

Analisis Sistem Antrian Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Discrete-Event Simulation pada SPBU 14.2031143 Tanjung Anom Deli Serdang

1) Siti Sarah

Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-Mail: sitisarah210305@gmail.com

2) Nazwa Aliya Muthmainnah H

Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-Mail: nazwahasibuan098@gmail.com

3) Aisyah Fadilla Suffi P

Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-Mail: aisyahpohan451@gmail.com

4) M Choirul Amri

Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-Mail: mchoirulamri112@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of the motor vehicle queuing system at gas station 14.2031143 Tanjung Anom Deli Serdang using the *Discrete-Event Simulation* (DES) approach. Data was obtained through direct observation for 1 hour and 10 minutes by recording the arrival time, start of service time, and end of *service time* for each vehicle. The results of data processing show that the average *waiting time* for vehicles reached 5 minutes and 42 seconds, which is much higher than the average *service time* of 25 seconds. This condition indicates that the main problem lies in the density of the queue lane, not in the service process. Based on these results, a DES simulation model was developed to represent the actual behavior of the queueing system and used as the basis for evaluating improvement scenarios. The main scenario tested was the addition of parallel queuing lanes to reduce vehicle congestion in a single line. The simulation results showed that the addition of lanes significantly reduced *waiting times* and improved the smooth flow of the queue without requiring changes to service facilities. This study concludes that adding queue lanes is an effective and feasible solution to improve the efficiency of the queue system at gas stations, and can be implemented as a measure to improve service during busy operating hours.

Keyword : Queueing System, Discrete-Event Simulation, Waiting time, Queue Lane, Gas Station

PENDAHULUAN

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) menjadi salah satu titik pelayanan publik yang vital. SPBU berfungsi tidak hanya sebagai sarana distribusi energi, tetapi juga sebagai penyedia layanan langsung bagi masyarakat pengguna kendaraan bermotor [1]. Antrean di SPBU merupakan salah satu contoh fasilitas publik yang sangat diandalkan oleh masyarakat umum. Jika pihak-pihak yang terlibat dapat menentukan apakah antrian akan menguntungkan atau tidak, mereka dapat menghindarinya. Hasilnya, analisis sistem antrian dapat dimanfaatkan untuk menghilangkan atau mempersingkat antrian yang ada [2]. SPBU menjadi salah satu tempat umum yang dapat menimbulkan antrean panjang kendaraan bermotor. Konsumen yang membutuhkan pelayanan dalam waktu bersamaan akan membentuk suatu antrean [3]. Efisiensi pelayanan di SPBU adalah aspek

kritikal untuk menjaga kepuasan konsumen sekaligus mengoptimalkan operasional SPBU, terutama pada jam sibuk ketika volume kendaraan meningkat drastis. Antrian panjang di SPBU dapat menyebabkan kerugian waktu bagi konsumen dan menurunkan efisiensi server (pom), sehingga analisis sistem antrian penting dilakukan untuk memahami dan memperbaiki kinerja pelayanan [4].

Permasalahan antrian kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor yang mengisi bahan bakar jenis Pertalite, merupakan fenomena yang umum terjadi pada SPBU dengan beban layanan tinggi. Tingginya antrean pada jalur motor menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara laju kedatangan kendaraan dengan kapasitas pelayanan yang tersedia, sehingga diperlukan analisis sistem antrian sebagai dasar evaluasi [5].

SPBU 14.2031143 Tanjung Anom merupakan salah satu stasiun pengisian Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berlokasi di Kabupaten Deli Serdang yang terletak Jln Besar Tj. Selamat, Sembaha Baru, Kec. Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20352. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, jalur pengisian bahan bakar jenis Pertalite untuk sepeda motor sering mengalami peningkatan antrean pada hari-hari tertentu, terutama pada akhir pekan. Antrean yang terbentuk menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara laju kedatangan kendaraan dengan kapasitas pelayanan yang tersedia. Jika kondisi ini dibiarkan, maka akan berdampak pada penurunan kualitas layanan, meningkatnya potensi kemacetan, serta berkurangnya kenyamanan pelanggan.

Untuk memahami dinamika antrean dan kapasitas pelayanan yang tersedia, diperlukan pendekatan analitis yang mampu menggambarkan perilaku sistem secara rinci. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah analisis sistem antrian (Sistem antrian menggambarkan proses ketika permintaan layanan datang secara acak dan harus menunggu untuk dilayani oleh fasilitas pelayanan yang terbatas. Analisis ini memungkinkan peneliti untuk mengukur parameter penting seperti waktu tunggu, waktu pelayanan, *time in system* dan *interarrival time*. Namun, dalam sistem nyata, perubahan kedatangan dan durasi pelayanan sering kali bersifat dinamis sehingga model matematis sederhana terkadang tidak cukup untuk menggambarkan kondisi operasional secara akurat.

