 | 9 | 94 | 10 | 91 | 16 | 89 |
| 6 | 13 | 92 | 11 | 78 | 14 | 85 | 12 | 99 |
| 7 | 13 | 97 | 1 | 60 | 1 | 46 | 15 | 88 |
| 8 | 13 | 96 | 10 | 75 | 13 | 80 | 14 | 97 |
| 9 | 15 | 87 | 11 | 86 | 11 | 88 | 11 | 98 |
| 10 | 1 | 55 | 11 | 85 | 14 | 93 | 6 | 86 |
| 11 | 8 | 92 | 11 | 92 | 15 | 91 | 1 | 52 |
| 12 | 11 | 123 | 10 | 72 | 13 | 87 | 16 | 87 |
| 13 | 15 | 124 | 12 | 80 | 14 | 85 | 13 | 90 |
| 14 | 11 | 151 | 1 | 46 | 0 | 59 | 8 | 77 |
| 15 | 6 | 144 | 12 | 68 | 12 | 66 | 14 | 92 |
| 16 | 11 | 139 | 18 | 86 | 8 | 82 | 15 | 95 |
| 17 | 1 | 142 | 10 | 97 | 11 | 88 | 13 | 93 |
| 18 | 9 | 148 | 9 | 79 | 13 | 101 | 1 | 49 |
| 19 | 10 | 142 | 13 | 81 | 12 | 94 | 11 | 84 |
| 20 | 10 | 149 | 11 | 78 | 15 | 87 | 12 | 97 |
| 21 | 7 | 157 | 2 | 59 | 0 | 55 | 14 | 105 |
| 22 | 6 | 133 | 15 | 79 | 12 | 94 | 11 | 104 |
| 23 | 14 | 128 | 16 | 92 | 8 | 112 | 14 | 105 |
| 24 | 1 | 70 | 9 | 79 | 15 | 114 | 14 | 83 |
| 25 | 8 | 112 | 16 | 91 | 13 | 110 | 1 | 42 |
| 26 | 12 | 104 | 1 | 66 | 13 | 99 | 16 | 71 |
| 27 | 11 | 103 | 9 | 75 | 15 | 89 | 12 | 103 |
| 28 | 11 | 78 | 1 | 47 | 1 | 49 | 16 | 97 |
| 29 | 9 | 68 | | | 10 | 83 | 13 | 100 |
| 30 | 7 | 73 | | | 12 | 93 | | |
| 31 | 4 | 38 | | | 17 | 90 | | |
| Total | 270 | 3226 | 267 | 2143 | 346 | 2683 | | |

Catatan: 1) Skid tank 15.000 kg digunakan untuk menyalurkan LPG ke SPPBE

2) Skid tank 2.000 kg digunakan untuk menyalurkan LPG ke industri

3.2 Proyeksi Kedatangan Mobil Tangki Berdasarkan Skenario

| Tahun | λ | | |
|-------|------------|-------------|--------------|
| | Skenario I | Skenario II | Skenario III |
| 2010 | 89 | 89 | 89 |
| 2011 | 93 | 98 | 105 |
| 2012 | 98 | 108 | 125 |
| 2013 | 103 | 118 | 147 |
| 2014 | 108 | 130 | 174 |
| 2015 | 114 | 143 | 206 |
| 2016 | 119 | 158 | 244 |
| 2017 | 125 | 173 | 289 |
| 2018 | 131 | 191 | 341 |
| 2019 | 138 | 210 | 404 |
| 2020 | 145 | 231 | 478 |
| 2021 | 152 | 254 | 565 |
| 2022 | 160 | 279 | 669 |
| 2023 | 168 | 307 | 791 |
| 2024 | 176 | 338 | 936 |
| 2025 | 185 | 372 | 1107 |

