

PERANCANGAN APLIKASI WEB SIMULASI ANTRIAN PENGISIAN BBM DI SPBU BERBASIS PYTHON DENGAN METODE MONTE CARLO

Bayu Rizky Utomo^{1*}, Naufal Hanan Jati A², Arig Kusuma Jati³, Dewi Oktafiani⁴

Prodi S1 Informatika, STMIK Amikom Surakarta

Korespodensi e-mail:

^{1*}bayu.10423@mhs.amikomsolo.ac.id, ²naufal.10413@mhs.amikomsolo.ac.id, ³arig.10425@mhs.amikomsolo.ac.id, ⁴dewioktafiani@dosen.amikomsolo.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia yang meningkat setiap tahun menyebabkan tingginya aktivitas pelayanan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Kondisi ini kerap menimbulkan antrian panjang yang sulit diprediksi dan berdampak pada kenyamanan pelanggan serta efisiensi operasional. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini merancang aplikasi web simulasi antrian pengisian BBM menggunakan metode Monte Carlo. Aplikasi dikembangkan dengan bahasa pemrograman Python dan diimplementasikan pada platform web agar mudah diakses, interaktif, dan mampu menampilkan hasil secara real-time. Metode Monte Carlo digunakan untuk merepresentasikan variasi waktu kedatangan kendaraan dan waktu pelayanan yang bersifat acak. Parameter simulasi meliputi tingkat kedatangan kendaraan, jumlah pompa aktif, waktu pelayanan rata-rata, dan durasi simulasi. Sistem menghasilkan estimasi waktu tunggu rata-rata, panjang antrian, serta tingkat utilisasi pompa. Pengujian dilakukan melalui beberapa skenario untuk melihat konsistensi perilaku model terhadap perubahan parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu merepresentasikan dinamika antrian di SPBU secara baik dan memberikan estimasi yang stabil pada setiap skenario. Platform berbasis web juga meningkatkan kemudahan akses dan memungkinkan pengguna menganalisis kondisi tanpa instalasi perangkat lunak tambahan. Simulasi menunjukkan akurasi estimasi waktu tunggu mencapai 95% terhadap kondisi real..

Kata kunci: simulasi antrian; SPBU; Monte Carlo; aplikasi web; Python.

Abstract

The continuous increase in the number of motor vehicles in Indonesia has led to a higher volume of service activity at gas stations (SPBU). This situation often results in long and unpredictable queues, which negatively affect customer satisfaction and operational efficiency. To address this issue, this study designs a web-based simulation application for modeling fuel-refilling queues using the Monte Carlo method. The application is developed using the Python programming language and implemented on a web platform to ensure accessibility, interactivity, and real-time visualization of simulation results. The Monte Carlo method is employed to represent the stochastic nature of vehicle arrival times and service durations. The simulation uses several parameters, including vehicle arrival rates, the number of active pumps, average service time, and simulation duration. The system produces key outputs such as estimated average waiting time, queue length, and pump utilization levels. Multiple scenarios were tested to evaluate model consistency when parameters were varied. The results

show that the application effectively represents queue dynamics at SPBU and provides stable estimations across different scenarios. The web-based platform also enhances usability, enabling users to perform analysis without requiring additional software installation. Simulation results indicate that the accuracy of estimated waiting time reaches 95% compared to real conditions.

Keywords: *queue simulation; gas station; Monte Carlo; web application; Python.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong lahirnya berbagai aplikasi berbasis web yang mampu menyelesaikan permasalahan kompleks secara lebih cepat, fleksibel, dan mudah diakses. *Web application* berkembang menjadi platform utama untuk analisis, pemodelan, dan simulasi karena tidak memerlukan instalasi khusus, bersifat multiplatform, serta dapat digunakan oleh berbagai lapisan pengguna secara *real-time*. Penerapan simulasi berbasis web kini mulai merambah ke berbagai bidang seperti kesehatan, logistik, transportasi, dan layanan publik, termasuk sistem antrian pada fasilitas umum [1]. Keunggulan aplikasi web yang mudah diakses dan adaptif menjadikannya solusi potensial untuk membantu proses pengambilan keputusan, terutama pada sistem yang dipengaruhi oleh ketidakpastian dan dinamis seperti antrian pengisian bahan bakar di SPBU.