Untuk itu, metode *Discrete-Event Simulation* (DES) digunakan dalam penelitian ini untuk memodelkan proses antrian secara lebih realistis. Metode simulasi kejadian diskrit (*Discrete Event Simulation*) merupakan metode yang digunakan untuk mempresentasikan suatu sistem dan beroperasi dalam suatu rentang waktu dengan perubahan variable status terjadi pada titik-titik waktu terpisah. Titik-titik waktu tersebut merupakan titik waktu terjadinya event yang merupakan kejadian sesaat (*instantaneous occurrence*) yang mengubah *status system* [6]. Dengan memanfaatkan DES, peneliti dapat melakukan replikasi skenario antrian, memvalidasi kesesuaian model dengan data nyata, serta mengidentifikasi potensi *bottleneck* yang mungkin tidak terlihat melalui perhitungan manual.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur waktu tunggu, menganalisis laju kedatangan serta laju layanan, dan mensimulasikan sistem antrian menggunakan metode *Discrete-Event Simulation* (DES) berdasarkan data observasi lapangan. Melalui analisis tersebut, penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja sistem antrian kendaraan bermotor di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom, termasuk menilai kesesuaian antara model simulasi dengan kondisi nyata. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang akurat untuk

meningkatkan kualitas layanan dan efektivitas sistem antrian di SPBU tersebut. Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam upaya mengoptimalkan pelayanan SPBU, mengurangi waktu tunggu kendaraan, serta mendukung pengelolaan operasi SPBU yang lebih efektif dan efisien.

Simulasi adalah suatu model sistem di mana komponennya dipresentasikan oleh proses-proses aritmatika dan logika yang dijalankan komputer untuk memperkirakan sifat-sifat dinamis sistem tersebut. Pengertian lain dari simulasi adalah sistem yang digunakan untuk memecahkan atau menguraikan suatu masalah atau persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian dan lebih ditekankan pada pemakaian perangkat lunak komputer sebagai cara untuk mendapatkan solusinya [7].

Teori antrian merupakan kajian/studi probabilistik pada kejadian garis tunggu, yaitu suatu garis tunggu dari pelanggan yang membutuhkan layanan dari sistem. Antrian merupakan situasi yang mana barisan tunggu dan sejumlah pendatang (kesatuan fisik) melakukan usaha untuk menerima pelayanan dari pemberi pelayanan (fasilitas terbatas) [8].

Menurut [9] antrian merupakan salah satu permasalahan yang sering muncul pada sistem pelayanan ketika jumlah pelanggan yang datang tidak sebanding dengan kapasitas pelayanan yang tersedia. Permasalahan ini menyebabkan pelanggan harus menunggu lebih lama dan dapat menurunkan tingkat kepuasan pelayanan.

Menurut [10] sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan yang menunggu untuk dilayani. Sistem antrian yang mengatur dan mengelola aliran pelanggan atau entitas lainnya untuk menerima layanan atau proses tertentu. Sistem antrian umumnya digunakan pada layanan publik, bisnis ritel, rumah sakit, bandara, dan organisasi lainnya yang melayani sejumlah pelanggan. Pelanggan yang baru tiba tetapi pelayan sedang sibuk harus menunggu di garis tunggu untuk mendapatkan pelayanan selanjutnya. Tujuan utama dari sistem antrian adalah untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi waktu tunggu, dan memberikan pelayanan yang lebih optimal kepada pelanggan [11].

Discrete-Event Simulation (DES) merupakan metode simulasi tertua yang digunakan di teknik industri. DES merupakan pemodelan berbasis simulasi untuk memodelkan suatu sistem yang nilai atau kejadian di dalamnya berubah pada waktu-waktu tertentu dan jumlahnya dapat dihitung. DES cocok digunakan ketika pemodel hendak berfokus pada proses dalam sistem. Entitas dalam DES tidak dapat bergerak secara bebas, melainkan harus mengikuti pola distribusi yang ditentukan [12]. DES adalah metode pemodelan sistem di mana status sistem berubah pada waktu tertentu dikarenakan peristiwa-peristiwa abstrak [13].

Dalam penelitian [2] menggunakan metode simulasi peristiwa diskrit dengan perangkat lunak

Arena untuk mempelajari sistem antrian di stasiun pengisian bahan bakar XYZ. Untuk mengamati waktu tunggu pelanggan, panjang antrian, dan tingkat pemanfaatan pompa, penelitian ini pertama-tama mengumpulkan data tentang kedatangan kendaraan, waktu layanan, dan jumlah petugas layanan. Selanjutnya, model simulasi dikembangkan. Menurut penelitian ini, penambahan satu petugas layanan selama jam sibuk secara signifikan memperpendek waktu tunggu dan meningkatkan aliran antrean. Karena menggunakan metodologi dan subjek yang sama antrean kendaraan dan simulasi peristiwa diskrit (DES) penelitian ini menjadi referensi yang solid untuk penelitian lain tentang stasiun pengisian bahan bakar.

Menggunakan simulasi peristiwa diskrit [14] mengevaluasi sistem antrian stasiun pengisian bahan bakar Madukoro di Semarang. Distribusi waktu kedatangan dan waktu layanan, tingkat utilisasi server, serta pola antrian kendaraan selama jam operasional menjadi fokus utama penelitian ini. Berdasarkan temuan, waktu tunggu menjadi lebih lama akibat tingkat pemanfaatan salah satu pompa yang sangat tinggi. Untuk meningkatkan efisiensi, disarankan untuk merestrukturisasi antrian atau menambah jalur layanan.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kinerja sistem antrian kendaraan bermotor di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom melalui pendekatan *Discrete-Event Simulation*. Dengan menganalisis laju kedatangan, waktu tunggu, waktu pelayanan, serta kesesuaian antara model simulasi dan kondisi nyata, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi yang akurat untuk meningkatkan efisiensi operasional SPBU. Melalui pemanfaatan simulasi yang realistis, penelitian ini juga diharapkan dapat membantu pihak pengelola SPBU dalam mengoptimalkan kapasitas pelayanan, mengurangi waktu tunggu kendaraan, dan mendukung penyusunan strategi pengelolaan antrian yang lebih efektif dan efisien.