Lampiran 4

4.1 Proyeksi Permintaan LPG DKI Jakarta Berdasarkan Mean (Kondisi Optimis)

| Tahun | D LPG (MT) | ΔD (MT) | % D |
|------------------|------------|-----------------|-------|
| 2007 | 554.328 | | |
| 2008 | 613.396 | 59.068 | 10,65 |
| 2009 | 776.517 | 163.121 | 26,59 |
| Rata-rata | | | 18,30 |

| Tahun | D LPG (MT) | % D _{rata-rata} |
|-------|------------|--------------------------|
| 2010 | 918.525 | 18,30 |
| 2011 | 1.086.504 | 18,30 |
| 2012 | 1.285.202 | 18,30 |
| 2013 | 1.520.238 | 18,30 |
| 2014 | 1.798.257 | 18,30 |
| 2015 | 2.127.120 | 18,30 |
| 2016 | 2.516.125 | 18,30 |
| 2017 | 2.976.270 | 18,30 |
| 2018 | 3.520.567 | 18,30 |
| 2019 | 4.164.403 | 18,30 |
| 2020 | 4.925.984 | 18,30 |
| 2021 | 5.826.842 | 18,30 |
| 2022 | 6.892.447 | 18,30 |
| 2023 | 8.152.928 | 18,30 |
| 2024 | 9.643.925 | 18,30 |
| 2025 | 11.407.593 | 18,30 |

4.2 Proyeksi Permintaan LPG DKI Jakarta Berdasarkan Kondisi Pesimis

| Tahun | Permintaan LPG (MT) | |
|-------|------------------------------|-------------------------------|
| | Laju Pertumbuhan Konsumsi 5% | Laju Pertumbuhan Konsumsi 10% |
| 2010 | 815.343 | 854.169 |
| 2011 | 856.110 | 939.586 |
| 2012 | 898.915 | 1.033.544 |
| 2013 | 943.861 | 1.136.899 |
| 2014 | 991.054 | 1.250.588 |
| 2015 | 1.040.607 | 1.375.647 |
| 2016 | 1.092.637 | 1.513.212 |
| 2017 | 1.147.269 | 1.664.533 |
| 2018 | 1.204.633 | 1.830.986 |
| 2019 | 1.264.864 | 2.014.085 |
| 2020 | 1.328.108 | 2.215.494 |
| 2021 | 1.394.513 | 2.437.043 |
| 2022 | 1.464.239 | 2.680.747 |
| 2023 | 1.537.451 | 2.948.822 |
| 2024 | 1.614.323 | 3.243.704 |
| 2025 | 1.695.039 | 3.568.075 |