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang terus meningkat setiap tahunnya juga menyebabkan peningkatan signifikan terhadap volume pelayanan di SPBU. Situasi ini sering menimbulkan antrian panjang, terutama pada jam-jam sibuk, sehingga berdampak pada meningkatnya waktu tunggu, penurunan kualitas layanan, serta menurunnya efisiensi operasional. Karakteristik kedatangan kendaraan yang acak dan variatif menjadikan manajemen antrian di SPBU semakin menantang [2]. Sebagai fasilitas publik yang berperan penting dalam mendukung aktivitas transportasi masyarakat, SPBU memerlukan alat bantu analisis yang mampu memodelkan perilaku antrian secara realistis serta memberikan gambaran performa sistem dalam berbagai kondisi operasional.

Simulasi merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam menganalisis sistem antrian karena mampu menirukan perilaku nyata melalui model yang terkontrol [3]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa simulasi dapat menggambarkan dinamika antrian secara akurat dan membantu pengambilan keputusan operasional. Misalnya, penelitian mengenai simulasi antrian pada PT Pos Indonesia menggunakan metode *Monte Carlo* berhasil memprediksi waktu tunggu dan mengukur kinerja pelayanan secara lebih baik dibandingkan pendekatan analitik tradisional [4]. Studi lain mengenai antrian pendaftaran driver GO-JEK di Sidoarjo juga menunjukkan bahwa simulasi *multi channel–multi phase* mampu memetakan alur proses pelayanan secara terstruktur dan memberikan gambaran mengenai potensi *bottleneck* [5]. Metode *Monte Carlo* dikenal efektif untuk memodelkan ketidakpastian karena menggunakan bilangan acak untuk merepresentasikan variabel stokastik seperti waktu kedatangan dan waktu pelayanan [6].

Pada penelitian lain terkait pemodelan sistem antrian, *Monte Carlo* terbukti menghasilkan estimasi kinerja sistem yang mendekati kondisi nyata karena mampu menangkap variasi alami dari proses pelayanan [7]. Dalam konteks SPBU, ketidakpastian jumlah kendaraan yang datang, jenis layanan yang dibutuhkan, serta perbedaan durasi pengisian menjadikan metode *Monte Carlo* sangat relevan untuk digunakan. Selain itu, berbagai studi terkait pemodelan antrian pada fasilitas transportasi menunjukkan bahwa simulasi berperan penting dalam memperkirakan kapasitas layanan, meminimalkan waktu tunggu, dan merencanakan kebutuhan sumber daya [8]. Aplikasi pemodelan berbasis software seperti Arena, FlexSim, dan AnyLogic telah banyak digunakan untuk tujuan tersebut [7]. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih

menggunakan perangkat lunak desktop khusus sehingga kurang praktis bagi pengguna yang membutuhkan akses cepat dan fleksibel. Penelitian mengenai antrian SPBU yang telah dilakukan sebelumnya sebagian besar juga masih menggunakan model matematis atau aplikasi yang tidak berbasis web, sehingga kurang memberikan kemudahan bagi pengelola SPBU dalam melakukan simulasi secara langsung dan responsif [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi web simulasi antrian pengisian BBM di SPBU menggunakan Python dengan metode *Monte Carlo*. Aplikasi web ini dirancang agar dapat diakses dengan mudah, memiliki antarmuka interaktif, dan mampu menampilkan hasil simulasi secara *real-time*[10]. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode *Monte Carlo* ke dalam platform web berbasis Python yang bersifat interaktif dan fleksibel, berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berbasis desktop atau model statis. Dengan adanya aplikasi ini, pengelola SPBU maupun peneliti dapat mengevaluasi performa antrian, menguji berbagai skenario operasional, serta memperoleh gambaran operasional yang lebih akurat untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Penelitian ini berkontribusi ilmiah dalam menciptakan simulasi yang berbasis web dengan metode stokastik guna mendukung peningkatan efisiensi operasional SPBU.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada studi berjudul “Perancangan Aplikasi Web Simulasi Antrian Pengisian BBM di SPBU Berbasis Python dengan Metode *Monte Carlo*” dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Diagram Metode Penelitian

Menentukan Topik

Penelitian berfokus pada perancangan aplikasi web simulasi antrian pengisian BBM di SPBU menggunakan metode *Monte Carlo*. Topik dipilih untuk menyediakan alat bantu analisis yang dapat membandingkan kondisi antrian pada konfigurasi layanan yang berbeda.

Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, observasi dan pengumpulan data terkait proses pelayanan di SPBU membantu menemukan permasalahan utama, yaitu:

1. Waktu kendaraan yang datang tidak terjadwal dan sulit untuk diprediksi.
2. Waktu pengisian yang berbeda antar pelanggan.
3. Jumlah dispenser yang terbatas menyebabkan antrean panjang.
4. Belum ada aplikasi web yang mampu membandingkan skenario sebelum dan sudah layanan berubah.