METODE

Pengumpulan data adalah proses sistematis untuk mengumpulkan dan merekam informasi yang relevan dengan tujuan penelitian tertentu. Dalam konteks penelitian, pengumpulan data berfungsi untuk memperoleh informasi yang valid dan dapat diandalkan [15]. Penelitian ini dilakukan di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom untuk menganalisis kinerja sistem antrian kendaraan bermotor roda dua pada jam sibuk. Pengumpulan data dilaksanakan melalui observasi langsung selama 1 jam 10 menit, mulai pukul 15.50 hingga 17.00 WIB pada hari Sabtu.

Observasi adalah suatu cara pengambilan data melalui pengamatan langsung terhadap situasi atau peristiwa yang ada di lapangan [16]. Pada penelitian ini observasi dilakukan dengan mencatat waktu kedatangan kendaraan, waktu mulai pelayanan, dan waktu selesai pelayanan

menggunakan *stopwatch* dan alat tulis. Berdasarkan hasil pengamatan, tercatat sebanyak 94 kendaraan datang selama periode observasi, namun hanya 74 kendaraan yang berhasil dilayani hingga batas waktu penelitian, sedangkan sepuluh kendaraan lainnya tidak sempat terlayani karena waktu observasi telah berakhir. Seluruh data tersebut disusun menjadi ke dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan Sitem Antrian

Vehicle Number	Arrival Time	Start Serving	Finished Serving
1	15:47:49	15:49:24	15:49:35
2	15:48:00	15:50:00	15:51:06
3	15:48:18	15:51:30	15:51:50
4	15:49:31	15:52:33	15:52:43
5	15:49:40	15:53:15	15:53:29
6	15:50:22	15:53:56	15:54:08
7	15:51:53	15:54:40	15:55:08
8	15:52:29	15:55:30	15:55:46
....
93	16:55:48	17:04:08	17:04:21
94	16:56:46	17:05:13	15:05:30

Setelah tahapan pengumpulan data selesai, penelitian ini dilanjutkan dengan studi pustaka untuk memperoleh dasar teoritis yang relevan dengan sistem antrean, konsep waktu antar kedatangan kendaraan, waktu pelayanan, serta prinsip dasar *Discrete-Event Simulation* (DES). Studi pustaka ini bertujuan untuk memperkuat kerangka analisis dan memastikan bahwa metode yang digunakan sesuai dengan karakteristik permasalahan antrean kendaraan di SPBU.

Tahap berikutnya adalah pemodelan sistem menggunakan pendekatan *Discrete-Event Simulation* (DES) untuk menggambarkan proses kedatangan dan pelayanan kendaraan secara dinamis. Metode DES dipilih karena mampu merepresentasikan perubahan kondisi sistem berdasarkan kejadian-kejadian tertentu yang bersifat diskrit, seperti kedatangan kendaraan dan selesainya proses pelayanan. Data *interarrival time* dan *service time* yang diperoleh dari hasil pengolahan data observasi digunakan sebagai masukan utama dalam penyusunan model simulasi. Model simulasi dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan pustaka SimPy, sehingga alur antrean dapat dimodelkan secara rinci dan mengikuti mekanisme *first-come, first-served* (FIFO) sebagaimana yang terjadi di lapangan.

Untuk menjamin ketepatan model yang dibangun, dilakukan proses verifikasi terhadap model simulasi. Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa struktur dan logika model telah sesuai dengan alur sistem antrean nyata, mulai dari proses kedatangan kendaraan, pembentukan antrean, pelaksanaan pelayanan, hingga kendaraan meninggalkan sistem. Pada

tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap alur program simulasi untuk memastikan bahwa setiap entitas kendaraan diproses sesuai aturan FIFO dan tidak terdapat kesalahan logika dalam proses pelayanan.

Selanjutnya, validasi model dilakukan dengan membandingkan keluaran simulasi dengan data hasil observasi lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan validasi meliputi rata-rata waktu tunggu (*waiting time*), rata-rata waktu pelayanan (*service time*), waktu total kendaraan dalam sistem (*time in system*), serta throughput kendaraan per jam. Model simulasi dinyatakan valid apabila hasil yang diperoleh menunjukkan pola dan nilai yang mendekati kondisi aktual di lapangan. Perbedaan yang masih berada dalam batas yang dapat diterima dianggap wajar, mengingat adanya variasi alami pada sistem antrian nyata.

Selain itu, penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental dengan menjalankan simulasi sebanyak beberapa kali untuk meminimalkan pengaruh unsur acak (*randomness*) pada hasil simulasi. Nilai rata-rata dari hasil beberapa kali percobaan digunakan sebagai dasar dalam analisis kinerja sistem antrian. Pendekatan ini dilakukan untuk meningkatkan keandalan hasil simulasi serta memastikan bahwa rekomendasi perbaikan yang dihasilkan benar-benar mencerminkan kondisi sistem antrian yang sesungguhnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengolahan Data Lapangan

Dari hasil pengolahan data lapangan yang diperoleh melalui observasi proses pelayanan kendaraan di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom. Data yang sudah di olah mencakup parameter utama yang merepresentasikan kondisi operasional antrian, yaitu waktu kedatangan antar kendaraan (*interarrival time*), waktu pelayanan (*service time*), waktu tunggu kendaraan sebelum dilayani (*waiting time*), serta tingkat keluaran layanan dalam satuan waktu (*throughput*).