Lampiran 5

Penerimaan Elpiji dan Produk Gas Menggunakan Tanker

5.1 Pengertian

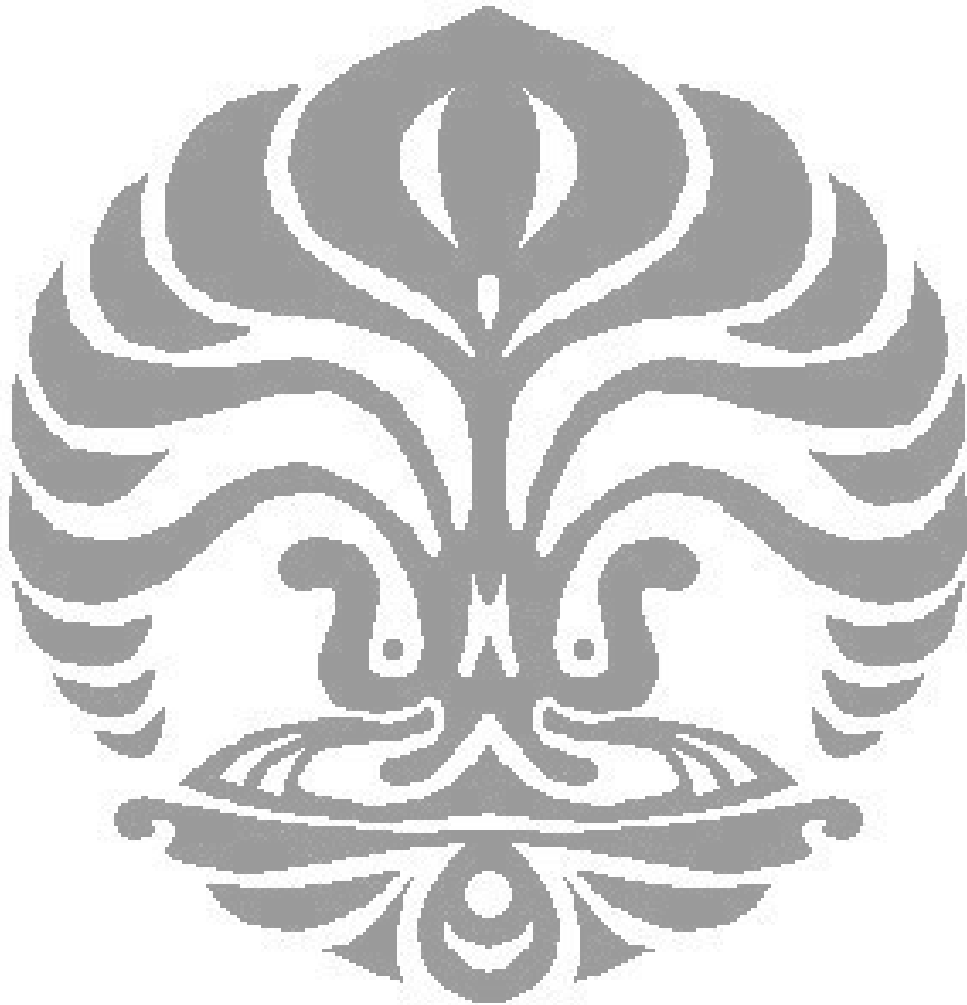
1. *Accepted Discharging Date* (ADD) adalah tenggang waktu yang disepakati untuk melaksanakan kegiatan pembongkaran cargo kapal.
2. *Accepted Loading Date* (ALD) adalah tenggang waktu yang disepakati untuk melaksanakan kegiatan pemuatan cargo kapal.
3. *Actual Time Arrival* (ATA) adalah waktu kedatangan kapal sebenarnya di pelabuhan, dihitung saat kapal melewati buoy terluar/pilot station/batas pelabuhan.
4. *Commenced Loading* adalah waktu awal dimulainya pemuatan cargo kapal.
5. *Completed Loading* adalah waktu akhir selesainya pemuatan cargo kapal.
6. *Commenced Discharging* adalah waktu awal dimulainya pembongkaran cargo kapal.
7. *Completed Discharging* adalah waktu akhir selesainya pembongkaran cargo kapal.
8. *Demurrage* adalah kelebihan waktu *actual laytime* terhadap *allowed laytime* yang disepakati.
9. *Free Pratique* adalah waktu yang dipergunakan untuk pembebasan kapal dari luar negeri yang memasuki pelabuhan (loading/discharging port) dalam negeri suatu negara untuk mendapatkan surat keterangan sehat Anak Buah Kapal dan Kapal (health-certificate).
10. Kapal adalah alat/sarana angkut di atas air (tanker, tongkang dan kapal cargo).
11. Klaim adalah klaim Demurrage, yang merupakan nilai denda yang dikenakan kepada / dari pihak ketiga karena pihak ketiga / Pertamina menggunakan waktu muat / bongkar melebihi waktu yang ditetapkan dalam kesepakatan.
12. *Laytime* adalah jumlah waktu yang dipergunakan untuk melaksanakan kegiatan pemuatan/pembongkaran di pelabuhan.