Perumusan kebutuhan sistem dan parameter bergantung pada hasil tahap ini.

Perancangan Aplikasi

Perancangan dilakukan secara bertahap:

1. Dengan menggunakan metode *Monte Carlo*, model simulasi dihasilkan untuk merepresentasikan pola kedatangan dan durasi layanan kendaraan.
2. Mengembangkan struktur aplikasi web berbasis Python, seperti implementasi kerangka kerja Flask atau Django.
3. Formulir untuk memasukkan jumlah pompa bensin yang ada, pola kedatangan, dan lainnya—dimasukkan ke dalam desain antarmuka pengguna.
4. Perancangan fitur before-after, untuk membandingkan kondisi awal dan juga kondisi yang sudah berubah.
5. Perancangan alur simulasi mencakup, input paramater, proses simulasi, membandingkan before-after, output hasil.

Implementasi Aplikasi

Tahap ini meliputi pembangunan aplikasi sesuai desain, antara lain:

1. Implementasi algoritma *Monte Carlo* dalam Python.
2. Pengembangan modul simulasi antrian yang dapat menjalankan dua skenario secara paralel (before dan after).
3. Implementasi tampilan hasil perbandingan dalam bentuk:
 - a) Grafik
 - b) Tabel
 - c) Ringkasan perubahan (misal: jumlah dispenser ditambah maka waktu tunggu akan berkurang).
4. Pembuatan tampilan antarmuka pengguna, dan aplikasi web.

Output tahap ini adalah aplikasi simulasi yang dapat dijalankan.

Pengujian dan Analisis Output

Pada tahap ini, pengujian program memastikan program berfungsi dengan baik dari fitur before-after berjalan. Pengujian akurasi, apakah penambahan pompa mengurangi waktu tunggu. Pengujian performa, apakah aplikasi tetap berjalan dengan baik dengan tekanan yang besar. Tahap terakhir yaitu evaluasi, dilakukan analisis terhadap hasil simulasi, hasil perbandingan before-after untuk melihat pengaruh perubahan jumlah pompa terhadap panjang antrian dan waktu tunggu, keefektifan metode *Monte Carlo* dalam menggambarkan kondisi nyata, dan terakhir mengidentifikasi kelemahan dan rekomendasi pengembangan lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Topik Penelitian

Topik ditentukan berdasarkan pengalaman yang terjadi pada saat melakukan pengisian bahan bakar di SPBU antrian yang panjang, karena keterbatasan jumlah pompa bensin/dispenser pada SPBU mengakibatkan waktu tunggu yang cukup lama pada saat pengisian bahan bakar minyak. Hal ini dapat mengurangi kepuasan pelanggan dalam melakukan pengisian bahan bakar dan mengakibatkan pelayanan pelanggan tidak dapat dimaksimalkan. Oleh karena itu, topik ini diangkat sebagai topik penelitian untuk melakukan simulasi pompa bensin yang diperlukan untuk melayani pembeli menggunakan metode *Monte Carlo* apakah hasil yang didapatkan overload atau seimbang pada saat melakukan simulasi.