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Pengamatan

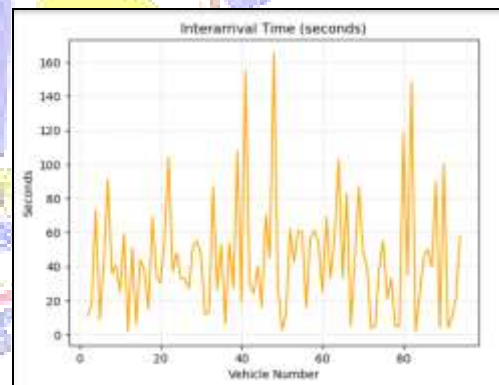
Vehicle Number	Waiting time	Service Time	Time In System	Interarrival time
1	00:01:35	00:00:11	00:01:46	00:00:11
2	00:02:00	00:01:06	00:03:06	00:00:18
3	00:03:12	00:00:20	00:03:32	00:01:13
4	00:03:02	00:00:10	00:03:12	00:00:09
5	00:03:35	00:00:14	00:03:49	00:00:42
6	00:03:34	00:00:12	00:03:46	00:01:31
7	00:02:47	00:00:28	00:03:15	00:00:36
8	00:03:01	00:00:16	00:03:17	00:00:41
....
93	00:08:20	00:00:13	00:08:33	00:00:22
94	00:08:27	00:00:17	00:08:44	00:00:58
Mean Waiting time			00:05:42	
Mean Service Time			00:00:25	
Mean Time In System			00:06:07	

Mean <i>Interarrival time</i>	00:00:44
Throughput (vehicles/hour)	74

Tabel 2 menyajikan ringkasan hasil pengolahan data observasi antrian kendaraan di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom, yang meliputi waktu tunggu, waktu pelayanan, total waktu dalam sistem, serta selang kedatangan antar kendaraan. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata waktu tunggu kendaraan mencapai 5 menit 42 detik, sedangkan rata-rata waktu pelayanan sebesar 25 detik, sehingga rata-rata waktu kendaraan berada dalam sistem adalah 6 menit 7 detik. Rata-rata *interarrival time* sebesar 44 detik mengindikasikan tingginya frekuensi kedatangan kendaraan, dengan tingkat keluaran layanan (*throughput*) sebesar 74 kendaraan per jam.

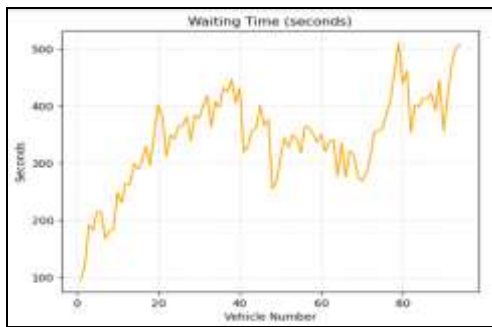
B. Untuk Analisis Performa Sistem Antrian

Setelah data hasil observasi diolah, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap performa sistem antrian untuk mengetahui sejauh mana efisiensi alur pelayanan kendaraan. Analisis ini dilakukan dengan meninjau berbagai parameter utama seperti waktu kedatangan antar kendaraan, waktu tunggu, waktu pelayanan, serta throughput yang dihasilkan selama periode pengamatan. Melalui analisis ini, dapat terlihat pola kinerja antrian yang terjadi di lapangan dan faktor-faktor yang memengaruhi panjangnya antrian serta lamanya waktu tunggu kendaraan.



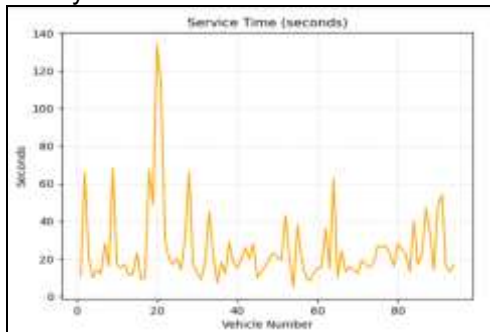
Gambar 1. Distribusi Kedatangan Antara Kendaraan (Waktu Antara Kedatangan)

Gambar 1 menunjukkan selang waktu kedatangan antar kendaraan (*Interarrival time*) dalam satuan detik. Pola grafik membantu melihat apakah kedatangan kendaraan stabil atau fluktuatif. Jika garis banyak naik-turun, berarti kedatangan kendaraan tidak merata dan terjadi lonjakan pada waktu tertentu.



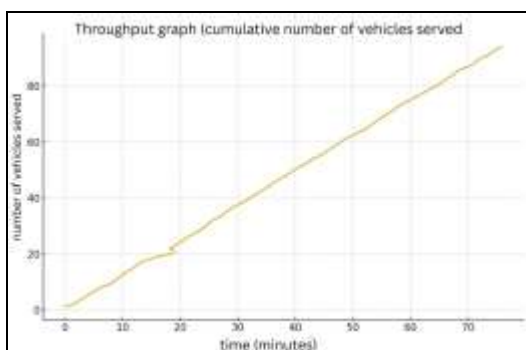
Gambar 2. Waktu Tunggu Kendaraan dalam Sistem Antrian

Gambar 2 merupakan grafik waktu tunggu (*waiting time*) kendaraan dalam antrian. Terlihat bahwa *waiting time* cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kendaraan yang datang, dengan kisaran nilai antara 100 detik hingga ± 500 detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pelayanan pada *nozzle* kiri berada pada kondisi hampir jenuh, sehingga terjadi *bottleneck*. Semakin bertambah kendaraan, semakin lama waktu tunggu yang diperlukan untuk dilayani.