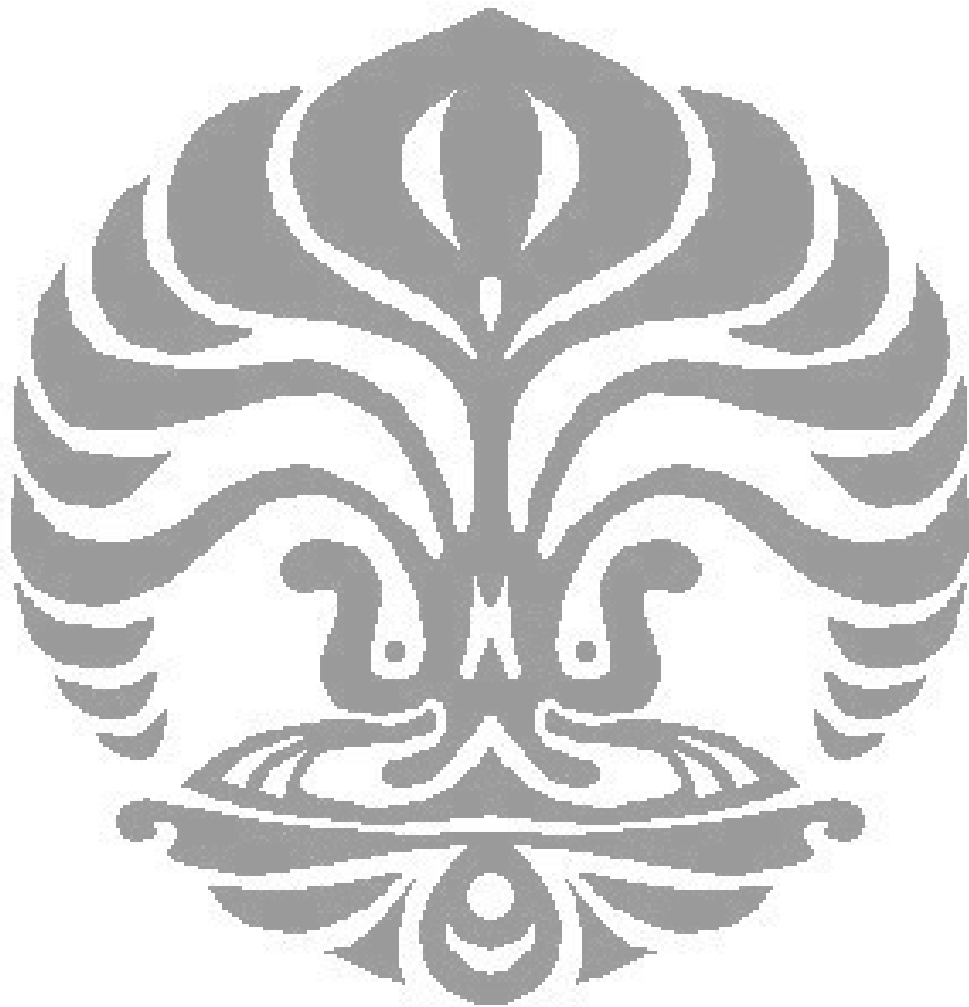
13. *Laytime Commenced* adalah waktu yang ditetapkan untuk memulai perhitungan laytime.
14. *Laytime Ceased* adalah waktu yang ditetapkan untuk mengakhiri perhitungan laytime.
15. *Letter of Protest* adalah surat protes yang dibuat oleh pengirim/penerima atau oleh nahkoda kapal.
16. *Loading Master* adalah pejabat yang mewakili perusahaan dan bertanggung jawab atas kelancaran kegiatan bongkar-muat, kualitas dan kuantitas serta administrasi dalam penerimaan minyak mentah, BBM, LPG dan Produk Gas di Floating Storage atau di pelabuhan bongkar/muat.
17. *Mooring Master* adalah seseorang yang bertugas sebagai :
 - Komando dalam mooring/unmooring kapal
 - Bertindak sebagai pengawasan umum di atas kapal
18. *Notice of Readiness (NOR)* adalah pernyataan tertulis dari Nahkoda/Master Kapal yang menyatakan bahwa kapal sudah siap melaksanakan pemuatan/pembongkaran.
19. *NOR Tendered (NORT)* adalah waktu pengajuan NOR kepada Petugas Pelabuhan yang ditunjuk oleh perusahaan.
20. *NOR Accepted* adalah persetujuan terhadap NOR yang diajukan.
21. *Shifting* adalah pergerakan kapal dari satu tempat ke tempat lain (dari mulai anchor-up/pilot on board, mana yang lebih dahulu, sampai dengan allfast) dalam kawasan pelabuhan.
22. *Ship to Ship Transfer (STS)* adalah suatu kegiatan pengalihan muatan dari kapal pengangkut ke kapal floating storage atau kegiatan pengalihan muatan dari kapal floating storage ke kapal pengangkut lainnya.