Mengidentifikasi Masalah

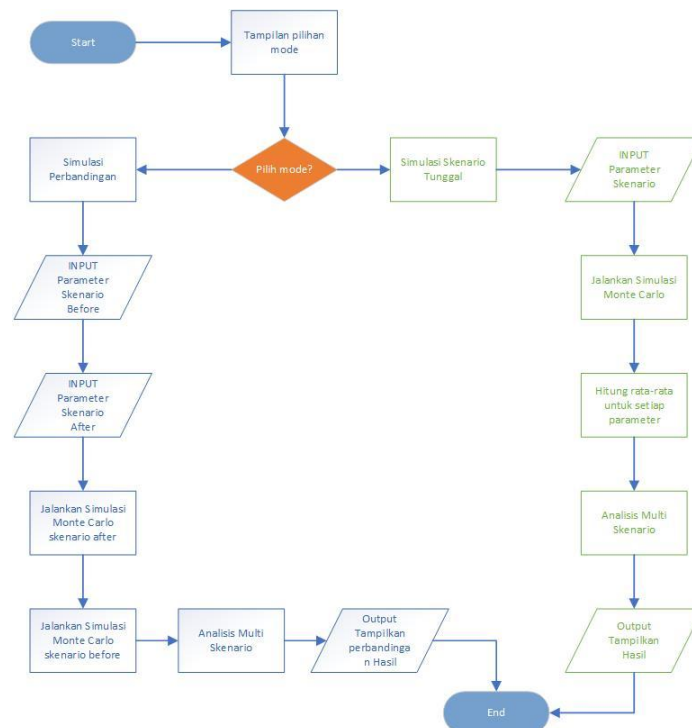
Masalah ditemukan pada saat melakukan pengamatan pada SPBU yang ramai pembeli sering kali ditemui antrian panjang untuk pengguna sepeda motor karena waktu datang yang tidak terjadwal dan tidak dapat diprediksi secara deterministik atau pasti sehingga sering menyebabkan waktu pelayanan pada saat pengisian bahan bakar menjadi lama, perkiraan waktu tunggu saat padat antrian adalah sekitar 20 menit. Jumlah pom menjadi salah satu masalah utama dalam simulasi ini, karena untuk memaksimalkan dalam pelayanan pembeli untuk mengurangi waktu tunggu diperlukan jumlah pompa bensin yang pas tidak terlalu sedikit dan terlalu banyak juga tidak efektif untuk operasional spbu mengingat luas tanah dan dana yang perlu dikeluarkan. Aplikasi permodelan dan simulasi ini dapat menjadi salah satu cara untuk menjadi penanganan masalah ini, metode *Monte Carlo* digunakan karena memodelkan berbasis simulasi acak untuk memodelkan ketidakpastian pada kedatangan dan pelayanan pelanggan. Model ini cocok karena memang dalam bidang pengisian bahan bakar minyak waktu pelayanan dan pembeli tidak menentu, di dalam model ada 3 jenis jam pelayanan yaitu jam sepi, jam normal, dan jam sibuk untuk melakukan simulasi stokastik.

Perancangan Aplikasi Simulasi

Perancangan aplikasi simulasi diperlukan sebagai landasan sebelum melakukan pembuatan aplikasi, bagian ini berisi bagaimana aplikasi berjalan yang dijelaskan melalui diagram alir dari awal saat kita membuka aplikasi sampai output terakhir yang didapatkan oleh user. Bagian ini juga mencakup bagaimana alur logika penggunaan simulasi menggunakan metode *Monte Carlo* ini pada python.

Perancangan flowchart untuk aplikasi simulasi

Flowchart adalah diagram alir yang menggambarkan urutan langkah atau proses secara visual menggunakan simbol-simbol standar seperti terminator, proses, keputusan, dan panah alir. Diagram ini membantu memperjelas logika sistem atau prosedur sehingga alurnya lebih mudah dipahami oleh semua pihak yang terlibat [11]. Flowchart dapat dilihat sistem sebagai berikut :

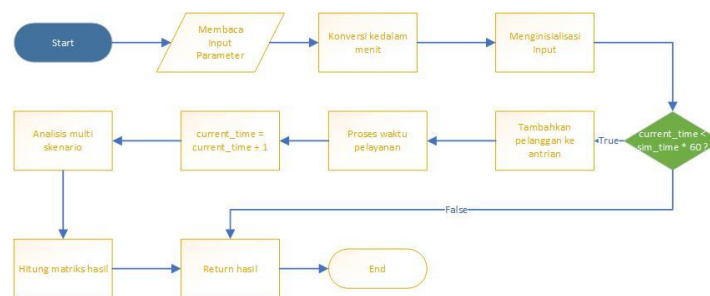


Gambar 2. Flowchart Aplikasi Simulasi

Perancangan aplikasi simulasi menggunakan flowchart seperti pada gambar 2 untuk penjelasan alur flowchart sebagai berikut :

1. Saat membuka web aplikasi user diberikan dua pilihan ingin melakukan simulasi tunggal atau membandingkan antara 2 simulasi *before* dan *after*.
2. Setelah menentukan pilihan diantara simulasi tunggal atau simulasi perbandingan user diminta untuk memberikan 4 jenis input parameter jumlah pom, waktu layanan, jumlah pelanggan, durasi simulasi.
3. Input parameter pada simulasi perbandingan membutuhkan 2 input yaitu input parameter untuk before dan input parameter untuk after.
4. Setelah melakukan input , data akan diproses oleh server dan server secara otomatis menjalankan simulasi *Monte Carlo* menggunakan bahasa pemrograman python untuk menjalankan simulasi.
5. Untuk simulasi perbandingan akan menjalankan 2 proses simulasi yaitu skenario simulasi before dan skenario simulasi after.
6. Lalu untuk kedua simulasi dilakukan analisis multi skenario untuk jam sepi, jam normal, dan jam sibuk agar lebih realistis sesuai dengan kondisi ketidakpastian yang terjadi pada riilnya.
7. Proses terakhir adalah menampilkan output hasil simulasi beserta dengan analisis yang sudah dilakukan oleh sistem.

