REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka pelindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	:	EC002024213503, 28 Oktober 2024
Pencipta		
Nama	:	**David Try Liputra, S.T., M.T., Ir. Kartika Suhada, M.T. dkk**
Alamat	:	Jl. Merdeka No. 203, RT. 001 RW. 001, Siantar Barat, Pematang Siantar, Sumatera Utara, 21118
Kewarganegaraan	:	Indonesia
Pemegang Hak Cipta		
Nama	:	**Universitas Kristen Maranatha**
Alamat	:	Jl. Prof. Drg. Surya Sumantri, M.P.H. No. 65, Sukajadi, Bandung, Jawa Barat 40164
Kewarganegaraan	:	Indonesia
Jenis Ciptaan	:	**Karya Tulis**
Judul Ciptaan	:	**Laporan Penelitian Perancangan Sistem Antrian Dan Penentuan Jumlah Operator Untuk Mengurangi Panjang Antrian Dan Total Biaya Operasional Dengan Metode Simulasi (Studi Kasus: SPBU X).**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	:	25 November 2022, di Bandung
Jangka waktu pelindungan	:	Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	:	000785935

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

IGNATIUS M.T. SILALAHI
NIP. 196812301996031001

Disclaimer:
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	David Try Liputra, S.T., M.T.	Jl. Merdeka No. 203, RT. 001 RW. 001, Siantar Barat, Pematang Siantar
2	Ir. Kartika Suhada, M.T.	Taman Cibaduyut Indah E-20, RT. 002 RW. 019, Dayeuhkolot, Bandung
3	Vivi Arisandhy, S.T., M.T.	Jl. Kresna Dlm No. 46/68, RT.008, RW. 006, Cicendo, Bandung
4	Nelson Karunia Bakti	Jl. Cihideung No. 44, RT. 002 RW. 004, Cihideung, Tasikmalaya

LAPORAN PENELITIAN PENDANAAN INTERNAL

SKEMA: B

PERANCANGAN SISTEM ANTRIAN DAN PENENTUAN JUMLAH OPERATOR UNTUK MENGURANGI PANJANG ANTRIAN DAN TOTAL BIAYA OPERASIONAL DENGAN METODE SIMULASI (Studi Kasus: SPBU X)

TIM PENELITI

David Try Liputra, S.T., M.T.
NIK: 230693
NIDN: 0427098702

Ir. Kartika Suhada, M.T.
NIK: 230036
NIDN: 0408126701

Vivi Arisandhy, S.T., M.T.
NIK: 230406
NIDN: 0425017601

Nelson Karunia Bakti
NRP: 1823901

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG

2022

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN

1.	**Judul Penelitian**	:	Perancangan Sistem Antrian dan Penentuan Jumlah Operator untuk Mengurangi Panjang Antrian dan Total Biaya Operasional dengan Metode Simulasi (Studi Kasus: SPBU X)
2.	**Skema**	:	B
3.	**Topik Unggulan**	**:**	Pengembangan, Inovasi dan Pemanfaatan Teknologi
4.	**Ketua Peneliti**		
	- Nama lengkap	:	David Try Liputra, S.T., M.T.
	- NIK/NIDN	:	230693/0427098702
	- Jabatan fungsional	:	Asisten Ahli
	- Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Industri
	- Bidang keahlian	:	Optimisasi Sistem Industri
	- Email dan HP	:	david.tl@eng.maranatha.edu/087882888808
	- Sinta ID	:	5977248
5.	**Anggota Peneliti 1**		
	- Nama lengkap	:	Ir. Kartika Suhada, M.T.
	- NIK/NIDN	:	230036/0408126701
	- Jabatan fungsional	:	Lektor
	- Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Industri
	- Bidang keahlian	:	Optimisasi Sistem Industri
	- Email dan HP	:	kartika.suhada@eng.maranatha.edu/ 08164861330
	- Sinta ID	:	5997867
6.	**Anggota Peneliti 2**		
	- Nama lengkap	:	Vivi Arisandhy, S.T., M.T.
	- NIK/NIDN	:	230406 / 0425017601
	- Jabatan fungsional	:	Lektor
	- Fakultas/Program Studi	:	Teknik/Teknik Industri
	- Bidang keahlian	:	Optimisasi Sistem Industri
	- Email dan HP	:	vivi.arisandhy@eng.maranatha.edu/ 082115263838
	- Sinta ID	:	5997051
7.	**Mahasiswa Anggota Penelitian**		
	- Nama lengkap	:	Nelson Karunia Bakti
	- NRP	:	1823901
8.	**Luaran yang ditargetkan**		
	- Luaran 1	:	Artikel di Jurnal Nasional Terindeks Sinta 4
	- Luaran 2	:	Hak Kekayaan Intelektual
9.	**Waktu Penelitian**	:	10 bulan
10.	**Biaya Penelitian**	:	Rp2.594.000,00
11.	**EJM Penelitian (point/gol/total Rp)**	:	156, 104, 104/III B, IV A, III D/ Rp26.520.000,00

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Kristen Maranatha

(Dr. Yosafat Aji Pranata, S.T., M.T.)
NIK: 210293

Bandung, 25 November 2022
Ketua Peneliti,

(David Try Liputra, S.T., M.T.)
NIK: 230693

Mengetahui,
Ketua LPPM UK Maranatha,

(Dr. Meyhi, S.E., M.Si., Ak.)
NIK: 560002

ABSTRAK PENELITIAN

SPBU X menyediakan bahan bakar berjenis Pertamax, Pertalite, dan Biosolar B30 (Solar) yang terbagi ke dalam dua pulau pompa, dimana masing-masing pulau terdiri dari dua pompa pengisian bahan bakar (nozzle) di setiap sisinya. Pulau pompa ke-1 dialokasikan untuk mobil dan motor yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Pertamax dan Pertalite, sedangkan pulau pompa ke-2 dialokasikan untuk truk dan mobil bermesin diesel yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Solar. Permasalahan yang terjadi adalah antrian yang cukup panjang pada pulau pompa ke-1, terutama di pagi hari. Hal ini menunjukkan pengaturan kombinasi nozzle yang ada saat ini masih belum tepat, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang. Selain itu, operator di pulau pompa ke-2 terlihat seringkali menganggur. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah operator yang dipekerjakan melebihi dari yang dibutuhkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diusulkan perancangan sistem antrian serta penentuan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi panjang antrian dan total biaya operasional.

Dalam merancang sistem antrian usulan, terlebih dahulu dilakukan pembuatan model simulasi sistem antrian aktual. Selanjutnya disusun alternatif skenario untuk alokasi jenis bahan bakar bagi tiap nozzle, dan penyusunan alternatif skenario untuk penentuan jumlah operator. Untuk tiap skenario, kemudian dibuat model simulasi sistem antrian. Akhirnya dilakukan perhitungan panjang antrian dan total biaya operasional untuk sistem antrian aktual dan usulan.

Pengaturan ulang kombinasi nozzle terbaik sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Menori (2022), dimana dilakukan perubahan untuk 4 nozzle, yaitu nozzle A, B, F dan H. Nozzle A yang berisi pertamax dan semula diperuntukkan bagi mobil saja, diusulkan untuk motor juga. Nozzle B yang berisi pertalite, dimana semula untuk mobil diubah menjadi untuk motor. Nozzle F yang semula berisi solar untuk truk diubah menjadi pertalite untuk mobil. Nozzle H yang semula berisi solar untuk mobil diubah menjadi pertalite untuk motor. Usulan pengurangan operator ada 5 alternatif, dimana alternatif terbaik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan adalah usulan 3 (mengurangi jumlah operator shift sore dari 6 orang menjadi 5 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) dengan panjang antrian rata-rata sebesar 1,01 unit kendaraan. Namun, sistem antrian usulan 5 (mengurangi jumlah operator shift pagi dari 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator shift sore dari 6 orang menjadi 5 orang serta mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) menghasilkan total biaya operasional terkecil, yaitu sebesar Rp2.360.816,63. Dari kedua alternatif ini dipilih usulan 5 karena menghasilkan total biaya operasional SPBU terkecil dengan panjang antrian rata-rata kendaraan yang hampir sama dengan usulan 3 (selisih 0,11). Penerapan sistem antrian usulan 5 lebih baik dibandingkan dengan sistem antrian aktual, karena menghasilkan panjang antrian rata-rata kendaraan yang lebih pendek dan biaya operasional SPBU yang lebih murah. Panjang antrian rata-rata kendaraan berkurang sebesar 0,52 unit atau 31,71%. Selain itu, total biaya operasional SPBU berkurang sebesar Rp714.717,74 atau 23,24%, Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian usulan 5 lebih baik daripada sistem aktual.

Kata kunci: antrian, SPBU, simulasi, panjang antrian, total biaya operasional

DAFTAR ISI

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN 1
ABSTRAK PENELITIAN 3
DAFTAR ISI 4
BAB 1 PENDAHULUAN 6
1.1 Latar Belakang 6
1.2 Identifikasi Masalah 6
1.3 Batasan dan Asumsi 7
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian 7
1.5 Kerangka Pemikiran 7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Penelitian "Usulan Penentuan Jumlah Operator dan Kombinasi Jenis Bahan Bakar pada *Nozzle* untuk Mengurangi Biaya Operasional dengan Menggunakan Metode Simulasi (Studi Kasus di SPBU X - NTT)" 9
2.2 Teori Antrian 9
2.3 Teori Simulasi 10
2.3.1 Pengertian Simulasi 10
2.3.2 Tipe-tipe Simulasi 11
2.3.2.1 Simulasi Statis atau Simulasi Dinamis 11
2.3.2.2 Simulasi Stokastik atau Simulasi Deterministik 11
2.3.2.3 Simulasi Kejadian Diskrit atau Kontinu 12
2.3.3 Prosedur Simulasi 12
2.3.4 Pembangunan Elemen Dasar untuk Model Simulasi 13
2.3.5 Verifikasi dan Validasi Model 15
2.3.6 Analisis *Output* Simulasi 15
2.3.7 Simulasi *Terminating* dan Simulasi *Nonterminating* 16
BAB 3 METODE PENELITIAN 17
BAB 4 HASIL PENELITIAN 21
4.1 Analisis Hasil Simulasi Skenario Awal 21

4.2 Analisis Hasil Simulasi Skenario Usulan 23
BAB 5 SIMPULAN 30
DAFTAR PUSTAKA 32
LAMPIRAN 33
- Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti
- Draft Publikasi

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam menjalankan suatu bisnis dibutuhkan suatu perencanaan yang baik agar konsumen dari bisnis tersebut dapat merasa puas dengan layanan yang diberikan. Namun sebagai suatu unit bisnis yang berorientasi pada maksimasi profit, maka faktor biaya operasional dalam menjalankan proses bisnis juga harus mendapat perhatian. Hal ini yang harus diperhatikan oleh SPBU X yang merupakan salah satu unit bisnis yang berada di Nusa Tenggara Timur.

SPBU X menyediakan bahan bakar berjenis Pertamax, Pertalite, dan Biosolar B30 (Solar) yang terbagi ke dalam dua pulau pompa, dimana masing-masing pulau terdiri dari dua pompa pengisian bahan bakar (*nozzle*) di setiap sisinya. Pulau pompa ke-1 dialokasikan untuk mobil dan motor yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Pertamax dan Pertalite, sedangkan pulau pompa ke-2 dialokasikan untuk truk dan mobil bermesin diesel yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Solar.