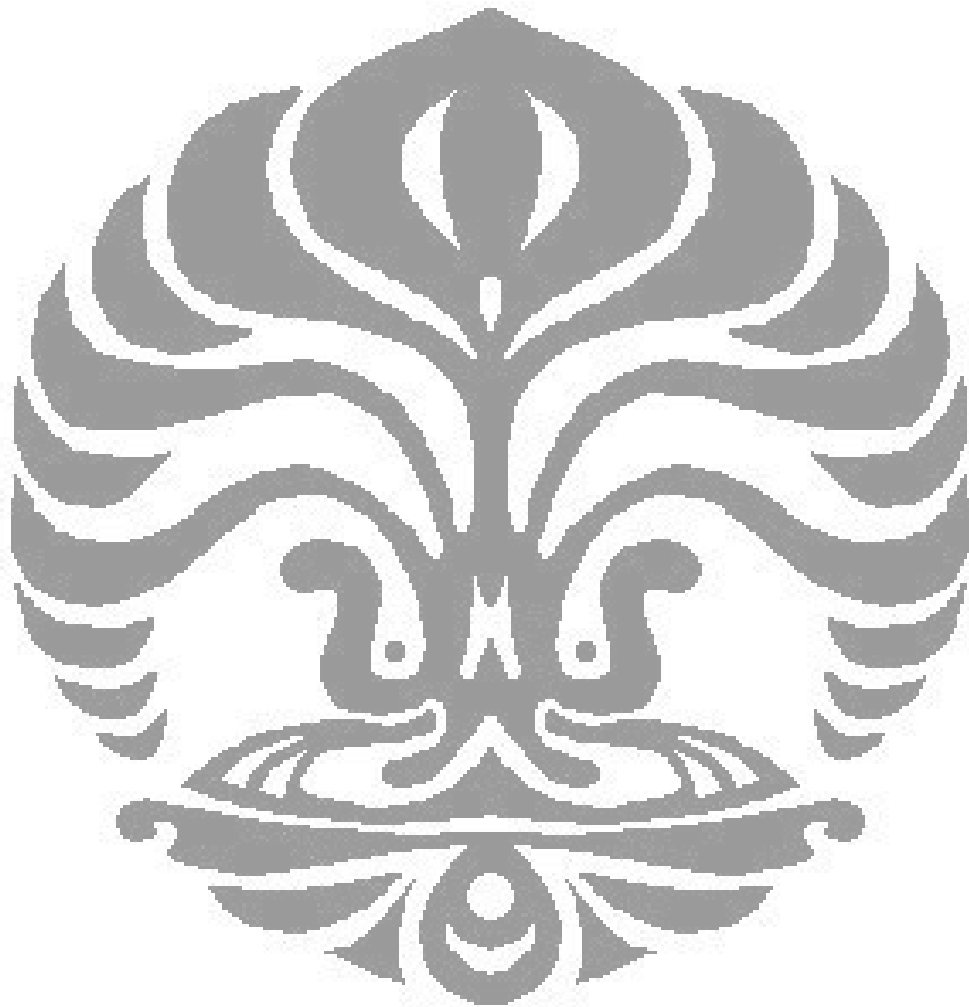
Keterangan

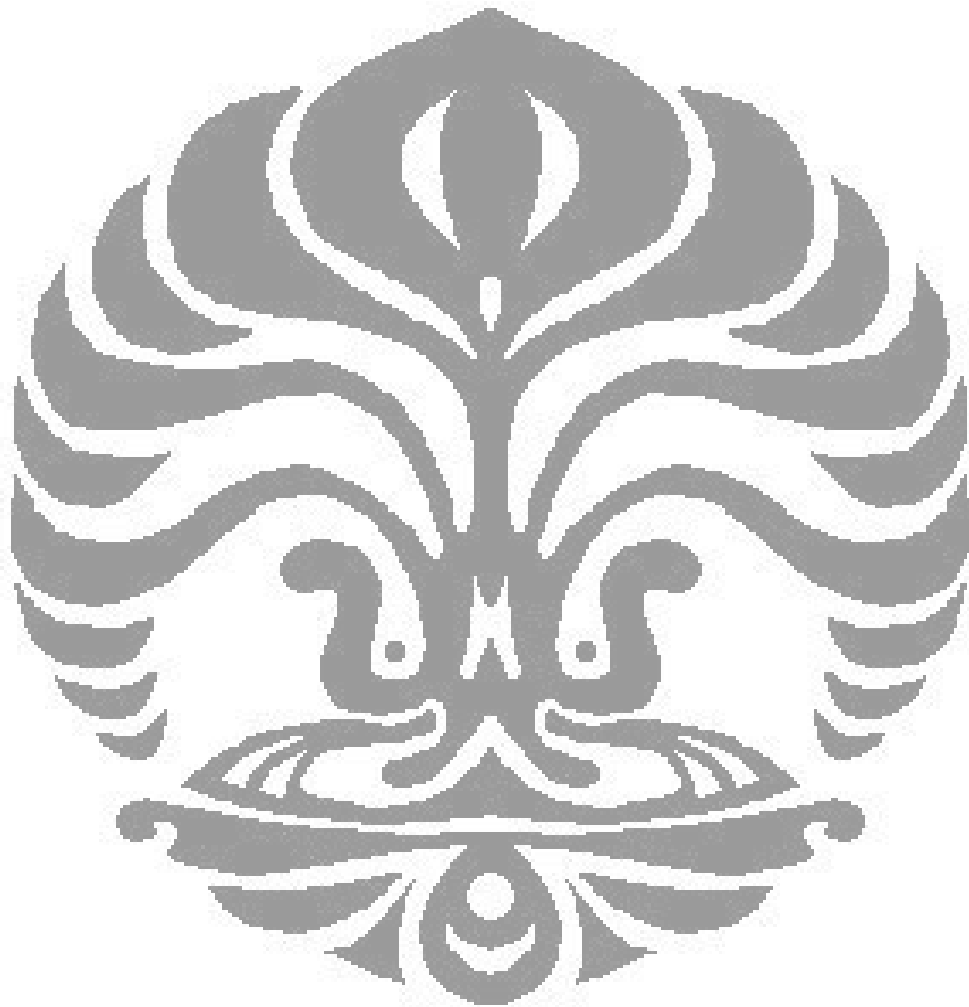
Istilah-istilah yang telah dianggap baku mengikuti international standard / best-practices.