Perancangan logika simulasi metode Monte Carlo

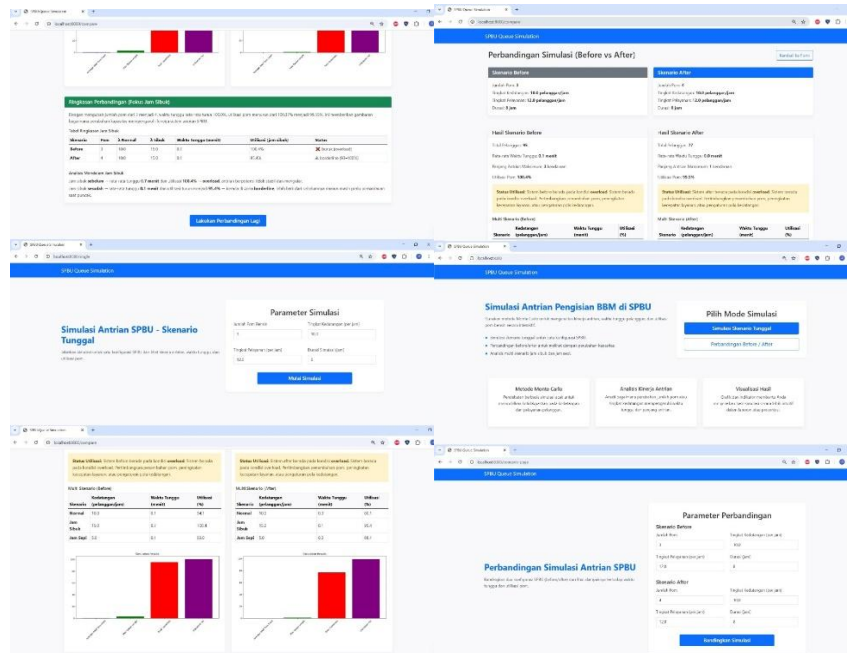


Gambar 3. Alur penggunaan metode Monte Carlo

Gambar 3 merupakan alur logika simulasi yang digunakan pada sistem, alur tersebut dibuat dengan bahasa pemrograman python dan framework fastAPI sebagai backend untuk mengolah data. *Monte Carlo* digunakan pada aplikasi ini karena *Monte Carlo* dapat membuat model simulasi secara riil berdasarkan prediksi dan dapat melakukan analisis multi skenario yang membantu untuk memisahkan model simulasi menjadi 3 jenis jam simulasi yang berbeda. Penjelasan alur pada gambar dapat dilihat sebagai berikut :

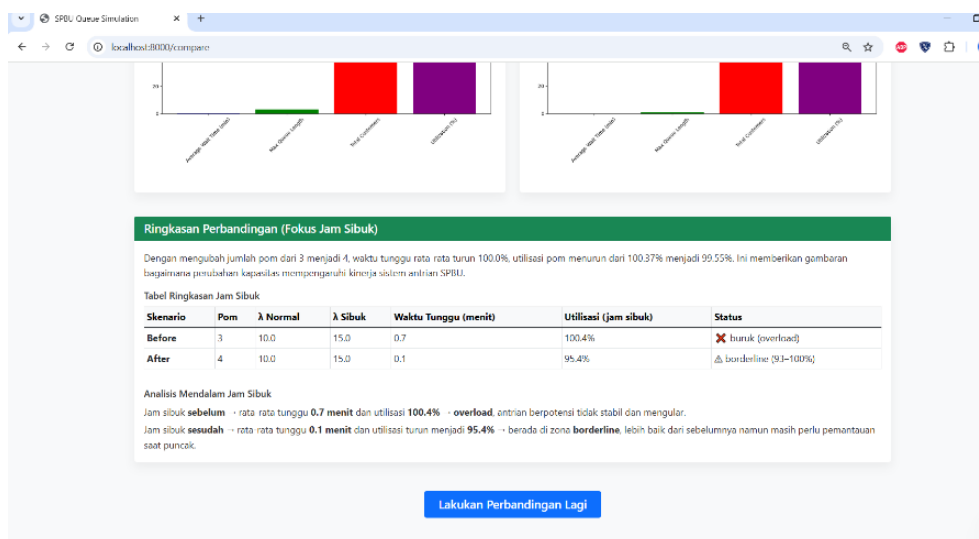
1. Sistem membaca input parameter yang diberikan oleh user untuk dilakukan simulasi.
2. Mengkonversi parameter dari jam menjadi menit untuk memudahkan perhitungan dalam simulasi *Monte Carlo*.
3. Menyiapkan variabel awal misalnya `current_time = 0`.
4. Mengecek apakah waktu simulasi masih berlangsung , apabila True maka simulasi akan langsung lanjut ke tahap selanjutnya, sedangkan apabila false simulasi selesai dan menuju proses output.
5. Menambahkan pelanggan ke antrian sesuai dengan `arrival_rate` atau kedatangan.
6. Server akan melayani pelanggan jika ada pelanggan dalam antrian, saat sedang melayani maka waktu *service* akan sesuai dengan *rate* dari server.
7. Proses terakhir adalah melakukan analisis multi skenario dan menghitung matriks hasil simulasi, server akan mengembalikan hasil analisis untuk ditampilkan kepada user.