Permasalahan yang terjadi adalah terjadinya antrian yang cukup panjang pada pulau pompa ke-1, terutama di pagi hari. Hal ini menunjukkan pengaturan kombinasi *nozzle* yang ada saat ini masih belum tepat, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang. Selain itu, operator di pulau pompa ke-2 terlihat seringkali menganggur. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah operator yang dipekerjakan melebihi dari yang dibutuhkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diusulkan perancangan sistem antrian serta penentuan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi panjang antrian dan total biaya operasional.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan diteliti mempertimbangkan beberapa faktor berikut:

- Waktu antar kedatangan konsumen
- Waktu pengisian bahan bakar
- Panjang antrian

- Total biaya operasional

1.3 BATASAN DAN ASUMSI

Batasan yang diberikan dalam penelitian ini adalah.

1. Periode pengambilan data waktu dilakukan selama 1 minggu.
2. Tidak membahas biaya penerapan usulan penelitian.
3. Tidak membahas dampak dari pengurangan jumlah operator.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konsumen yang datang dianggap tidak terbatas.
2. Bahan bakar yang dijual selalu tersedia.
3. Kemampuan tiap operator dianggap sama.
4. Jenis kendaraan truk memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kanan kendaraan.
5. Jenis kendaraan mobil berbahan bakar solar memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kiri kendaraan.
6. Jenis kendaraan mobil berbahan bakar bensin memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kanan kendaraan.

1.4 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem antrian dalam upaya meminimasi panjang antrian.
2. Menentukan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi total biaya operasional.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan usulan rancangan sistem antrian dan jumlah operator SPBU X dalam upaya meningkatkan kepuasan konsumen dan meminimasi total biaya operasional.

1.5 KERANGKA PEMIKIRAN

Sistem antrian terdiri dari tiga elemen, yaitu input, proses dan output. Input berupa kedatangan dari kendaraan yang memerlukan pengisian bahan bakar.

Proses berupa pengisian bahan bakar ke kendaraan. Output berupa kendaraan yang telah selesai diisi bahan bakarnya.

Panjang antrian yang terjadi di sistem antrian SPBU dipengaruhi oleh waktu antar kedatangan kendaraan, lama waktu pengisian bahan bakar, dan jumlah *nozzle* yang tersedia. Untuk meminimasi panjang antrian akan dilakukan pengaturan alokasi jenis bahan bakar untuk masing-masing *nozzle* yang tersedia.

Salah satu komponen biaya operasional SPBU adalah gaji operator pengisian bahan bakar. Untuk meminimasi total biaya operasional perlu dilakukan penentuan jumlah operator yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Metode yang akan digunakan untuk merancang sistem antrian dan menentukan jumlah operator SPBU adalah metode simulasi dengan bantuan *software* ProModel 6.0. Ukuran performansi akan ditentukan berdasarkan panjang antrian dan total biaya operasional.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian "Usulan Penentuan Jumlah Operator dan Kombinasi Jenis Bahan Bakar pada *Nozzle* untuk Mengurangi Biaya Operasional dengan Menggunakan Metode Simulasi (Studi Kasus di SPBU X - NTT)

Penelitian "Usulan Penentuan Jumlah Operator dan Kombinasi Jenis Bahan Bakar pada *Nozzle* untuk Mengurangi Biaya Operasional dengan Menggunakan Metode Simulasi" telah dilakukan oleh Menori pada tahun 2022 (Menori, 2022). Pada penelitian tersebut, diusulkan tiga jenis perubahan terhadap sistem aktual, yaitu sebagai berikut:

1. Mengubah kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle*.
2. Mengubah jumlah operator yang bekerja dalam tiap *shift* kerja.
3. Menukar posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.

Ketiga perubahan tersebut dikombinasikan menjadi empat skenario usulan, yaitu sebagai berikut:

- Skenario 1: Mengubah kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle*.
- Skenario 2: Mengubah kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle* dan mengubah jumlah operator yang bekerja dalam tiap *shift* kerja.
- Skenario 3: Mengubah kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle* dan menukar posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.
- Skenario 4: Mengubah kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle*, mengubah jumlah operator yang bekerja dalam tiap *shift* kerja, dan menukar posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.

2.2 Teori Antrian

Suatu proses antrian *(queueing process)* adalah suatu proses yang dihubungkan dengan kedatangan seorang konsumen pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrian) jika semua fasilitas pelayanan sibuk, menerima atau menggunakan fasilitas pelayanan sampai akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut (Taha, 2011).

Dalam sistem antrian terdapat tiga elemen utama yang memiliki suatu antrian, yaitu:

a. Konsumen

   Konsumen menjadi suatu input dalam sistem antrian guna mendapatkan pe1ayanan.

b. Fasilitas Pelayanan

   Fasilitas pelayanan merupakan bagian sistem antrian yang berfungsi untuk menyediakan pelayanan.

c. Antrian

   Antrian merupakan kelompok konsumen yang telah masuk dalam sistem antrian dan sedang menunggu giliran untuk mendapatkan fasilitas pelayanan.

2.3 Teori Simulasi

2.3.1 Pengertian Simulasi

The Oxford American Dictionary (1980) mendefinisikan simulasi sebagai cara untuk meniru kondisi atau situasi, sebagai sarana model, untuk studi atau pengujian atau pelatihan, dll. Tujuannya untuk meniru perilaku sistem operasional yang dinamis. Model yang akan digunakan adalah model komputer. Simulasi dalam konteks ini dapat didefinisikan sebagai tiruan dari sistem yang dinamis menggunakan model komputer untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem. Menurut Schriber (1987) dalam Harrel dkk (2012), simulasi adalah "pemodelan suatu proses atau sistem sedemikian rupa sehingga model meniru cara kerja dari sistem yang sebenarnya terjadi seiring waktu." (Harrell et al., 2012).

2.3.2 Tipe-tipe Simulasi

Cara kerja simulasi sebagian besar berdasarkan pada jenis simulasi yang digunakan. Ada banyak cara untuk mengkategorikan simulasi, yaitu: (Harrell et al., 2012)

a. Statis atau dinamis.
b. Stokastik atau deterministik.
c. Kejadian diskrit atau kontinu.

2.3.2.1 Simulasi Statis atau Simulasi Dinamis

Simulasi statis adalah simulasi yang tidak didasarkan pada waktu. Sebagai contoh, mengambil sampel acak untuk menghasilkan hasil statistik, sehingga kadang-kadang disebut Simulasi Monte Carlo.

Simulasi dinamis meliputi selang waktu. Hal tersebut terlihat pada perubahan kondisi saat terjadi seiring waktu. Mekanisme jam bergerak maju dalam waktu dan variabel keadaan diperbarui seiring berjalannya waktu. Simulasi dinamis sangat cocok untuk menganalisis sistem manufaktur dan layanan karena mereka beroperasi dari waktu ke waktu (Harrell et al., 2012).

2.3.2.2 Simulasi Stokastik atau Simulasi Deterministik

Model simulasi dimana satu atau lebih variabel input acak disebut sebagai simulasi stokastik atau probabilistik. Simulasi stokastik menghasilkan *output* yang acak dan karenanya hanya memberikan satu titik data tentang bagaimana sistem mungkin berperilaku.

Simulasi yang tidak memiliki komponen input yang acak dikatakan deterministik. Model simulasi deterministik dibangun dengan cara yang sama dengan model stokastik kecuali tidak mengandung keacakan. Dalam simulasi deterministik, semua keadaan di masa depan ditentukan setelah data input dan keadaan awal telah ditentukan.

Simulasi stokastik memiliki input acak dan menghasilkan output acak. Jenis input mungkin termasuk waktu aktivitas, interval kedatangan, dan urutan rute. Jenis output termasuk waktu aliran rata-rata, laju aliran, dan pemanfaatan sumber daya. Semua output yang dipengaruhi oleh variabel input acak akan juga menjadi variabel acak.

Simulasi deterministik akan selalu menghasilkan hasil yang sama persis tidak peduli berapa kali dijalankan. Dalam simulasi stokastik, beberapa replikasi harus dibuat untuk mendapatkan estimasi kinerja yang akurat karena setiap hasil replikasi bervariasi secara statistik. Estimasi kinerja untuk simulasi stokastik diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata metrik kinerja di semua replikasi. Sebaliknya, simulasi deterministik perlu dijalankan hanya sekali untuk mendapatkan hasil yang tepat karena hasilnya selalu sama (Harrell et al., 2012).

2.3.2.3 Simulasi Kejadian Diskrit atau Kontinu

Simulasi kejadian diskrit adalah simulasi dimana perubahan kondisi terjadi pada titik-titik waktu yang dipicu oleh berbagai kejadian. Berbagai contoh kejadian tersebut adalah:

a. Kedatangan entitas ke stasiun kerja.
b. Kegagalan sumber daya.
c. Selesainya suatu kegiatan.
d. Akhir dari sebuah shift.

Perubahan status dalam model berlangsung ketika beberapa peristiwa terjadi. Keadaan model menjadi keadaan bersama dari semua elemen dalam model pada titik waktu tertentu. Variabel status dalam simulasi kejadian diskrit disebut sebagai *discrete-change*. Simulasi restoran adalah contoh simulasi peristiwa diskrit karena semua variabel status dalam model, seperti jumlah konsumen di restoran, adalah variabel status perubahan diskrit. Sebagian besar industri manufaktur dan industri jasa biasanya dimodelkan menggunakan simulasi kejadian diskrit.

Dalam simulasi kontinu, variabel keadaan berubah terus menerus sehubungan dengan waktu dan oleh karena itu disebut sebagai *continuous-change*. Contoh variabel *continuous-change* adalah tingkat oli di tangki minyak yang sedang dimuat atau dibongkar, atau suhu bangunan yang dikendalikan oleh sistem pemanas dan pendingin (Harrell et al., 2012).

2.3.3 Prosedur Simulasi

Simulasi lebih dari sekadar membangun dan menjalankan model proses. Proyek simulasi yang berhasil harus direncanakan dan dikoordinasikan dengan baik. Berikut adalah langkah-langkah umum yang direkomendasikan:

a. Langkah 1: Menetapkan tujuan, ruang lingkup, dan persyaratan.
   Tetapkan tujuan proyek simulasi dan apa ruang lingkup proyek tersebut. Persyaratan perlu didefinisikan dalam hal sumber daya, waktu, dan anggaran untuk melaksanakan proyek.
b. Langkah 2: Mengumpulkan dan menganalisis data sistem.

Identifikasi, kumpulkan, dan analisis data yang mendefinisikan sistem yang akan dimodelkan. Langkah ini menghasilkan model konseptual dan data yang dapat disepakati semua orang.

c. Langkah 3: Membangun model.
   Kembangkan model simulasi sistem.
d. Langkah 4: Memvalidasi model.
   Debug model dan pastikan itu adalah representasi yang akurat dari sistem nyata.
e. Langkah 5 : Melakukan eksperimen.
   Jalankan simulasi untuk setiap skenario yang akan dievaluasi dan analisis hasilnya.
f. Langkah 6 : Menyajikan hasilnya.
   Presentasikan hasilnya dan buat usulan sehingga keputusan yang tepat dapat dibuat.