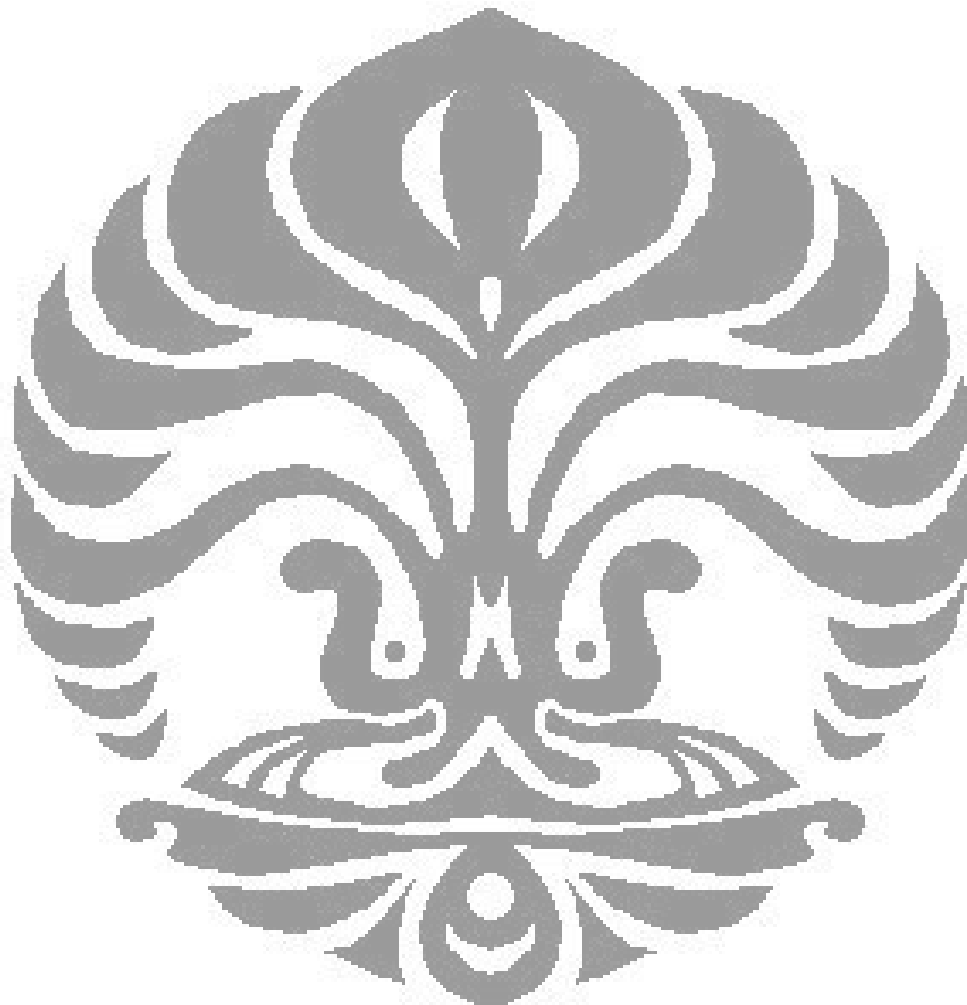
5.2 *Discharge Agreement*











Lampiran 8

Hasil Eksekusi Model Antrian

TORA Optimization System - Version 1.03

Copyright (c) 1989-92, Hamdy A. Taha. All Rights Reserved.