Implementasi Sistem Aplikasi Simulasi Antrian pada SPBU



Gambar 4. Tampilan UI Aplikasi Simulasi

Sistem ini terdiri dari beberapa fitur yang dapat digunakan oleh pengguna seperti pada gambar 4, fitur utama sistem ini adalah fitur yang memodelkan penjualan bahan bakar spbu secara rill dengan metode *Monte Carlo* sebagai metode yang digunakan untuk mengolah data yang di input oleh user. Untuk menjalankan fitur simulasi yang ada pada sistem user diminta untuk memasukkan 4 input parameter yaitu jumlah pompa bensin, tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, durasi simulasi 4 input ini yang akan digunakan sebagai tolak ukur hasil simulasi menggunakan metode *Monte Carlo* ini untuk diolah dan ditampilkan evaluasi hasilnya pada bagian output. Berbeda dengan fitur simulasi tunggal, simulasi perbandingan membutuhkan 8 parameter input untuk simulasi sebelum dan sesudah. Fitur ini bertujuan untuk apabila user ingin menambahkan pompa bensin lagi pada SPBU karna masih ada tempat yang kosong dan memiliki budget lebih untuk memaksimalkan pendapatan bisa melakukan perbandingan antara pompa yang sekarang dan pompa bensin yang akan ditambahkan.



Gambar 5. Tampilan Hasil Analisis *Monte Carlo*

Fitur lainnya yang ditawarkan oleh sistem ini adalah penampilan grafik serta tabel yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk melakukan analisis data seperti pada gambar 5. Sistem akan memunculkan utilisasi sebagai perbandingan untuk meningkatkan jumlah pompa atau tidak, apabila utilisasi berada diatas 93%-100% berarti diperlukan penambahan pompa karna status akan menjadi overload. Sistem juga menjelaskan rata-rata tunggu serta berapa lama waktu pelayanan yang akan didapatkan oleh setiap pembeli untuk memperkirakan hasil perhitungan *Monte Carlo*, hasil analisis multi skenario juga ditampilkan di dalam sistem dalam bentuk tabel beserta kedatangan pelanggan, waktu tunggu, dan utilisasi untuk setiap skenario yang terjadi.

Pengujian dan Analisis Hasil Simulasi

Pengujian sistem aplikasi simulasi antrian pada SPBU

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi berjalan sesuai harapan atau sudah sesuai logika yang digunakan oleh metode *Monte Carlo*, standar yang digunakan dalam pengujian adalah input sudah dapat memvalidasi output yang sesuai dengan input. Output yang diharapkan ditampilkan oleh sistem adalah grafik, tabel, dan ringkasan hasil analisis yang menampilkan waktu tunggu, jumlah pelanggan selama durasi simulasi, jumlah pelanggan yang datang setiap jam, utilisasi setiap skenario, data hasil per skenario, dan uraian hasil yang didapatkan setelah melakukan simulasi. Berikut adalah tabel yang menampilkan hasil pengujian yang dilakukan oleh pengembang :