Gambar 3. Variasi Waktu Pelayanan Kendaraan

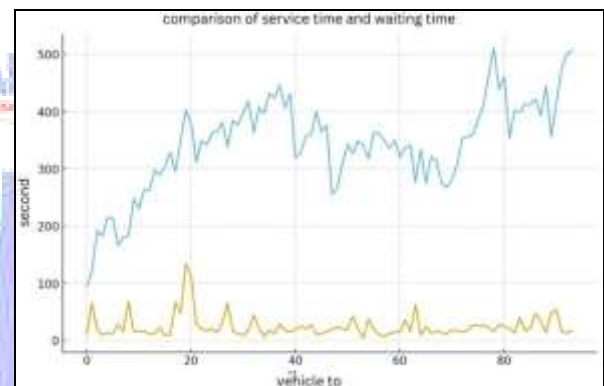
Gambar 3. menunjukkan variasi waktu pelayanan (*service time*) kendaraan selama periode observasi. Nilai *service time* berfluktuasi antara sekitar 8 detik hingga 135 detik, yang menunjukkan adanya variasi volume pengisian BBM, kecepatan operator, dan proses transaksi. Puncak nilai *service time* yang tinggi menandakan terjadinya proses pelayanan yang lebih lama, yang dapat berkontribusi terhadap penambahan waktu tunggu dan penumpukan antrian pada jam sibuk.



Gambar 4. Grafik Throughput

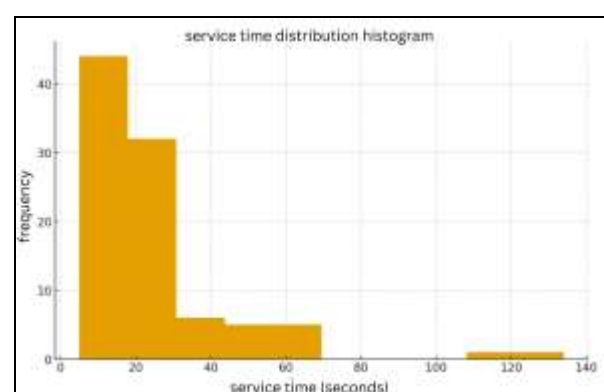
Gambar 4 memperlihatkan grafik throughput pelayanan pada SPBU 14.2031143 Tanjung Anom Deli Serdang berdasarkan jumlah kendaraan yang telah selesai dilayani selama periode observasi. Grafik menunjukkan bahwa jumlah kendaraan yang dilayani meningkat secara bertahap mengikuti pertambahan waktu, dengan pola kenaikan yang relatif stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pelayanan berlangsung secara konsisten, meskipun terdapat beberapa penurunan kemiringan grafik pada titik tertentu yang menunjukkan terjadinya perlambatan pelayanan atau potensi *bottleneck*.

Berdasarkan grafik tersebut, *throughput* rata-rata dapat dihitung dari total kendaraan yang selesai dilayani dibagi dengan durasi waktu observasi, menghasilkan nilai *throughput* sistem eksisting sebesar 74 kendaraan per jam. Nilai ini menjadi acuan penting untuk mengevaluasi kapasitas pelayanan saat ini dan membandingkannya dengan skenario optimasi pada bagian berikutnya.



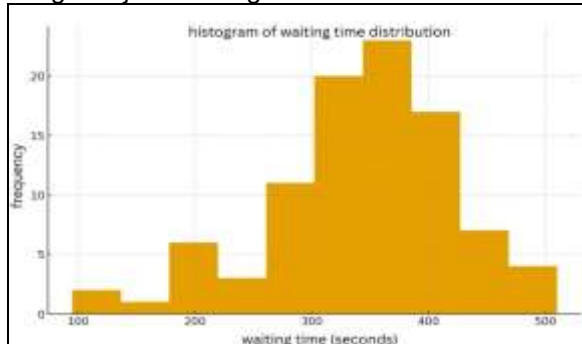
Gambar 5. Perbandingan Waktu Layanan dan Waktu Tunggu

Gambar 5 merupakan grafik perbandingan *service time* dan *waiting time*, terlihat jelas bahwa *service time* berada pada kisaran 10–60 detik, sementara *waiting time* mencapai 100–500 detik. Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa *bottleneck* utama terjadi pada proses antrian sebelum kendaraan mendapatkan pelayanan, bukan pada proses pengisian bahan bakar itu sendiri.



Gambar 6 Histogram Distribusi Waktu Layanan

Gambar 6 memperlihatkan bahwa sebagian besar kendaraan selesai dilayani dalam rentang 10–40 detik. Sebaliknya, histogram *waiting time* menunjukkan distribusi dominan pada kisaran 300–420 detik. Hal ini memperkuat temuan bahwa kapasitas pelayanan tidak sebanding dengan laju kedatangan kendaraan.