QUEUEING OUTPUT

Problem title: Hasil simulasi sistem antrian Tg Priok
Scenario 1

| Tahun | c | Lambda | Mu | l'da_eff | Ls | Ws | Lq | Wq |
|-------|---|---------|--------|----------|--------|-------|--------|-------|
| 2010 | 6 | 89.000 | 16.000 | 89.000 | 15.822 | 0.178 | 10.260 | 0.115 |
| 2011 | 6 | 93.000 | 24.000 | 93.000 | 4.340 | 0.047 | 0.465 | 0.005 |
| 2012 | 6 | 98.000 | 24.000 | 98.000 | 4.734 | 0.048 | 0.651 | 0.007 |
| 2013 | 6 | 103.000 | 24.000 | 103.000 | 5.199 | 0.050 | 0.907 | 0.009 |
| 2014 | 6 | 108.000 | 24.000 | 108.000 | 5.765 | 0.053 | 1.265 | 0.012 |
| 2015 | 6 | 114.000 | 24.000 | 114.000 | 6.654 | 0.058 | 1.904 | 0.017 |
| 2016 | 6 | 119.000 | 24.000 | 119.000 | 7.684 | 0.065 | 2.726 | 0.023 |
| 2017 | 6 | 125.000 | 24.000 | 125.000 | 9.582 | 0.077 | 4.374 | 0.035 |
| 2018 | 6 | 131.000 | 24.000 | 131.000 | 13.155 | 0.100 | 7.697 | 0.059 |
| 2019 | 7 | 138.000 | 24.000 | 138.000 | 8.197 | 0.059 | 2.447 | 0.018 |
| 2020 | 7 | 145.000 | 24.000 | 145.000 | 10.001 | 0.069 | 3.959 | 0.027 |
| 2021 | 7 | 152.000 | 24.000 | 152.000 | 13.290 | 0.087 | 6.957 | 0.046 |
| 2022 | 7 | 160.000 | 24.000 | 160.000 | 23.889 | 0.149 | 17.223 | 0.108 |
| 2023 | 8 | 168.000 | 24.000 | 168.000 | 11.447 | 0.068 | 4.447 | 0.026 |
| 2024 | 8 | 176.000 | 24.000 | 176.000 | 15.557 | 0.088 | 8.223 | 0.047 |
| 2025 | 8 | 185.000 | 24.000 | 185.000 | 31.100 | 0.168 | 23.392 | 0.126 |

Problem title: Hasil simulasi sistem antrian Tg Priok
Scenario 2

| Tahun | c | Lambda | Mu | l'da_eff | Ls | Ws | Lq | Wq |
|-------|----|---------|--------|----------|--------|-------|--------|-------|
| 2010 | 6 | 89.000 | 16.000 | 89.000 | 15.822 | 0.178 | 10.260 | 0.115 |
| 2011 | 6 | 98.000 | 24.000 | 98.000 | 4.734 | 0.048 | 0.651 | 0.007 |
| 2012 | 6 | 108.000 | 24.000 | 108.000 | 5.765 | 0.053 | 1.265 | 0.012 |
| 2013 | 6 | 118.000 | 24.000 | 118.000 | 7.449 | 0.063 | 2.532 | 0.021 |
| 2014 | 6 | 130.000 | 24.000 | 130.000 | 12.352 | 0.095 | 6.935 | 0.053 |
| 2015 | 7 | 143.000 | 24.000 | 143.000 | 9.389 | 0.066 | 3.431 | 0.024 |
| 2016 | 7 | 158.000 | 24.000 | 158.000 | 19.665 | 0.124 | 13.082 | 0.083 |
| 2017 | 8 | 173.000 | 24.000 | 173.000 | 13.622 | 0.079 | 6.413 | 0.037 |
| 2018 | 9 | 191.000 | 24.000 | 191.000 | 12.852 | 0.067 | 4.894 | 0.026 |
| 2019 | 10 | 210.000 | 24.000 | 210.000 | 12.929 | 0.062 | 4.179 | 0.020 |
| 2020 | 10 | 231.000 | 24.000 | 231.000 | 31.892 | 0.138 | 22.267 | 0.096 |
| 2021 | 11 | 254.000 | 24.000 | 254.000 | 32.418 | 0.128 | 21.835 | 0.086 |
| 2022 | 13 | 279.000 | 24.000 | 279.000 | 16.768 | 0.060 | 5.143 | 0.018 |
| 2023 | 14 | 307.000 | 24.000 | 307.000 | 19.789 | 0.064 | 6.997 | 0.023 |
| 2024 | 15 | 338.000 | 24.000 | 338.000 | 25.506 | 0.075 | 11.423 | 0.034 |
| 2025 | 16 | 372.000 | 24.000 | 372.000 | 42.129 | 0.113 | 26.629 | 0.072 |