Tabel 1. Tabel Pengujian Sistem

Fitur yang diuji	Hasil Pengujian
fitur untuk melakukan simulasi tunggal dan simulasi ganda/perbandingan	Kedua fitur dapat berfungsi sebagaimana mestinya, kedua fitur dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan.
Fitur input data simulasi untuk simulasi tunggal dan simulasi ganda	Fitur input sesuai dengan diharapkan input sudah sesuai dengan tipe data yang dibutuhkan seperti data integer untuk jumlah pom, tipe data float untuk waktu pelayanan dan kedatangan pelanggan, dan tipe data integer untuk durasi simulasi
Fitur menampilkan grafik yang menjelaskan hasil analisis untuk simulasi tunggal dan simulasi ganda.	Fitur menampilkan grafik berjalan dengan baik pada kedua simulasi, grafik berhasil ditampilkan pada kedua output untuk output simulasi tunggal dan simulasi ganda.
Fitur menampilkan hasil simulasi dalam bentuk jumlah pelanggan selama durasi simulasi, waktu tunggu, dan utilisasi.	Fitur ini dapat bekerja dengan baik untuk kedua simulasi baik simulasi ganda dan simulasi tunggal, setiap simulasi sudah ditampilkan output yang sesuai dengan harapan.
Fitur analisis utilisasi untuk menentukan bahwa simulasi yang dilakukan sudah menggunakan parameter cocok atau belum untuk menghasilkan apakah simulasi overload, seimbang, longgar.	Fitur dapat berjalan dengan baik sistem dapat menampilkan hasil analisis berdasarkan utilisasi yang sudah di dapatkan dari hasil simulasi.
Fitur analisis multi skenario untuk membedakan antara simulasi jam sibuk, normal, sepi.	Fitur berhasil dijalankan, sistem dapat menampilkan tabel multi skenario sesuai yang diharapkan.
Fitur tombol untuk mengisi kembali parameter simulasi.	Fitur ini berhasil dijalankan dengan baik saat user menekan tombol ini akan langsung kembali ke halaman awal.

Analisis Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang telah didapatkan dari sistem aplikasi simulasi antrian pada SPBU dapat dilakukan analisis bahwa jumlah pompa sangat berpengaruh pada tingkat pelayanan dan waktu tunggu serta jumlah pelanggan yang dapat dilayani setiap harinya. Default

awal dalam input adalah 3 dispenser karena standar oleh Pertamina minimal ada 3 dispenser/pompa saat akan melakukan pembangunan SPBU. Jam sibuk selalu menampilkan utilisasi di atas 93% untuk pengujian 3 dispenser dan 4 dispenser, simulasi penggunaan 3 dispenser menampilkan utilisasi sebesar 99.6% jadi performa simulasi sangat buruk disebabkan pembeli yang melakukan pembelian bahan bakar melonjak dari 40 rata-rata perjam menjadi lebih dari rata-rata 60 pembeli pada saat jam sibuk, hal ini menyebabkan sistem hanya dapat melayani total pembeli sebanyak 308 pembeli saja. Namun, performa simulasi pada jam normal berjalan dengan seimbang untuk 3 dispenser. Pada saat jam normal utilisasi yang didapatkan 3 dispenser adalah sekitar 90.3% dan pada jam sepi didapatkan hasil sekitar 48.8% atau bisa diartikan bahwa performa simulasi buruk pada jam sibuk dan normal, namun baik pada saat jam sepi.

Tabel 2. Tabel Hasil Simulasi Menggunakan 3 Dispenser Before

Skenario	Kedatangan (pelanggan/jam)	Waktu Tunggu(menit)	Utilisasi(%)
Normal	40	3.5	90.3%
Jam Sibuk	60	51.1	99.6%
Jam Sepi	20	0.1	48.8%

Sedangkan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan 4 dispenser juga tidak mengakibatkan perubahan yang signifikan hanya menurun sebesar 0.3% daripada penggunaan 3 dispenser untuk utilisasi di jam sibuk untuk 4 dispenser yaitu hanya 99.3% sehingga masih dalam kategori buruk/overload. Namun didapatkan hasil utilisasi yang cukup baik pada jam normal atau jam sepi, utilisasi untuk jam normal berada di angka 77.3% bisa dikatakan seimbang, sedangkan untuk utilisasi pada jam sepi mendapatkan hasil utilisasi di angka 43.3% berdasarkan analisis multi skenario dengan metode *Monte Carlo*. Dengan jumlah pelanggan yang disesuaikan berdasarkan skenario nyata yang terjadi.