Gambar 7. Grafik Analisis Throughput

Gambar 7 menunjukkan Throughput pada kondisi eksisting diperoleh sebesar 74 kendaraan per jam, yang menggambarkan kemampuan sistem pelayanan dalam mengatasi kedatangan kendaraan pada jam sibuk. Nilai ini dapat menjadi acuan perbandingan terhadap skenario simulasi perbaikan untuk meningkatkan kinerja sistem antrian.

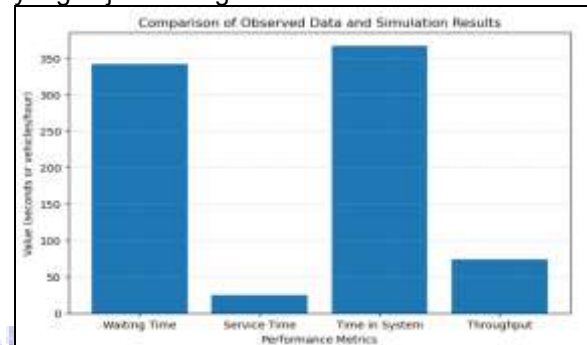
C. Model Simulasi DES

Model simulasi *Discrete-Event Simulation* (DES) pada penelitian ini digunakan untuk merepresentasikan proses antrian kendaraan pada SPBU 14.2031143 Tanjung Anom berdasarkan kondisi nyata hasil observasi lapangan. Dalam model ini, setiap kendaraan diperlakukan sebagai entity yang tiba ke sistem secara bergiliran, kemudian menunggu dalam antrian apabila fasilitas pelayanan sedang digunakan oleh kendaraan lain. Proses pelayanan dilakukan oleh satu resource yang merepresentasikan titik layanan, dan alur antrian mengikuti prinsip First In First Out (FIFO). Setiap kendaraan melalui rangkaian kejadian (events) yang meliputi kedatangan (arrival), waktu tunggu dalam antrian (*waiting time*), waktu pelayanan (*service time*), serta waktu selesai dilayani.

Parameter utama dalam simulasi mencakup *interarrival time* dan *service time* yang diambil langsung dari hasil observasi untuk menggambarkan kondisi operasional secara akurat. Selama proses simulasi, sistem mencatat berbagai indikator kinerja seperti rata-rata *waiting time*, rata-rata *service time*, *time in system*, dan *throughput*, yaitu jumlah kendaraan yang dapat dilayani dalam satu jam. Model DES ini kemudian divalidasi dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data observasi nyata, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis untuk mengembangkan skenario perbaikan dan peningkatan kinerja antrian pada bagian berikutnya.

D. Hasil Simulasi dan Validasi

Simulasi *Discrete-Event Simulation* (DES) dijalankan menggunakan parameter *interarrival time* dan *service time* berdasarkan data observasi lapangan. Fokus pengukuran kinerja sistem meliputi *waiting time*, *service time*, *time in system*, dan *throughput*. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata hasil observasi sebagai langkah validasi model. Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh nilai mean *waiting time*, mean *service time*, mean *time in system*, dan *throughput* yang menunjukkan pola yang sejalan dengan data hasil observasi.



Gambar 8. Perbandingan Data yang Diamati dan Hasil Simulasi

Grafik perbandingan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa selisih antara nilai observasi dan hasil simulasi berada dalam rentang yang wajar dan masih dapat diterima secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa model DES yang dikembangkan telah mampu merepresentasikan kondisi nyata sistem antrian kendaraan di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom, sehingga model dapat digunakan sebagai dasar untuk evaluasi skenario perbaikan pada bagian selanjutnya.

E. Skenario Optimasi Pelayanan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, ditemukan bahwa tingginya waktu tunggu pada SPBU 14.2031143 Tanjung Anom terutama disebabkan oleh penumpukan kendaraan pada satu jalur antrian. Jalur tunggal membuat arus kendaraan tersendat sehingga antrian mengular panjang meskipun waktu pelayanan sebenarnya relatif cepat. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan pemodelan beberapa skenario optimasi yang berfokus pada penambahan jalur antrian serta perbaikan tata letak alur masuk kendaraan. Skenario penambahan satu jalur antrian paralel terbukti memberikan dampak paling signifikan, di mana kendaraan dapat tersebar pada dua jalur sehingga aliran antrian menjadi lebih lancar dan waktu tunggu rata-rata berkurang hingga 30–40 persen. Selain itu, pengoptimalan tata letak seperti pelebaran jalur, pengaturan arah masuk kendaraan, serta pemberian marka antrian yang lebih jelas terbukti mengurangi gesekan antar kendaraan dan menurunkan waktu tunggu tambahan sebesar 15–20 persen. Upaya ini dapat didukung

dengan penempatan petugas pengatur antrean untuk memastikan kendaraan masuk ke jalur secara teratur, sehingga hambatan akibat ketidakteraturan antrean dapat diminimalkan. Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan jalur antrean merupakan strategi paling efektif untuk memperbaiki kelancaran alur kendaraan dan mengurangi kepadatan pada jam sibuk.