2.3.4 Pembangunan Elemen Dasar untuk Model Simulasi

Sebagian besar, tujuan model mewakili elemen struktural di dalam sistem seperti mesin, orang, benda kerja, dan area kerja. Untuk itu, elemen tersebut harus diklasifikasikan ke dalam objek sederhana yang digunakan oleh program ProModel, yaitu: (Harrell et al., 2012)

1. *Locations*
   Lokasi mewakili tempat-tempat dalam sistem di mana entitas diarahkan untuk memproses, menyimpan, melakukan berbagai aktivitas atau pengambilan keputusan lainnya (ProModel Corporation, 2011)
2. *Entities*
   Entitas adalah segala sesuatu yang diproses di dalam model. Dokumen, orang, atau panggilan telepon harus dimodelkan sebagai entitas (ProModel Corporation, 2011).
3. *Path Networks*
   Ketika sumber daya (*resources*) dimodelkan sebagai sumber daya yang bergerak dari satu lokasi ke lokasi lainnya, mereka mengikuti jaringan jalur (*path networks*). Entitas yang bergerak sendiri dari satu lokasi ke lokasi

lainnya juga dapat bergerak di jaringan jalur jika di-*coding* dalam *move logic* pada *routing* yang bersangkutan (ProModel Corporation, 2011).

4. *Resources*

   Sumber daya adalah orang, peralatan, atau perangkat lain yang digunakan untuk satu atau lebih dari fungsi berikut: mengangkut entitas, membantu dalam melakukan operasi pada entitas di lokasi, melakukan pemeliharaan di lokasi, atau melakukan pemeliharaan pada sumber daya lainnya (ProModel Corporation, 2011).

5. *Processing*

   Pemrosesan (*processing*) mendefinisikan perutean entitas melalui sistem dan operasi yang terjadi di setiap lokasi dimana entitas tersebut diproses. Setelah entitas memasuki sistem yang telah dijadwalkan di tabel kedatangan (*arrivals*), pemrosesan menentukan semua yang terjadi pada entitas sampai entitas tersebut keluar dari sistem (ProModel Corporation, 2011).

6. *Arrivals*

   Kedatangan adalah penjadwalan entitas yang akan diproses di dalam sistem. Catatan kedatangan entitas dapat ditentukan dengan menetapkan informasi berikut:

   a. Jumlah entitas per kedatangan
   b. Frekuensi kedatangan
   c. Lokasi kedatangan
   d. Waktu kedatangan entitas pertama
   e. Jumlah entitas dalam satu kali kedatangan

   Kuantitas apa pun dari jenis entitas apa pun dapat didefinisikan sebagai kedatangan untuk suatu lokasi. Frekuensi kedatangan dapat didefinisikan sebagai distribusi atau sebagai pola kedatangan yang berulang-ulang dari waktu ke waktu (ProModel Corporation, 2011).

2.3.5 Verifikasi dan Validasi Model

Model building, pada dasarnya sangat rawan untuk terjadinya kesalahan. Pemodel harus menerjemahkan sistem dunia nyata menjadi model konseptual ke

dalam model simulasi. Proses terjemahan ini berulang karena konsep pemodel tentang perubahan sistem nyata dan pendekatan pemodelan terus disempurnakan. Dalam proses penerjemahan ini, ada banyak celah untuk membuat kesalahan. Proses verifikasi dan validasi telah dikembangkan untuk mengurangi dan idealnya menghilangkan kesalahan ini.

Verifikasi model adalah proses penentuan apakah model simulasi dengan benar mencerminkan model konseptual. Validasi model adalah proses penentuan apakah model konseptual mencerminkan sistem nyatanya. Verifikasi dan validasi model sangat penting untuk keberhasilan proyek simulasi. Keputusan penting dapat didasarkan pada hasil percobaan simulasi. Oleh karena itu, bukti yang dapat dibuktikan harus ada untuk validitas model. Untuk simulasi yang digunakan secara berkelanjutan seperti penjadwalan produksi, validasi model bahkan lebih penting (Harrell et al., 2012).

2.3.6 Analisis *Output* Simulasi

Karena variabel input acak (seperti waktu aktivitas) digunakan untuk menggerakkan model, ukuran output dari simulasi (laju *throughput*, waktu tunggu rata-rata, dll) juga akan menjadi acak. Hal ini berarti bahwa ukuran kinerja berdasarkan output model hanya perkiraan dan bukan ukuran yang tepat. Menjalankan simulasi sekali memberikan sampel acak tunggal dari output yang berfluktuasi yang mungkin mewakili atau tidak dari output yang diharapkan atau rata-rata.

Dalam melakukan percobaan simulasi, satu putaran simulasi merupakan satu replikasi percobaan. Hasil replikasi mewakili sampel tunggal. Untuk mendapatkan ukuran sampel n, simulasi perlu dijalankan sebanyak n replikasi independen percobaan. Ukuran sampel yang representatif akan menjadi indikator yang baik tentang apa yang dapat diharapkan terjadi untuk replikasi berikutnya. Tidak setiap replikasi akan menghasilkan perilaku yang persis sama karena variabilitas acak. Jumlah replikasi dapat dihitung dengan cara sebagai berikut: (Harrell et al., 2012)

$$n' = \left(\frac{Z_{\alpha/2} * S}{e}\right)^2$$

n’ = perkiraan kasar untuk jumlah replikasi yang akan memberikan ukuran sampel yang memadai untuk memenuhi jumlah kesalahan absolut yang diinginkan e dan tingkat signifikansi α.

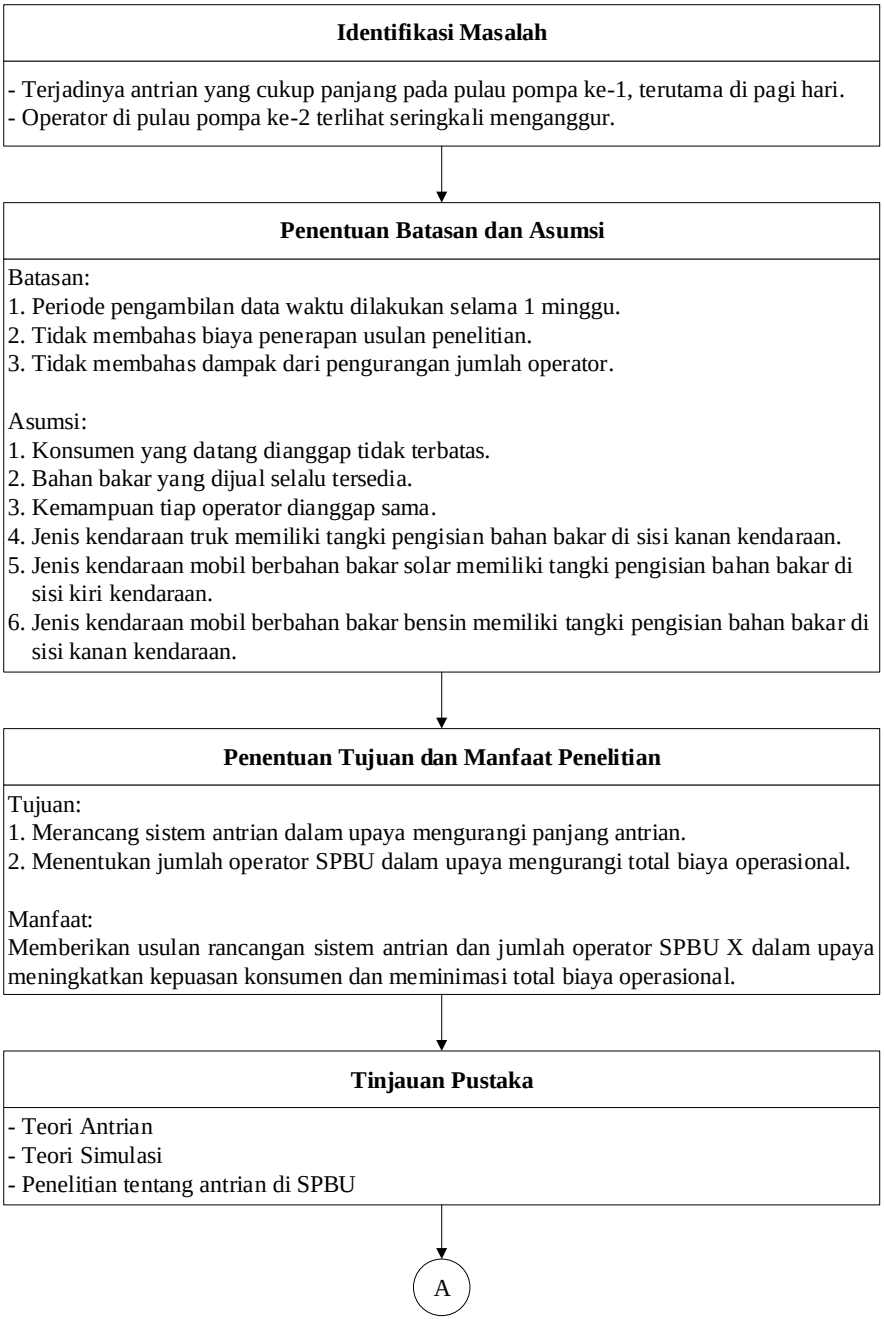
e = *error* = *hw* (*half-width*) = BKA - $\bar{x}$ atau $\bar{x}$ – BKB.

2.3.7 Simulasi *Terminating* dan Simulasi *Nonterminating*

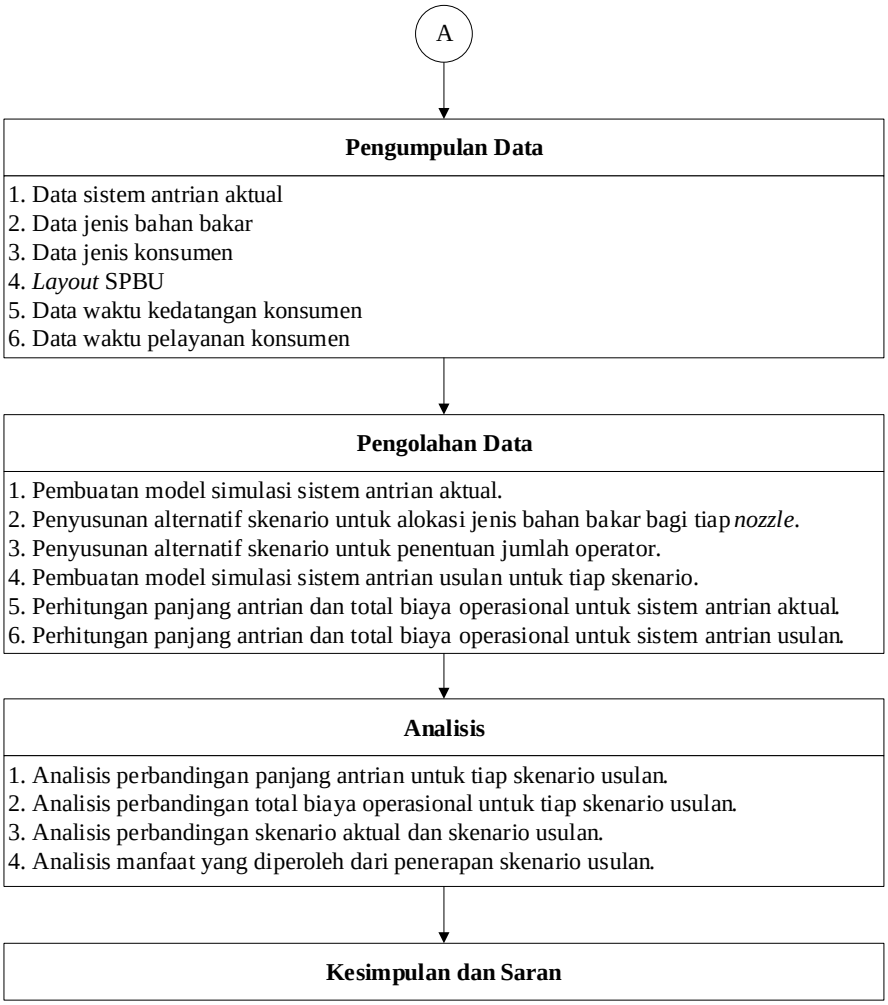
Dalam menentukan prosedur eksperimental, seperti berapa banyak replikasi dan cara mengumpulkan data statistik, tergantung kepada jenis simulasi yang harus dilakukan. Ada dua jenis simulasi, yaitu simulasi *terminating* dan simulasi *nonterminating*. Simulasi *terminating* dilakukan untuk mengamati perilaku sistem selama periode tertentu, misalnya, pergerakan mobil pada sistem jalan raya selama jam sibuk. Simulasi *nonterminating* dilakukan untuk mengamati perilaku kondisi *steady-state* dari suatu sistem, misalnya, perilaku rata-rata jangka panjang dari sistem produksi yang terus menghasilkan busi untuk mesin mobil. Tujuan dari bagian ini adalah memberikan pedoman untuk memutuskan jenis simulasi yang paling tepat untuk analisis yang diberikan (Harrell et al., 2012).