Tabel 3. Tabel Hasil Simulasi Menggunakan 4 Dispenser After

Skenario	Kedatangan (pelanggan/jam)	Waktu Tunggu(menit)	Utilisasi(%)
Normal	40	1.1	77.3%
Jam Sibuk	60	16.2	99.3%
Jam Sepi	20	0.2	43.3%

Dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan 4 dispenser atau pompa bensin memiliki pengaruh yang bagus pada saat multi skenario yang terjadi pada jam normal dan jam sepi. Pelayanan yang dapat dilakukan pada jam normal menandakan bahwa status utilisasi masih dalam kategori seimbang atau masih dapat tercukupi dengan menggunakan 4 pom/dispenser. Sedangkan pada jam sibuk performa simulasi yang didapatkan cenderung mirip antara penggunaan 3 dispenser dengan 4 dispenser dengan utilisasi yang memiliki perbedaan hanya 0.3% saja. Pengubahan jumlah pom dari 3 menjadi 4, waktu tunggu rata-rata turun 54.2%, utilisasi pom menurun dari 92.78% menjadi 77.97%. Ini memberikan gambaran bagaimana perubahan kapasitas mempengaruhi kinerja sistem antrian SPBU. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada jam sibuk bisa dilakukan dengan menambahkan jumlah dispenser satu lagi dengan menjadi 5 dispenser.

KESIMPULAN

Penerapan metode *Monte Carlo* pada sistem aplikasi web simulasi antrian pengisian bahan bakar BBM pada SPBU dinilai efektif dalam melakukan permodelan secara nyata dan simulasi

berdasarkan keadaan yang tidak menentu. Karena secara nyata berapa banyak pembeli yang akan datang perjamnya tidak dapat di prediksi, terkadang pembeli berjumlah dibawah parameter yang ditetapkan perjamnya namun terkadang juga pembeli bisa melebihi parameter yang sudah ditetapkan. Maka dari itu penggunaan metode *Monte Carlo* dapat dikatakan efektif sebagai solusi saat ingin melakukan perancangan jumlah dispenser pada pembangunan SPBU.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Mardiaty, "Simulasi *Monte Carlo* dalam Memprediksi Tingkat Lonjakan Penumpang," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 2, no. 3, pp. 92–97, 2020, doi: 10.37034/infec.v2i3.49.
- [2] W. S. Moza and Y. Yunus, "Pemodelan dan Simulasi *Monte Carlo* dalam Meningkatkan Pendapatan Penjualan Peralatan Motor (Studi Kasus : Bengkel AMI Motor)," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 2, pp. 4–9, 2020, doi: 10.37034/infec.v2i4.55.
- [3] S. D. Anggraini and G. W. Nurcahyo, "Prediksi Peningkatan Jumlah Pelanggan dengan Simulasi *Monte Carlo*," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 3, pp. 95–100, 2021, doi: 10.37034/infec.v3i3.92.
- [4] R. A. Mahessya, L. Mardianti, and R. Sovia, "Pelanggan Menggunakan Metode *Monte Carlo* Pada Pt Pos Indonesia (Persero) Padang," *J. Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–24, 2017.
- [5] A. P. Eko, M. N. Sona, A. F. Saputra, and D. Rolliawati, "Pemodelan Dan Simulasi Antrian Pendaftaran Driver Baru Go-Jek Di Sidoarjo," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 17, no. 1, pp. 13–18, 2019, doi: 10.34010/miu.v17i1.2806.
- [6] S. Agustini, "Pemodelan dan Simulasi *Monte Carlo* dalam Identifikasi Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM)," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 90–95, 2022, doi: 10.37034/infec.v4i3.149.
- [7] H. Muhamad Apri, Dasril Aldo, "Simulasi *Monte Carlo* Untuk Memprediksi Jumlah Kunjungan Pasien," *Jursima*, vol. 7, no. 2, pp. 32–46, 2019.
- [8] M. A. Aziman, M. Z. Faisal, M. H. Putri, and B. Sisephaputra, "Pemodelan dan Simulasi Prediksi Pendapatan Penjualan Emas Dengan Menggunakan Metode *Monte Carlo*," *J. Vocat. Tech. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 10–17, 2022, doi: 10.26740/jvte.v4n2.p10-17.
- [9] F. A. Ekoanindiyo, "2011 Firman Ardiansyah Ekoanindiyo 72," vol. V, no. 1, pp. 72–85, 2011.
- [10] R. Darnis, G. W. Nurcahyo, and Y. Yunus, "Simulasi *Monte Carlo* untuk Memprediksi Persediaan Darah," *J. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, pp. 4–9, 2020, doi: 10.37034/jidt.v2i4.98.
- [11] N. Khesya, "Mengenal Flowchart dan Pseudocode Dalam Algoritma dan Pemrograman," *Preprints*, vol. 1, pp. 1–15, 2021, [Online]. Available: <https://osf.io/dq45ef>