**Problem title: Hasil simulasi sistem antrian Tg Priok
Scenario 3**

| Nbr | c | Lambda | Mu | λ_{eff} | Ls | Ws | Lq | Wq |
|------|----|----------|--------|------------------------|--------|-------|--------|-------|
| 2010 | 6 | 89.000 | 16.000 | 89.000 | 15.822 | 0.178 | 10.260 | 0.115 |
| 2011 | 6 | 105.000 | 24.000 | 105.000 | 5.411 | 0.052 | 1.036 | 0.010 |
| 2012 | 6 | 125.000 | 24.000 | 125.000 | 9.582 | 0.077 | 4.374 | 0.035 |
| 2013 | 7 | 147.000 | 24.000 | 147.000 | 10.724 | 0.073 | 4.599 | 0.031 |
| 2014 | 8 | 174.000 | 24.000 | 174.000 | 14.197 | 0.082 | 6.947 | 0.040 |
| 2015 | 9 | 206.000 | 24.000 | 206.000 | 26.017 | 0.126 | 17.434 | 0.085 |
| 2016 | 11 | 244.000 | 24.000 | 244.000 | 19.079 | 0.078 | 8.913 | 0.037 |
| 2017 | 13 | 289.000 | 24.000 | 289.000 | 21.033 | 0.073 | 8.991 | 0.031 |
| 2018 | 15 | 341.000 | 24.000 | 341.000 | 28.135 | 0.083 | 13.926 | 0.041 |
| 2019 | 18 | 404.000 | 24.000 | 404.000 | 27.009 | 0.067 | 10.176 | 0.025 |
| 2020 | 21 | 478.000 | 24.000 | 478.000 | 33.566 | 0.070 | 13.649 | 0.029 |
| 2021 | 24 | 565.000 | 24.000 | 565.000 | 69.376 | 0.123 | 45.834 | 0.081 |
| 2022 | 29 | 669.000 | 24.000 | 669.000 | 46.928 | 0.070 | 19.053 | 0.028 |
| 2023 | 34 | 791.000 | 24.000 | 791.000 | 58.260 | 0.074 | 25.302 | 0.032 |
| 2024 | 40 | 936.000 | 24.000 | 936.000 | 71.015 | 0.076 | 32.015 | 0.034 |
| 2025 | 47 | 1107.000 | 24.000 | 1107.000 | 91.109 | 0.082 | 44.984 | 0.041 |

Catatan:

- Skenario 1 menunjukkan proyeksi permintaan LPG pesimistik dengan menggunakan laju pertumbuhan konsumsi 5% per tahun.
 - Skenario 2 menunjukkan proyeksi permintaan LPG pesimistik dengan menggunakan laju pertumbuhan konsumsi 10% per tahun.
 - Skenario 3 menunjukkan proyeksi permintaan LPG optimistik dengan menggunakan rumus nilai rata-rata (mean).
- Parameter W_s/W dan W_q dinyatakan dalam 1 hari kerja yang didasarkan pada waktu operasional depot yaitu 16 jam dan 24 jam.
- Pada model antrian tunggal dengan pelayanan jamak, nilai Lambda (λ) = lambda efektif (λ_{eff}) karena semua pelanggan yang datang ke sistem dapat bergabung (kapasitas sistem tak terbatas).