BAB 3
METODE PENELITIAN

Agar penelitian ini lebih terarah dalam mencapai tujuannya, maka perlu dilakukan langkah-langkah yang sistematis. Langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Metodologi Penelitian



Gambar 3. Bagan Metodologi Penelitian (Lanjutan)

Penjelasan tentang langkah-langkah penelitian yang dilakukan:

1. Identifikasi Masalah

Berikut ini adalah masalah yang teridentifikasi pada penelitian ini:

a. Terjadinya antrian yang cukup panjang pada pulau pompa ke-1, terutama di pagi hari.
b. Operator di pulau pompa ke-2 terlihat seringkali menganggur.

2. Penentuan Batasan Masalah dan Asumsi

Berikut ini adalah batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini:

a. Periode pengambilan data waktu dilakukan selama 1 minggu.
b. Tidak membahas biaya penerapan usulan penelitian.
c. Tidak membahas dampak dari pengurangan jumlah operator.

Berikut ini adalah asumsi yang digunakan pada penelitian ini:

a. Konsumen yang datang dianggap tidak terbatas.
b. Bahan bakar yang dijual selalu tersedia.
c. Kemampuan tiap operator dianggap sama.
d. Jenis kendaraan truk memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kanan kendaraan.
e. Jenis kendaraan mobil berbahan bakar solar memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kiri kendaraan.
f. Jenis kendaraan mobil berbahan bakar bensin memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kanan kendaraan.

3. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Merancang sistem antrian dalam upaya meminimasi panjang antrian.
b. Menentukan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi total biaya operasional.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan usulan rancangan sistem antrian dan jumlah operator SPBU X dalam upaya meningkatkan kepuasan konsumen dan meminimasi total biaya operasional.

4. Tinjauan Pustaka

Adapun teori-teori yang dijadikan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian ini, yaitu teori antrian, teori simulasi, dan penelitian tentang antrian di SPBU.

5. Pengumpulan Data

Berikut ini adalah data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini:

a. Data sistem antrian aktual
b. Data jenis bahan bakar
c. Data jenis konsumen
d. *Layout* SPBU

e. Data waktu kedatangan konsumen
f. Data waktu pelayanan konsumen

6. Pengolahan Data

Berikut ini adalah pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini:

a. Pembuatan model simulasi sistem antrian aktual.
b. Penyusunan alternatif skenario untuk alokasi jenis bahan bakar bagi tiap *nozzle*.
c. Penyusunan alternatif skenario untuk penentuan jumlah operator.
d. Pembuatan model simulasi sistem antrian usulan untuk tiap skenario.
e. Perhitungan panjang antrian dan total biaya operasional untuk sistem antrian aktual.
f. Perhitungan panjang antrian dan total biaya operasional untuk sistem antrian usulan.

Metode simulasi digunakan karena sistem yang diamati memiliki faktor variasi waktu kedatangan dan waktu pelayanan konsumen dalam sistem yang memberikan pengaruh pada jalannya sistem. Selain itu, terdapat faktor perilaku konsumen yang memiliki pengaruh terhadap jalannya sistem, antara lain pemilihan jalur antrian konsumen dan perhitungan kapasitas antrian. Dengan menggunakan simulasi, perilaku konsumen dalam sistem dan variabilitas data dapat dipertimbangkan dan digambarkan secara lebih baik dan lebih mudah.

7. Analisis

Berikut ini adalah analisis yang dibuat pada penelitian ini:

a. Analisis perbandingan panjang antrian untuk tiap skenario usulan.
b. Analisis perbandingan total biaya operasional untuk tiap skenario usulan.
c. Analisis perbandingan skenario aktual dengan skenario usulan.
d. Analisis manfaat yang diperoleh dari penerapan skenario usulan.

8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil analisis penelitian sedangkan saran diberikan untuk membantu kemudahan penerapan usulan.

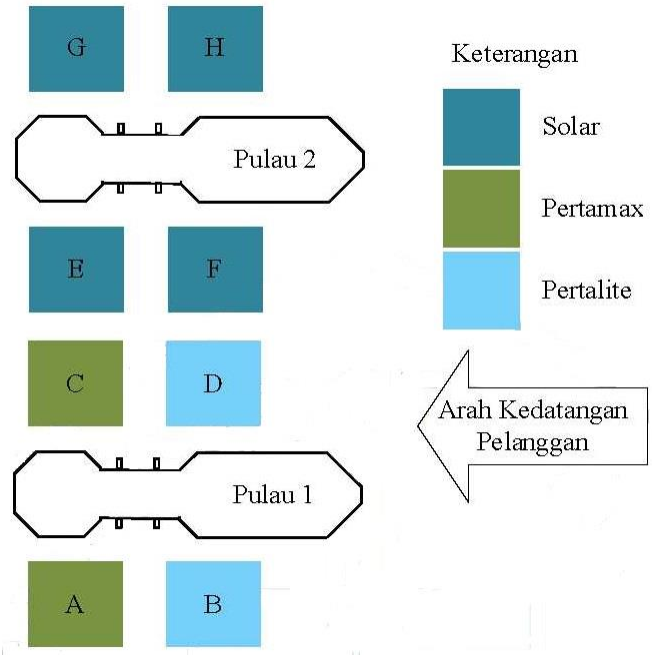
BAB 4
HASIL PENELITIAN

4.1 Analisis Hasil Simulasi Skenario Awal

Konsumen yang hendak mengisi bensin pada SPBU X pertama kali datang melalui pintu masuk. Konsumen kemudian bergerak menuju salah satu area pengisian bahan bakar yang tersedia. Pemilihan area pengisian didasari pada posisi tangki mobil, jenis kendaraan, dan bahan bakar yang hendak dibeli. Apabila area pengisian bahan bakar yang dituju sedang diisi oleh konsumen lain, maka konsumen tersebut akan membentuk antrian menuju area tersebut. Antrian yang terbentuk bersifat FIFO (*First In First Out*).

Masing-masing pulau pompa yang tersedia memiliki dua *nozzle* yang terletak di setiap sisi kiri dan kanan pulau. Pulau pompa ke-1 digunakan untuk produk Pertalite dan Pertamax, sedangkan pulau pompa ke-2 digunakan untuk produk Solar. Pengaturan tersebut diberlakukan karena pada daerah tersebut terdapat beberapa proyek pembangunan yang membutuhkan truk sebagai sarana untuk menunjang pembangunan. Selain itu, sebelumnya bahan bakar bensin dengan jenis Premium masih dijual oleh SPBU X dan ditempatkan pada salah satu *nozzle* pada pulau pompa ke-2. Namun, seiring berjalannya waktu penjualan bahan bakar Premium mulai dikurangi terkait pertimbangan Pertamina. Dengan demikian, pulau pompa ke-2 kini hanya melayani pengisian Solar.

Gambaran sistem antrian aktual diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Sistem Antrian Aktual

Panjang antrian maksimum kendaraan di masing-masing sisi pulau pompa pada sistem antrian aktual diperlihatkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Panjang Antrian Maksimum Kendaraan Sistem Antrian Aktual

Sisi Pulau Pompa	Panjang Antrian Maksimum Kendaraan
Nozzle A dan B	4
Nozzle C dan D	10
Nozzle E dan F	5
Nozzle G dan H	2

Keterangan:

Nozzle A: Pertamax (mobil)

Nozzle B: Pertalite (mobil)

Nozzle C: Pertamax (motor)

Nozzle D: Pertalite (motor)

Nozzle E dan F: Solar (truk)

Nozzle G dan H: Solar (mobil)

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa panjang antrian maksimum kendaraan pada *nozzle* C dan D relatif besar dibandingkan dengan *nozzle* lainnya, terutama dibandingkan dengan *nozzle* G dan H. Hal ini menunjukkan bahwa konsumen yang relatif banyak adalah konsumen yang membawa kendaraan jenis motor,

sedangkan konsumen yang relatif sedikit adalah konsumen yang membawa kendaraan mobil berjenis bahan bakar solar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengaturan ulang terhadap kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle* agar panjang antrian maksimum pada masing-masing sisi pulau pompa dapat lebih merata.

Rata-rata waktu menganggur operator di masing-masing *shift* kerja pada sistem antrian aktual diperlihatkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rata-rata Waktu Menganggur Operator Sistem Antrian Aktual

Shift Kerja	Rata-rata Waktu Menganggur Operator (%)
Pagi	50,70
Sore	71,40

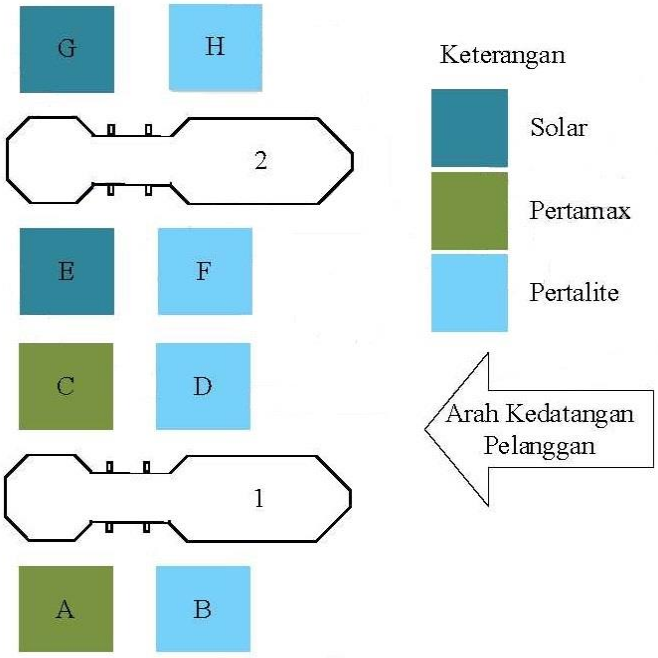
Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa persentase rata-rata waktu menganggur operator pada kedua *shift* kerja cukup tinggi (di atas 50%), terutama di sore hari yang melebihi dari 70%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah operator yang ditugaskan terlalu banyak, dimana hal ini berdampak pada pemborosan biaya operator yang merupakan salah satu komponen biaya operasional SPBU.