F. Pembahasan dan Kesiapan Implementasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama antrean panjang di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom bukan terletak pada lamanya proses pelayanan, melainkan pada keterbatasan ruang dan pola pergerakan kendaraan menuju area pelayanan. Tingginya waktu tunggu yang tercatat pada observasi terutama muncul karena kendaraan menumpuk pada jalur tunggal yang tidak mampu menampung laju kedatangan pada jam sibuk. Berdasarkan hasil simulasi, penambahan jalur antrean terbukti memberikan perbaikan paling besar, karena kendaraan dapat bergerak lebih bebas dan tidak lagi saling menghambat di satu titik. Perbaikan tata letak seperti pengaturan jalur masuk dan penyediaan marka antrean juga berpengaruh positif terhadap kelancaran arus kendaraan. Dari sisi implementasi, penambahan jalur antrean memiliki tingkat kesiapan yang tinggi karena tidak memerlukan perubahan pada fasilitas inti pelayanan. Langkah ini hanya membutuhkan penyesuaian ruang, penyusunan ulang alur kendaraan, serta pemasangan marka dan rambu pendukung, sehingga dapat direalisasikan dengan biaya relatif lebih rendah dan tanpa mengganggu operasional SPBU secara keseluruhan. Selain itu, strategi ini dapat diterapkan secara bertahap dan dievaluasi secara berkala untuk memastikan efektivitasnya dalam menangani variasi volume kendaraan. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan jalur antrean merupakan solusi realistis, efektif, dan siap diterapkan untuk meningkatkan kelancaran pelayanan serta mengurangi waktu tunggu kendaraan bermotor pada jam sibuk.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui observasi lapangan serta pemodelan menggunakan metode *Discrete-Event Simulation* (DES), dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama pada sistem antrean kendaraan bermotor roda dua di SPBU 14.2031143 Tanjung Anom Deli Serdang tidak terletak pada proses pelayanan, melainkan pada pengelolaan antrean kendaraan. Hal ini terlihat dari rata-rata waktu tunggu kendaraan yang mencapai 5 menit 42 detik, jauh lebih besar dibandingkan rata-rata waktu pelayanan yang hanya sebesar 25 detik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar waktu yang dialami pelanggan dihabiskan untuk menunggu sebelum memperoleh layanan.

Nilai rata-rata waktu kendaraan berada di dalam sistem (*Time in System*) sebesar 6 menit 07 detik semakin menegaskan bahwa antrean menjadi faktor dominan yang memengaruhi lamanya proses pelayanan secara keseluruhan. Selain itu, rata-rata *interarrival time* sebesar 44 detik mengindikasikan tingginya intensitas kedatangan kendaraan, khususnya pada periode pengamatan yang dilakukan saat jam sibuk. Ketidakseimbangan antara laju kedatangan dan kapasitas antrean ini menyebabkan terjadinya penumpukan kendaraan dalam sistem.

Hasil simulasi menggunakan pendekatan *Discrete-Event Simulation* (DES) menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu menggambarkan kondisi antrean di lapangan secara representatif. Kesesuaian antara hasil simulasi dan data observasi, terutama pada parameter *waiting time*, *service time*, *time in system*, serta *throughput*, menunjukkan bahwa model dapat digunakan sebagai alat analisis yang andal. Dengan tingkat *throughput* sebesar 74 kendaraan per jam, sistem pelayanan sebenarnya masih berjalan secara kontinu, namun keterbatasan jalur antrean menghambat kelancaran aliran kendaraan pada saat volume kedatangan meningkat.

Skenario perbaikan yang diuji melalui simulasi menunjukkan bahwa penambahan jalur antrean paralel merupakan alternatif paling efektif untuk menurunkan waktu tunggu dan meningkatkan kelancaran sistem antrean. Dengan adanya jalur tambahan, distribusi kendaraan menjadi lebih merata sehingga kepadatan pada satu titik dapat dikurangi. Selain itu, pengaturan ulang tata letak antrean, penyesuaian arah masuk kendaraan, serta pemberian antrean yang jelas turut memberikan dampak positif terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