4.2 Analisis Hasil Simulasi Skenario Usulan

Untuk mengurangi panjang antrian maksimum kendaraan di masing-masing sisi pulau pompa, maka perlu dilakukan pengaturan ulang terhadap kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle*. Dalam penelitian Menori (2022), pengaturan ulang yang terbaik diperlihatkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.3 Pengaturan Kombinasi Terbaik Jenis Bahan Bakar pada *Nozzle*

Nozzle	Sistem Aktual		Sistem Usulan	
	Jenis Bahan Bakar	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jenis Kendaraan
A	Pertamax	Mobil	Pertamax	Mobil dan Motor
B	Pertalite	Mobil	Pertalite	Motor
C	Pertamax	Motor	Pertamax	Motor
D	Pertalite	Motor	Pertalite	Motor
E	Solar	Truk	Solar	Truk
F	Solar	Truk	Pertalite	Mobil
G	Solar	Mobil	Solar	Mobil
H	Solar	Mobil	Pertalite	Motor



Gambar 4.2 Sistem Antrian Usulan

Selanjutnya, dalam upaya meminimasi total biaya operasional SPBU, dimana salah satu komponennya adalah biaya operator, maka perlu ditentukan jumlah operator yang sebaiknya dipekerjakan pada tiap shift kerja. Alternatif pengurangan operator usulan adalah sebagai berikut:

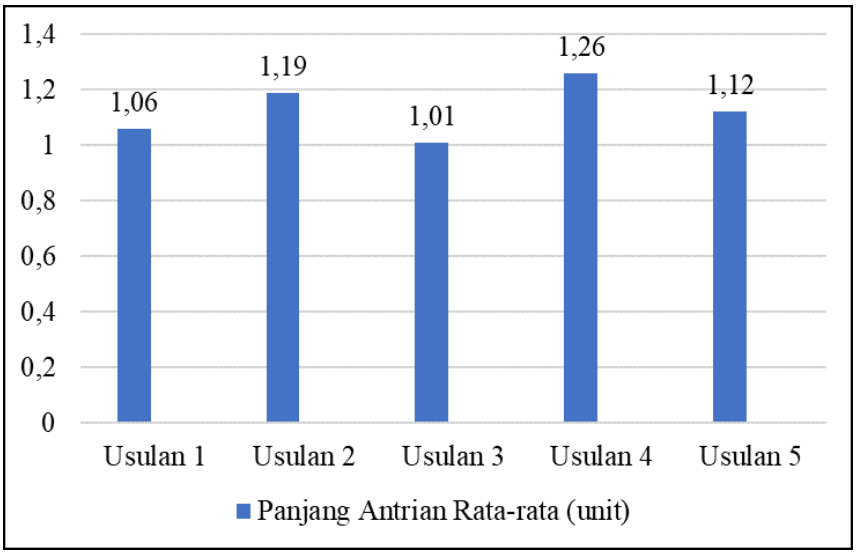
- Usulan 1: Mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 4 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.
- Usulan 2: Mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang.
- Usulan 3: Mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.
- Usulan 4: Mengurangi jumlah operator *shift* pagi yang awalnya berjumlah 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang.
- Usulan 5: Mengurangi jumlah operator *shift* pagi yang awalnya berjumlah 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang serta mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.

Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional yang timbul dari sistem antrian usulan 1 hingga usulan 5 diperlihatkan dalam Tabel 4.4.

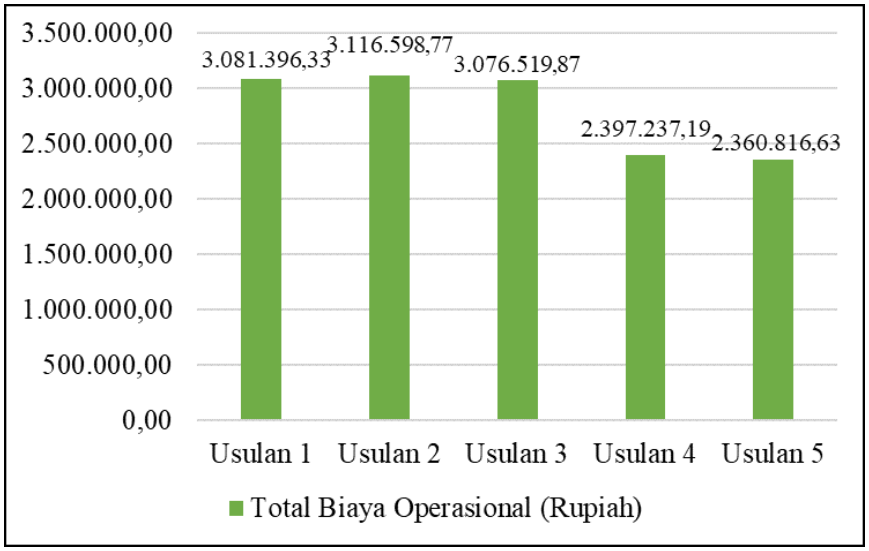
Tabel 4.4 Panjang Antrian Rata-rata Kendaraan dan Total Biaya Operasional SPBU pada Sistem Antrian Usulan

Ukuran Kinerja	Usulan 1	Usulan 2	Usulan 3	Usulan 4	Usulan 5
Panjang Antrian Rata-rata (unit)	1,06	1,19	1,01	1,26	1,12
Total Biaya Operasional (Rupiah)	3.081.396,33	3.116.598,77	3.076.519,87	2.397.237,19	2.360.816,63

Dari Tabel 4.4 terlihat bahwa usulan sistem antrian yang terbaik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan adalah usulan 3 dengan panjang antrian rata-rata terpendek sebesar 1,01 unit kendaraan. Namun, jika dilihat dari aspek total biaya operasional SPBU, sistem antrian usulan yang terbaik adalah usulan 5 dengan total biaya sebesar Rp2.360.816,63. Sistem antrian usulan yang dipilih adalah usulan 5 karena menghasilkan total biaya operasional SPBU yang terkecil dengan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 1,12 unit, yang tidak berbeda jauh dengan yang dihasilkan oleh usulan 3. Untuk lebih memperjelas, perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional antar sistem antrian usulan disajikan secara grafis berturut-turut dalam Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Perbandingan Panjang Antrian Rata-rata Kendaraan Antar Sistem Antrian Usulan



Gambar 4.4 Perbandingan Total Biaya Operasional SPBU Antar Sistem Antrian Usulan

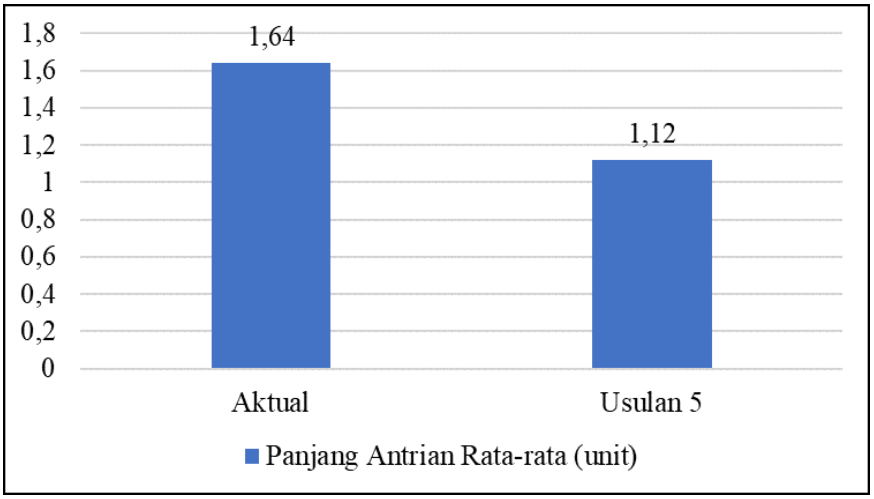
Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian aktual dan sistem antrian usulan 5 diperlihatkan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Panjang Antrian Rata-rata Kendaraan dan Total Biaya Operasional SPBU pada Sistem Antrian Aktual dan Usulan 5

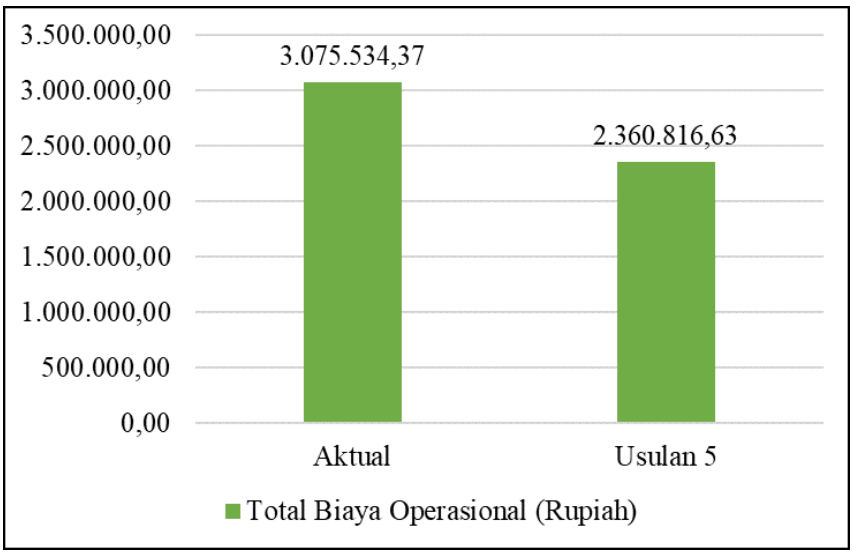
Ukuran Kinerja	Aktual	Usulan 5
Panjang Antrian Rata-rata (unit)	1,64	1,12
Total Biaya Operasional (Rupiah)	3.075.534,37	2.360.816,63

Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa penerapan sistem antrian usulan 5 lebih baik dibandingkan dengan sistem antrian aktual, karena menghasilkan panjang antrian rata-rata kendaraan yang lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh sistem antrian aktual, dimana terjadi pengurangan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 0,52 unit atau 31,71%. Di samping itu, total biaya operasional SPBU pada sistem antrian usulan 5 lebih kecil dibandingkan dengan sistem antrian aktual dengan besar pengurangan biaya operasional SPBU sebesar Rp714.717,74 atau 23,24%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian usulan 5 lebih baik daripada sistem antrian aktual, baik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan maupun total biaya operasional SPBU. Untuk lebih memperjelas, perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya

operasional antara sistem antrian aktual dan sistem antrian usulan 5 secara grafis ditunjukkan berturut-turut dalam Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Perbandingan Panjang Antrian Rata-rata Kendaraan Antara Sistem Antrian Aktual dan Usulan 5



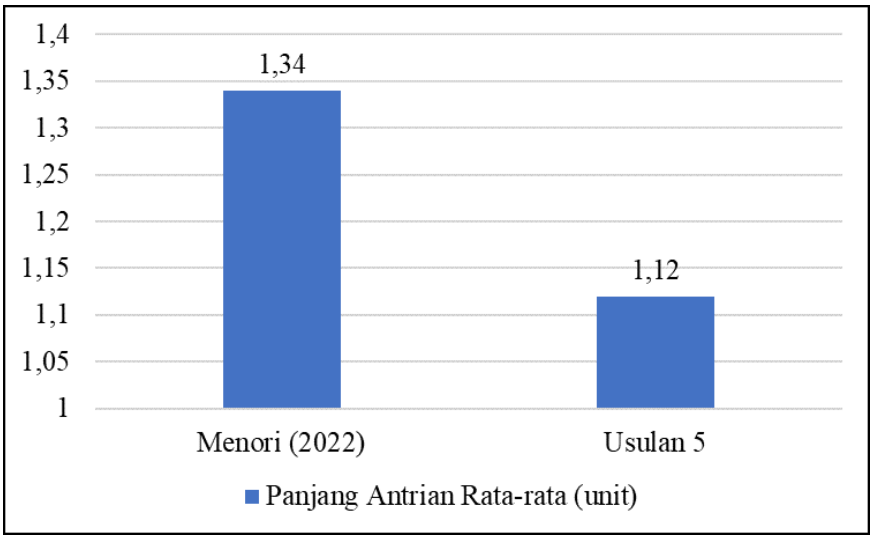
Gambar 4.6 Perbandingan Total Biaya Operasional SPBU Antara Sistem Antrian Aktual dan Usulan 5

Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian dalam penelitian sebelumnya (Menori, 2022) dan sistem antrian usulan 5 diperlihatkan dalam Tabel 4.6.