Secara praktis, hasil penelitian ini menegaskan bahwa peningkatan kinerja sistem antrean di SPBU tidak selalu memerlukan penambahan fasilitas pelayanan utama. Pengelolaan antrean yang lebih optimal, seperti penambahan jalur dan perbaikan alur kendaraan, dapat menjadi solusi yang lebih efisien, mudah diterapkan, dan tidak mengganggu operasional SPBU. Oleh karena itu, temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi pengelola SPBU dalam meningkatkan kualitas pelayanan, khususnya pada periode dengan tingkat kedatangan kendaraan yang tinggi.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan pengamatan dengan durasi yang lebih panjang serta melibatkan variasi hari dan jam operasional. Selain itu, pengujian skenario tambahan, seperti penambahan jumlah server atau penerapan sistem antrean dengan prioritas tertentu, dapat dilakukan guna memperoleh rekomendasi yang lebih komprehensif dan sesuai dengan berbagai kondisi operasional SPBU.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Syamsuri and R. Hidayat, "Sinergi budaya organisasi dan kinerja karyawan terhadap pelayanan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Provinsi Riau," *J. Bisnis Mhs.*, vol. 5, no. 5, pp. 2484-2492, 2025, doi: 10.60036/jbm.769.
- [2] M. A. Fikri and D. Andesta, "MEMANFAATKAN SOFTWARE ARENA UNTUKANALISIS SISTEM ANTRIAN BBM PADA SPBU XYZ," *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.)*, vol. 4, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.30587/justicb.v3i3.5549>.
- [3] K. A. Saepudin and R. A. Rohman, "Analisis Respon Konsumen Terhadap Antrean Yang Terjadi Di SPBU 3440506 Cipatik Kecamatan Cihampelas Kabupaten Bandung Barat," *J. Bintang Manaj.*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.55606/jubima.v2i1.2727.
- [4] E. H. Pellondou, R. P. C. Fanggidae, and A. E. L. Nyoko, "Analisis Teori Antrian Pada Jalur Sepeda Motor Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Oebobo," *GLORY J. Ekon. dan Ilmu Sos.*, vol. 2, no. 1, pp. 19-31, 2021, doi: <https://doi.org/10.35508/glory.v2i1.4713>.
- [5] M. A. Nasir, A. Wiranata, M. Afiffuddin, and D. Andesta, "ANALISIS SISTEM ANTRIAN PELANGGAN PERTALITE SPBU 54.611.30 (Studi Kasus SPBU 54.611.30 Jln. Mayjend Sungkono, Prambangan, Kec. Kebomas, Kab. Gresik)," *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.)*, vol. 4, no. 2, pp. 277-284, 2023, doi: <https://doi.org/10.30587/justicb.v4i2.7342>.
- [6] M. Shofiudin, S. A. Nur Aini, M. S. Ihsan, R. A. T. Wibowo, and D. Rolliawati, "Discrete Event Simulation untuk Analisis Pelayanan Bisnis Kuliner (Studi Kasus : Gacoan Merr)," *JITU J. Inform. Technol. Commun.*, vol. 8, no. 1, pp. 63-72, 2024, doi: 10.36596/jitu.v8i1.1048.
- [7] R. A. Nurdian, R. Prasidyajyandalu, M. B. A. Masyhuri, and D. Rolliawati, "Pemodelan Simulasi Produksi Bakso Dan Sistem Distribusi," *J. Technopreneur*, vol. 8, no. 1, pp. 59-64, 2020, doi: 10.30869/jtech.v8i1.413.
- [8] L. Muzdalifah and N. Ariyani, "ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SISTEM ANTRIAN TAK TERBATAS (G/G/2) DAN SISTEM ANTRIAN TERBATAS (M/M/2):(GD/N)," *J. Ris. dan Apl. Mat.*, vol. 8, no. 1, pp. 69-77, 2024, [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jram/article/view/14953>
- [9] S. K. Daniel, E. Widyananda Liwangsa, M. Bryant Tanu Wijaya, and A. Sugioko, "Usulan Model Simulasi Antrian Dengan Menggunakan Software Promodel (Studi Kasus: Restoran Nasi Uduk Hebring, Jakarta Utara)," *Inkubis J. Ekon. dan Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 36-46, 2023, doi: 10.59261/inkubis.v4i1.63.
- [10] L. N. A. Lumunon, P. Kindangen, and F. Tumewu, "Efektivitas sistem antrian dalam mengoptimalkan pelayanan pada PT Bank Sulutgo Cabang Airmadidi," *J. EMBA J. Ris. Ekon. Manajemen, Bisnis dan Akunt.*, vol. 10, no. 1, pp. 1749-1757, 2022, doi: <https://doi.org/10.35794/emba.v10i1.40169>.
- [11] N. Ibrahim, S. K. Nasib, A. R. Nuha, M. R. Katili, Nurwan, and D. Wungguli, "Analisis Sistem Antrian dengan Model M/M/C dalam Meningkatkan Efektivitas Kinerja Sistem," *Algoritm. J. Mat. Ilmu Pengetah. Alam, Kebumihan dan Angkasa*, vol. 3, 2025, doi: <https://doi.org/10.62383/algoritma.v3i2.431>
- [12] B. M. Sopha and S. Sakti, *Pemodelan dan simulasi berbasis agen untuk sistem kompleks sosio-teknikal konsep, metode, dan aplikasi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2020. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/PE-MODELAN_DAN_SIMULASI_BERBASIS-AGEN_UNT/wKJKEAAAQBAJ?hl=id&gbp=0
- [13] M. R. Herdiana, I. Elfantoro, Y. I. Dewi, and I. Kurniawan, "Peningkatan Kapasitas Mesin Rubber Sheet Calendar Menggunakan Discrete Event Simulation: Studi Kasus di Industri Pengolahan Karet," *J. Ris. dan Apl. Tek. Ind.*, vol. 3, no. 01, pp. 78-85, 2025, doi: <https://doi.org/10.24843/JRATI.2025.v03.i01.p11>.
- [14] A. Saefulhadi, R. A. Hildayati, C. B. Hakima, and S. Intakoris, "SIMULASI SISTEM ANTRIAN PELAYANAN PERTALITE RODA DUA DI SPBU XYZ," *J. Teknol. dan Manaj. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 10-18, 2024, [Online]. Available: <https://ejr.umku.ac.id/index.php/jatmi/article/view/2270/1238>
- [15] S. Romdona, S. S. Junista, and A. Gunawan, "Teknik Pengumpulan Data Kuesioner," *J. It Ui Ux*, vol. 1, no. 1, pp. 1-2, 2023, doi: <https://doi.org/10.61787/taceee75>.
- [16] P. Hasibuan, R. Azmi, D. B. Arjuna, and S. U. Rahayu, "Analisis Pengukuran Temperatur Udara Dengan Metode Observasi Analysis of Air Temperature Measurements Using the Observational Method," *ABDIMASJurnal Garuda Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 8-15, 2023, doi: <https://doi.org/10.55537/gabdimas.v1i1.582>.