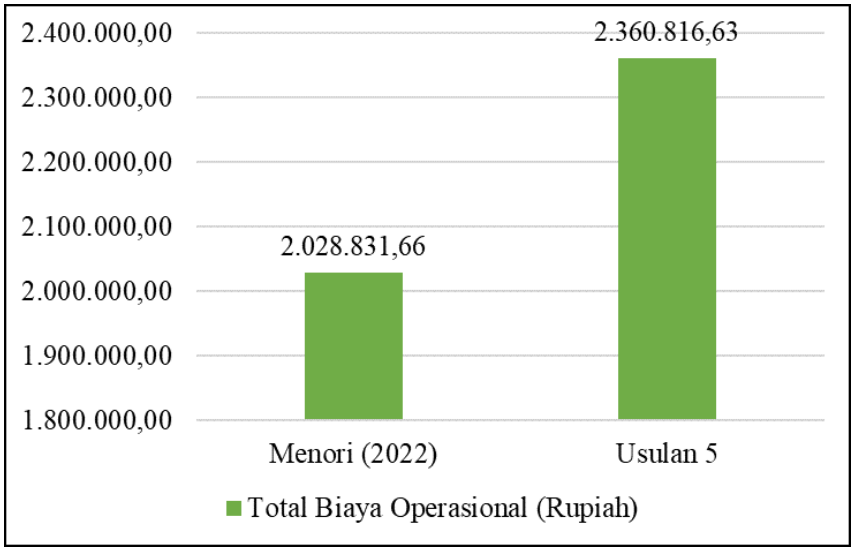
Tabel 4.6 Perbandingan Panjang Antrian Rata-rata Kendaraan dan Total Biaya Operasional SPBU Antara Sistem Antrian Penelitian Sebelumnya dan Usulan 5

Ukuran Kinerja	Menori (2022)	Usulan 5
Panjang Antrian Rata-rata (unit)	1,34	1,12
Total Biaya Operasional (Rupiah)	2.028.831,66	2.360.816,63

Dari Tabel 4.6 terlihat bahwa sistem antrian usulan 5 menghasilkan panjang antrian rata-rata kendaraan yang lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh sistem antrian penelitian sebelumnya (Menori, 2022), dimana terjadi penurunan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 0,22 unit atau 16,42%. Namun, total biaya operasional SPBU yang timbul pada sistem antrian usulan 5 sebesar Rp2.360.816,63 lebih tinggi dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh sistem antrian penelitian sebelumnya, dimana terjadi peningkatan biaya operasional SPBU sebesar Rp331.984,97 atau 16,36%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian usulan 5 lebih baik daripada sistem antrian penelitian sebelumnya dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan, sedangkan sistem antrian penelitian sebelumnya lebih baik daripada sistem antrian usulan 5 dari aspek total biaya operasional SPBU. Untuk lebih jelasnya, perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional antara sistem antrian penelitian sebelumnya dan sistem antrian usulan 5 secara grafis berturut-turut ditunjukkan dalam Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Perbandingan Panjang Antrian Rata-rata Kendaraan Antara Sistem Antrian Penelitian Sebelumnya dan Usulan 5



Gambar 4.8 Perbandingan Total Biaya Operasional SPBU Antara Sistem Antrian Penelitian Sebelumnya dan Usulan 5

BAB 5
SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan dalam bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut:

1. Sistem antrian yang sebaiknya diterapkan di SPBU X adalah melakukan perubahan antrian untuk 4 buah *nozzle*, yaitu *nozzle* A, B, F dan H. Perubahan untuk tiap nozzle tersebut adalah sebagai berikut:
   - *Nozzle* A yang berisi pertamax, dimana semula diperuntukkan bagi mobil saja, diusulkan untuk motor juga.
   - *Nozzle* B yang berisi pertalite, dimana semula untuk mobil diubah menjadi untuk motor.
   - Nozzle F yang semula berisi solar untuk truk diubah menjadi pertalite untuk mobil.
   - Nozzle H yang semula berisi solar untuk mobil diubah menjadi pertalite untuk motor.

2. Untuk pengurangan operator usulan ada 5 alternatif, dimana alternatif terbaik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan adalah usulan 3 (mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) dengan panjang antrian rata-rata sebesar 1,01 unit kendaraan. Namun, sistem antrian usulan 5 (mengurangi jumlah operator *shift* pagi yang awalnya berjumlah 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang serta mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) menghasilkan total biaya operasional terkecil, yaitu sebesar Rp2.360.816,63. Dari kedua alternatif ini dipilih usulan 5 karena menghasilkan total biaya operasional SPBU terkecil dengan panjang antrian rata-rata kendaraan yang hampir sama dengan yang dihasilkan usulan 3 (selisih 0,11).

3. Manfaat yang dapat diperoleh dari penerapan sistem antrian usulan 5 dibandingkan dengan sistem antrian aktual adalah terjadinya pengurangan

panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 0,52 unit atau 31,71% dan penurunan total biaya operasional SPBU sebesar Rp714.717,74 atau 23,24%.

DAFTAR PUSTAKA

Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. O. (2012). *Simulation Using ProModel* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Menori, C. I. (2022). *Usulan Penentuan Jumlah Operator dan Kombinasi Jenis Bahan Bakar pada Nozzle untuk Mengurangi Biaya Operasional dengan Menggunakan Metode Simulasi (Studi Kasus di SPBU X - NTT)*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

ProModel Corporation. (2011). *ProModel Version 11 User Guide*. ProModel Corporation.

Taha, H. A. (2011). *Operations Research: An Introduction* (9th ed.). Prentice Hall.

LAMPIRAN

BIODATA KETUA DAN ANGGOTA TIM PENELITI

Biodata ketua dan anggota tim peneliti adalah sebagai berikut:

Ketua Peneliti

- Nama Lengkap : David Try Liputra, S.T., M.T.
- Tempat dan Tanggal Lahir : Pematangsiantar, 27 September 1987
- Jenis Kelamin : Laki-laki
- NIK / NIDN : 230693 / 0427098702
- Jabatan fungsional : Asisten Ahli
- Fakultas / Program Studi : Teknik / Teknik Industri
- Bidang Keahlian : Optimisasi Sistem Industri
- Email dan HP : david.tl@eng.maranatha.edu / 087882888808

Anggota Peneliti 1

- Nama lengkap : Ir. Kartika Suhada, M.T.
- Tempat dan Tanggal Lahir : Jakarta, 8 Desember 1967
- Jenis Kelamin : Perempuan
- NIK / NIDN : 230036 / 0408126701
- Jabatan fungsional : Lektor
- Fakultas / Prodi : Teknik / Teknik Industri
- Bidang keahlian : Optimisasi Sistem Industri
- Email dan HP : tikas56@ gmail.com / 08164861330

Anggota Peneliti 2

- Nama Lengkap : Vivi Arisandhy, S.T., M.T.
- Tempat dan Tanggal Lahir : Jayapura, 25 Januari 1976
- Jenis Kelamin : Perempuan
- NIK / NIDN : 230406 / 0425017601
- Jabatan fungsional : Lektor
- Fakultas / Program Studi : Teknik / Teknik Industri
- Bidang Keahlian : Optimisasi Sistem Industri
- Email dan HP : vivi.arisandhy@eng.maranatha.edu / 082115263838

Mahasiswa Anggota Peneliti

- Nama Lengkap : Nelson Karunia Bakti
- Tempat dan Tanggal Lahir : Tasikmalaya, 2 Juli 1999
- Jenis Kelamin : Laki-laki
- NRP : 1823901

DRAFT PUBLIKASI

Perancangan Sistem Antrian dan Penentuan Jumlah Operator untuk Mengurangi Panjang Antrian dan Total Biaya Operasional dengan Metode Simulasi (Studi Kasus: SPBU X)

David Try Liputra[1], Kartika Suhada[2], Vivi Arisandhy[3], Nelson Karunia Bakti[4]
[1,2,3)] Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Surya Sumantri, M.P.H. no. 65, Bandung 40164
Email: david.tl@eng.maranatha.edu, kartika.suhada@eng.maranatha.edu,
vivi.arisandhy@eng.maranatha.edu, nelsonkaruniabakti@gmail.com

Abstrak

SPBU X menyediakan bahan bakar berjenis Pertamax, Pertalite, dan Biosolar B30 (Solar) yang terbagi ke dalam dua pulau pompa, dimana masing-masing pulau terdiri dari dua pompa pengisian bahan bakar (nozzle) di setiap sisinya. Pulau pompa ke-1 dialokasikan untuk mobil dan motor yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Pertamax dan Pertalite, sedangkan pulau pompa ke-2 dialokasikan untuk truk dan mobil bermesin diesel yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Solar. Permasalahan yang terjadi adalah antrian yang cukup panjang pada pulau pompa ke-1, terutama di pagi hari. Hal ini menunjukkan pengaturan kombinasi nozzle yang ada saat ini masih belum tepat, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang. Selain itu, operator di pulau pompa ke-2 terlihat seringkali menganggur. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah operator yang dipekerjakan melebihi dari yang dibutuhkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diusulkan perancangan sistem antrian serta penentuan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi panjang antrian dan total biaya operasional.

Dalam merancang sistem antrian usulan, terlebih dahulu dilakukan pembuatan model simulasi sistem antrian aktual. Selanjutnya disusun alternatif skenario untuk alokasi jenis bahan bakar bagi tiap nozzle, dan penyusunan alternatif skenario untuk penentuan jumlah operator. Untuk tiap skenario, kemudian dibuat model simulasi sistem antrian. Akhirnya dilakukan perhitungan panjang antrian dan total biaya operasional untuk sistem antrian aktual dan usulan.

Pengaturan ulang kombinasi nozzle terbaik sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Menori (2022), dimana dilakukan perubahan untuk 4 nozzle, yaitu nozzle A, B, F dan H. Nozzle A yang berisi pertamax dan semula diperuntukkan bagi mobil saja, diusulkan untuk motor juga. Nozzle B yang berisi pertalite, dimana semula untuk mobil diubah menjadi untuk motor. Nozzle F yang semula berisi solar untuk truk diubah menjadi pertalite untuk mobil. Nozzle H yang semula berisi solar untuk mobil diubah menjadi pertalite untuk motor. Usulan pengurangan operator ada 5 alternatif, dimana alternatif terbaik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan adalah usulan 3 (mengurangi jumlah operator shift sore dari 6 orang menjadi 5 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) dengan panjang antrian rata-rata sebesar 1,01 unit kendaraan. Namun, sistem antrian usulan 5 (mengurangi jumlah operator shift pagi dari 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator shift sore dari 6 orang menjadi 5 orang serta mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) menghasilkan total biaya operasional terkecil, yaitu sebesar Rp2.360.816,63. Dari kedua alternatif ini dipilih usulan 5 karena menghasilkan total biaya operasional SPBU terkecil dengan panjang antrian rata-rata kendaraan yang hampir sama dengan usulan 3 (selisih 0,11). Penerapan sistem antrian usulan 5 lebih baik dibandingkan dengan sistem antrian aktual, karena menghasilkan panjang antrian rata-rata kendaraan yang lebih pendek dan biaya operasional SPBU yang lebih murah. Panjang antrian rata-rata kendaraan berkurang sebesar 0,52 unit atau 31,71%. Selain itu, total biaya operasional SPBU berkurang sebesar Rp714.717,74 atau 23,24%, Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian usulan 5 lebih baik daripada sistem aktual.

Kata kunci: antrian, SPBU, simulasi, panjang antrian, total biaya operasional

Pendahuluan

Dalam menjalankan suatu bisnis dibutuhkan suatu perencanaan yang baik agar konsumen dari bisnis tersebut dapat merasa puas dengan layanan yang diberikan. Namun sebagai suatu unit bisnis yang berorientasi pada maksimasi profit, maka faktor biaya operasional dalam menjalankan proses bisnis juga harus mendapat

perhatian. Hal ini yang harus diperhatikan oleh SPBU X yang merupakan salah satu unit bisnis yang berada di Nusa Tenggara Timur.

SPBU X menyediakan bahan bakar berjenis Pertamax, Pertalite, dan Biosolar B30 (Solar) yang terbagi ke dalam dua pulau pompa, dimana masing-masing pulau terdiri dari dua pompa pengisian bahan bakar (nozzle) di setiap sisinya. Pulau pompa ke-1 dialokasikan untuk mobil dan motor yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Pertamax dan Pertalite, sedangkan pulau pompa ke-2 dialokasikan untuk truk dan mobil bermesin diesel yang hendak mengisi bahan bakar berjenis Solar.

Permasalahan yang terjadi adalah terjadinya antrian yang cukup panjang pada pulau pompa ke-1, terutama di pagi hari. Hal ini menunjukkan pengaturan kombinasi nozzle yang ada saat ini masih belum tepat, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang. Selain itu, operator di pulau pompa ke-2 terlihat seringkali menganggur. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah operator yang dipekerjakan melebihi dari yang dibutuhkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diusulkan perancangan sistem antrian serta penentuan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi panjang antrian dan total biaya operasional.

Dalam penelitian Menori telah diusulkan perubahan kombinasi jenis bahan bakar pada nozzle dan perubahan jumlah operator yang bekerja dalam tiap shift kerja untuk mengurangi biaya operasional. Namun, dalam penelitian tersebut belum mempertimbangkan panjang antrian yang terjadi (Menori, 2022). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diusulkan perancangan sistem antrian dan penentuan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi panjang antrian dan juga total biaya operasional.

Batasan yang diberikan dalam penelitian ini adalah periode pengambilan data waktu dilakukan selama 1 minggu, tidak membahas biaya penerapan usulan penelitian dan tidak membahas dampak dari pengurangan jumlah operator.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsumen yang datang dianggap tidak terbatas, bahan bakar yang dijual selalu tersedia, kemampuan tiap operator dianggap sama, jenis kendaraan truk memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kanan kendaraan, jenis kendaraan mobil berbahan bakar solar memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kiri kendaraan dan jenis kendaraan mobil berbahan bakar bensin memiliki tangki pengisian bahan bakar di sisi kanan kendaraan.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem antrian dalam upaya meminimasi panjang antrian dan menentukan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi total biaya operasional.

Metodologi

Dalam penelitian ini akan dirancang sistem antrian dan ditentukan jumlah operator SPBU dalam upaya meminimasi panjang antrian dan total biaya operasional. Dalam sistem antrian terdapat tiga elemen utama yang memiliki suatu antrian, yaitu pelanggan, fasilitas pelayanan dan antrian (Taha, 2011). Pelanggan dalam sistem antrian adalah kendaraan yang akan mengisi bahan bakar. Fasilitas pelayanannya adalah SPBU, sedangkan antrian yang terjadi adalah antrian kendaraan yang menunggu pengisian bahan bakar.

Penentuan jumlah operator tersebut akan menggunakan Metode Simulasi. Simulasi adalah pemodelan suatu proses atau sistem sedemikian rupa sehingga model meniru cara kerja dari sistem yang sebenarnya terjadi seiring waktu (Harrell et al., 2012).

Data-data yang dikumpulkan adalah data sistem antrian aktual, data jenis bahan bakar, data jenis konsumen, data *layout* SPBU, data waktu antar kedatangan konsumen, dan data waktu pelayanan konsumen.

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah dengan membuat model simulasi dengan skenario saat ini dan kemudian membuat model simulasi dengan skenario usulan. Selanjutnya akan dibandingkan hasil perhitungan panjang antrian dengan kedua skenario tersebut.

Hasil dan Pembahasan

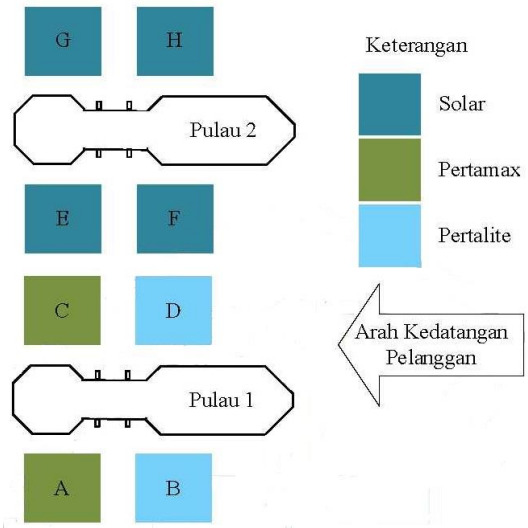
Analisis Hasil Simulasi Skenario Awal

Konsumen yang hendak mengisi bensin pada SPBU X pertama kali datang melalui pintu masuk. Konsumen kemudian bergerak menuju salah satu area pengisian bahan bakar yang tersedia. Pemilihan area pengisian didasari pada posisi tangki mobil, jenis kendaraan, dan bahan bakar yang hendak dibeli. Apabila area pengisian bahan bakar yang dituju sedang diisi oleh konsumen lain, maka konsumen tersebut akan membentuk antrian menuju area tersebut. Antrian yang terbentuk bersifat FIFO (*First In First Out*).

Masing-masing pulau pompa yang tersedia memiliki dua *nozzle* yang terletak di setiap sisi kiri dan kanan pulau. Pulau pompa ke-1 digunakan untuk produk Pertalite dan Pertamax, sedangkan pulau pompa ke-2 digunakan untuk produk Solar. Pengaturan tersebut diberlakukan karena pada daerah tersebut terdapat beberapa proyek pembangunan yang membutuhkan truk sebagai sarana untuk menunjang pembangunan. Selain itu, sebelumnya bahan bakar bensin dengan jenis Premium masih dijual oleh SPBU X dan ditempatkan pada salah satu *nozzle* pada pulau pompa ke-2. Namun, seiring berjalannya waktu penjualan bahan bakar Premium mulai dikurangi terkait pertimbangan Pertamina. Dengan demikian, pulau pompa ke-2 kini hanya melayani pengisian Solar.

Gambaran sistem antrian aktual diperlihatkan pada Gambar 1.

Panjang antrian maksimum kendaraan di masing-masing sisi pulau pompa pada sistem antrian aktual diperlihatkan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Sistem Antrian Aktual

Tabel 1. Panjang antrian maksimum kendaraan sistem antrian aktual

Sisi Pulau Pompa	Panjang Antrian Maksimum Kendaraan (buah)
Nozzle A dan B	4
Nozzle C dan D	10
Nozzle E dan F	5
Nozzle G dan H	2

Keterangan:
Nozzle A: Pertamax (mobil)
Nozzle B: Pertalite (mobil)
Nozzle C: Pertamax (motor)
Nozzle D: Pertalite (motor)
Nozzle E dan F: Solar (truk)
Nozzle G dan H: Solar (mobil)

Dari Tabel 1 terlihat bahwa panjang antrian maksimum kendaraan pada *nozzle* C dan D relatif besar dibandingkan dengan *nozzle* lainnya, terutama dibandingkan dengan *nozzle* G dan H. Hal ini menunjukkan bahwa konsumen yang relatif banyak adalah konsumen yang membawa kendaraan jenis motor, sedangkan konsumen yang relatif sedikit adalah konsumen yang membawa kendaraan mobil berjenis bahan bakar solar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengaturan ulang terhadap kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle* agar panjang antrian maksimum pada masing-masing sisi pulau pompa dapat lebih merata.

Rata-rata waktu menganggur operator di masing-masing *shift* kerja pada sistem antrian aktual diperlihatkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata waktu menganggur operator sistem antrian aktual

Shift Kerja	Rata-rata Waktu Menganggur Operator (%)
Pagi	50,70
Sore	71,40

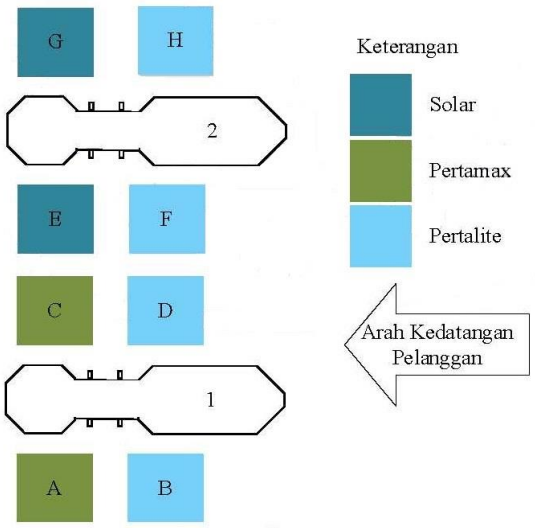
Dari Tabel 2 terlihat bahwa persentase rata-rata waktu menganggur operator pada kedua *shift* kerja cukup tinggi (di atas 50%), terutama di sore hari yang melebihi dari 70%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah operator yang ditugaskan terlalu banyak, dimana hal ini berdampak pada pemborosan biaya operator yang merupakan salah satu komponen biaya operasional SPBU.

Analisis Hasil Simulasi Skenario Usulan

Untuk mengurangi panjang antrian maksimum kendaraan di masing-masing sisi pulau pompa, maka perlu dilakukan pengaturan ulang terhadap kombinasi jenis bahan bakar pada *nozzle*. Dalam penelitian Menori (2022), pengaturan ulang yang terbaik diperlihatkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Pengaturan kombinasi terbaik jenis bahan bakar pada *nozzle*

Nozzle	Sistem Aktual		Sistem Usulan	
	Jenis Bahan Bakar	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jenis Kendaraan
A	Pertamax	Mobil	Pertamax	Mobil dan Motor
B	Pertalite	Mobil	Pertalite	Motor
C	Pertamax	Motor	Pertamax	Motor
D	Pertalite	Motor	Pertalite	Motor
E	Solar	Truk	Solar	Truk
F	Solar	Truk	Pertalite	Mobil
G	Solar	Mobil	Solar	Mobil
H	Solar	Mobil	Pertalite	Motor



Gambar 2. Sistem Antrian Usulan

Selanjutnya, dalam upaya meminimasi total biaya operasional SPBU, dimana salah satu komponennya adalah biaya operator, maka perlu ditentukan jumlah operator yang sebaiknya dipekerjakan pada tiap shift kerja. Alternatif pengurangan operator usulan adalah sebagai berikut:

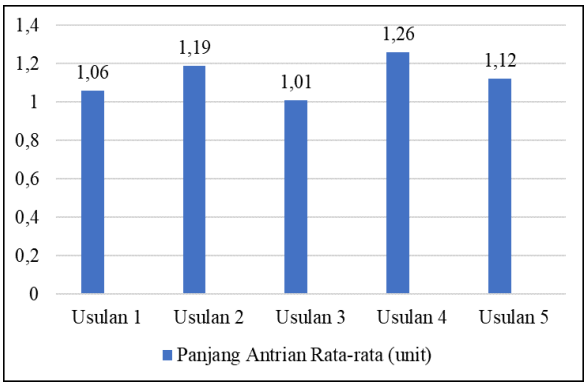
- Usulan 1: Mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 4 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.
- Usulan 2: Mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang.
- Usulan 3: Mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.
- Usulan 4: Mengurangi jumlah operator *shift* pagi yang awalnya berjumlah 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang.
- Usulan 5: Mengurangi jumlah operator *shift* pagi yang awalnya berjumlah 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang serta mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU.

Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional yang timbul dari sistem antrian usulan 1 hingga usulan 5 diperlihatkan dalam Tabel 4.

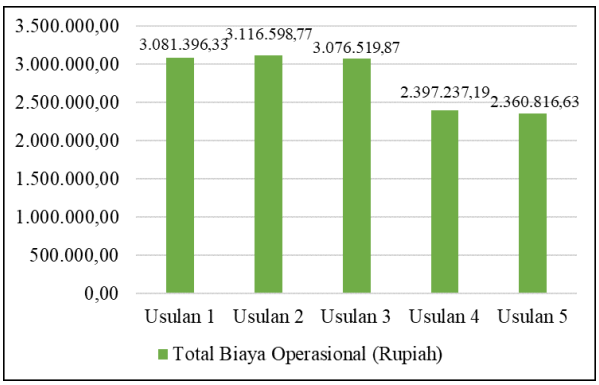
Tabel 4. Panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU pada sistem antrian usulan

Ukuran Kinerja	Usulan 1	Usulan 2	Usulan 3	Usulan 4	Usulan 5
Panjang Antrian Rata-rata (unit)	1,06	1,19	1,01	1,26	1,12
Total Biaya Operasional (Rupiah)	3.081.396,33	3.116.598,77	3.076.519,87	2.397.237,19	2.360.816,63

Dari Tabel 4 terlihat bahwa usulan sistem antrian yang terbaik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan adalah usulan 3 dengan panjang antrian rata-rata terpendek sebesar 1,01 unit kendaraan. Namun, jika dilihat dari aspek total biaya operasional SPBU, sistem antrian usulan yang terbaik adalah usulan 5 dengan total biaya sebesar Rp2.360.816,63. Sistem antrian usulan yang dipilih adalah usulan 5 karena menghasilkan total biaya operasional SPBU yang terkecil dengan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 1,12 unit, yang tidak berbeda jauh dengan yang dihasilkan oleh usulan 3. Untuk lebih memperjelas, perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional antar sistem antrian usulan disajikan secara grafis berturut-turut dalam Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan antar sistem antrian usulan



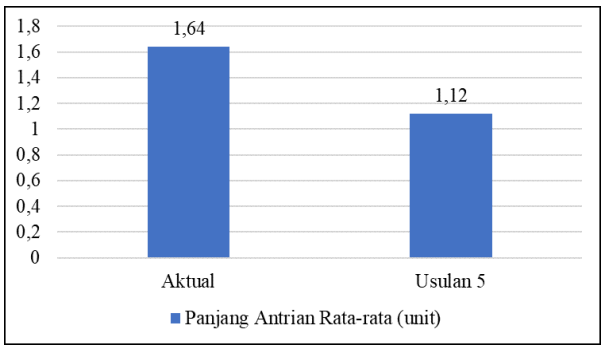
Gambar 4. Perbandingan total biaya operasional SPBU antar sistem antrian usulan

Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian aktual dan sistem antrian usulan 5 diperlihatkan dalam Tabel 5.

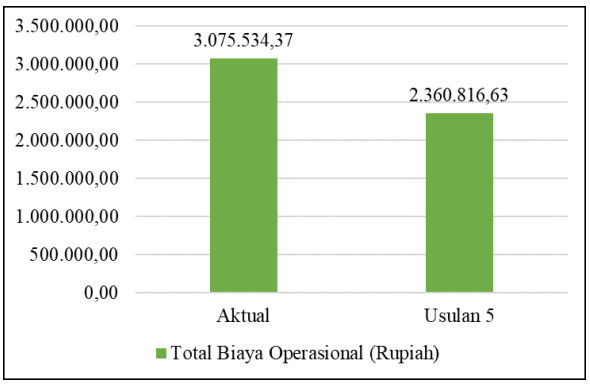
Tabel 5. Panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU pada sistem antrian aktual dan usulan 5

Ukuran Kinerja	Aktual	Usulan 5
Panjang Antrian Rata-rata (unit)	1,64	1,12
Total Biaya Operasional (Rupiah)	3.075.534,37	2.360.816,63

Dari Tabel 5 terlihat bahwa penerapan sistem antrian usulan 5 lebih baik dibandingkan dengan sistem antrian aktual, karena menghasilkan panjang antrian rata-rata kendaraan yang lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh sistem antrian aktual, dimana terjadi pengurangan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 0,52 unit atau 31,71%. Di samping itu, total biaya operasional SPBU pada sistem antrian usulan 5 lebih kecil dibandingkan dengan sistem antrian aktual dengan besar pengurangan biaya operasional SPBU sebesar Rp714.717,74 atau 23,24%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian usulan 5 lebih baik daripada sistem antrian aktual, baik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan maupun total biaya operasional SPBU. Untuk lebih memperjelas, perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional antara sistem antrian aktual dan sistem antrian usulan 5 secara grafis ditunjukkan berturut-turut dalam Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan antara sistem antrian aktual dan usulan 5



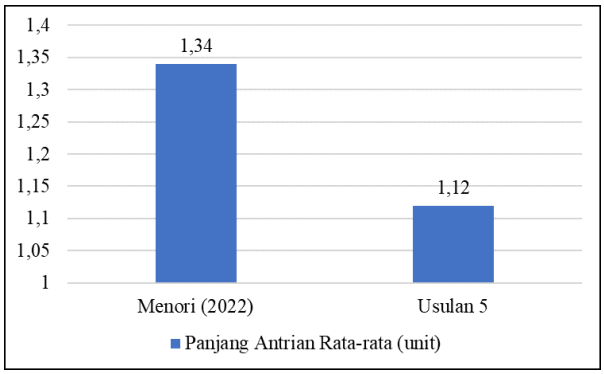
Gambar 6. Perbandingan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian aktual dan usulan 5

Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian dalam penelitian sebelumnya (Menori, 2022) dan sistem antrian usulan 5 diperlihatkan dalam Tabel 6.

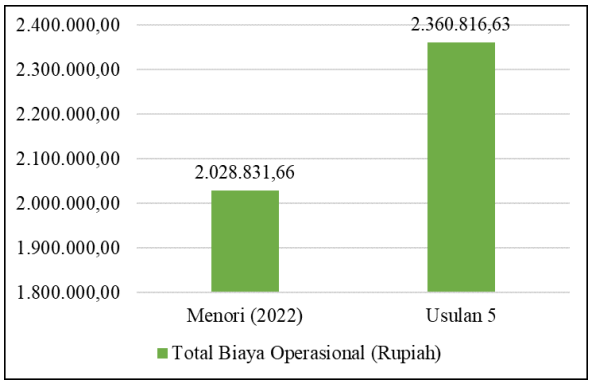
Tabel 6. Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian penelitian sebelumnya dan usulan 5

Ukuran Kinerja	Menori (2022)	Usulan 5
Panjang Antrian Rata-rata (unit)	1,34	1,12
Total Biaya Operasional (Rupiah)	2.028.831,66	2.360.816,63

Dari Tabel 6 terlihat bahwa sistem antrian usulan 5 menghasilkan panjang antrian rata-rata kendaraan yang lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh sistem antrian penelitian sebelumnya (Menori, 2022), dimana terjadi penurunan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 0,22 unit atau 16,42%. Namun, total biaya operasional SPBU yang timbul pada sistem antrian usulan 5 sebesar Rp2.360.816,63 lebih tinggi dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh sistem antrian penelitian sebelumnya, dimana terjadi peningkatan biaya operasional SPBU sebesar Rp331.984,97 atau 16,36%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian usulan 5 lebih baik daripada sistem antrian penelitian sebelumnya dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan, sedangkan sistem antrian penelitian sebelumnya lebih baik daripada sistem antrian usulan 5 dari aspek total biaya operasional SPBU. Untuk lebih jelasnya, perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan dan total biaya operasional antara sistem antrian penelitian sebelumnya dan sistem antrian usulan 5 secara grafis berturut-turut ditunjukkan dalam Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Perbandingan panjang antrian rata-rata kendaraan antara sistem antrian penelitian sebelumnya dan usulan 5



Gambar 8. Perbandingan total biaya operasional SPBU antara sistem antrian penelitian sebelumnya dan usulan 5

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut:

1. Sistem antrian yang sebaiknya diterapkan di SPBU X adalah melakukan perubahan antrian untuk 4 buah *nozzle*, yaitu *nozzle* A, B, F dan H. Perubahan untuk tiap nozzle tersebut adalah sebagai berikut:
   - *Nozzle* A yang berisi pertamax, dimana semula diperuntukkan bagi mobil saja, diusulkan untuk motor juga.
   - *Nozzle* B yang berisi pertalite, dimana semula untuk mobil diubah menjadi untuk motor.
   - Nozzle F yang semula berisi solar untuk truk diubah menjadi pertalite untuk mobil.
   - Nozzle H yang semula berisi solar untuk mobil diubah menjadi pertalite untuk motor.

2. Untuk pengurangan operator usulan ada 5 alternatif, dimana alternatif terbaik dari aspek panjang antrian rata-rata kendaraan adalah usulan 3 (mengurangi jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang dan mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) dengan panjang antrian rata-rata sebesar 1,01 unit kendaraan. Namun, sistem antrian usulan 5 (mengurangi jumlah operator *shift* pagi yang awalnya berjumlah 7 orang menjadi 5 orang dan jumlah operator *shift* sore yang awalnya berjumlah 6 orang menjadi 5 orang serta mengubah posisi pintu masuk dan pintu keluar SPBU) menghasilkan total biaya operasional terkecil, yaitu sebesar Rp2.360.816,63. Dari kedua alternatif ini dipilih usulan 5 karena menghasilkan total biaya operasional SPBU terkecil dengan panjang antrian rata-rata kendaraan yang hampir sama dengan yang dihasilkan usulan 3 (selisih 0,11).
3. Manfaat yang dapat diperoleh dari penerapan sistem antrian usulan 5 dibandingkan dengan sistem antrian aktual adalah terjadinya pengurangan panjang antrian rata-rata kendaraan sebesar 0,52 unit atau 31,71% dan penurunan total biaya operasional SPBU sebesar Rp714.717,74 atau 23,24%.

Daftar Pustaka

Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. O. (2012). *Simulation Using ProModel* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Menori, C. I. (2022). *Usulan Penentuan Jumlah Operator dan Kombinasi Jenis Bahan Bakar pada Nozzle untuk Mengurangi Biaya Operasional dengan Menggunakan Metode Simulasi (Studi Kasus di SPBU X - NTT)*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

ProModel Corporation. (2011). *ProModel Version 11 User Guide*. ProModel Corporation.

Taha, H. A. (2011). *Operations Research: An Introduction* (9th ed.). Prentice Hall.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha atas dukungan dana yang diberikan untuk kegiatan penelitian ini.