

EVALUASI KINERJA SISTEM ANTRIAN SPBU DENGAN SIMULASI ARENA: PERBANDINGAN ANTARA SISTEM MANUAL DAN SELF-SERVICE DUAL NOZZLE

Tazkiya Mutia Yogasani ¹⁾, Awang Hendrianto Pratomo ²⁾, Apriani Soepardi ³⁾

¹⁾ Prodi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^{2,3)} Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Email: tazkiyamutia@gmail.com

Abstrak, Antrian panjang pada SPBU menyebabkan inefisiensi operasional dan berdampak pada berkurangnya profitabilitas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi apakah implementasi sistem *self-service* dengan dua *nozzle* dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan kapasitas layanan SPBU. Model simulasi dibangun menggunakan perangkat lunak Arena dengan data sekunder dari studi sebelumnya sebagai acuan distribusi kedatangan kendaraan. Simulasi dijalankan selama dua jam dalam sepuluh replikasi untuk membandingkan performa sistem usulan terhadap sistem manual. Hasil menunjukkan bahwa sistem *self-service* dua *nozzle* mampu mempertahankan *throughput* sebesar 94 motor, sambil menurunkan utilisasi *nozzle* dari 100% menjadi 10%. Tidak terjadi antrian pada proses pengisian, dan waktu tunggu di pembayaran sangat rendah. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengurangi beban sumber daya dan memberikan potensi peningkatan profitabilitas operasional SPBU melalui peningkatan efisiensi layanan.

Kata Kunci: Simulasi Arena, SPBU, *Self-Service*, *Dual Nozzle*, Sistem Antrian

PENDAHULUAN

Antrian panjang pada SPBU merupakan masalah klasik yang tidak hanya berdampak pada kepuasan pelanggan, tetapi juga memengaruhi efisiensi pemanfaatan sumber daya dan potensi keuntungan operasional. Sebagaimana ditunjukkan oleh Rohmat (2024), waktu tunggu yang lama dalam industri jasa berpengaruh signifikan terhadap kepuasan konsumen, yang pada akhirnya dapat menurunkan loyalitas pelanggan dan pendapatan jangka panjang. Penelitian sebelumnya oleh Hanggara dan Putra (2020) menunjukkan bahwa sistem konvensional di SPBU 14.294.739 di Batam menghasilkan nilai utilitas pelayan (*server*) sebesar 1 (satu), yang menandakan kondisi *overload* atau *server* bekerja secara penuh terus-menerus. Dalam kondisi tersebut, meskipun tidak terjadi antrian panjang secara visual, sistem berada dalam kondisi kerja maksimum yang tidak efisien dan berisiko menurunkan umur pakai aset.

Antrian yang tidak tertangani secara sistematis dapat menghambat efisiensi operasional dan menyebabkan penurunan profitabilitas. Hal ini disebabkan oleh rendahnya *throughput* layanan serta ketidakseimbangan dalam pemanfaatan kapasitas operasional (Nasir & Andesta, 2024). Seiring meningkatnya jumlah kendaraan

bermotor, pengelola SPBU perlu mengadopsi strategi peningkatan performa layanan yang tidak hanya berfokus pada kecepatan pelayanan, tetapi juga pada optimalisasi sumber daya yang ada. Pendekatan ini memungkinkan tercapainya efisiensi biaya dan maksimasi profit secara berkelanjutan (Israil et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan model simulasi yang mampu mengukur dampak implementasi desain layanan baru, seperti sistem *self-service* dengan dua *nozzle*, terhadap performa dan efisiensi SPBU secara menyeluruh.

Inovasi seperti layanan mandiri (*self-service*) menjadi alternatif strategis yang dapat mengurangi beban kerja operator dan meningkatkan *output* layanan. Sembodo dan Atmajaya (2021) menunjukkan bahwa sistem SPBU pintar berbasis Arduino dan IoT memungkinkan pelanggan mengisi bahan bakar secara mandiri dengan efisiensi waktu yang lebih baik. Selain itu, optimalisasi jumlah *nozzle* yang tersedia secara langsung memengaruhi kapasitas layanan dan potensi pemasukan SPBU per satuan waktu (Galankashi et al., 2016). Oleh karena itu, diperlukan kajian sistematis berbasis simulasi untuk mengevaluasi bagaimana implementasi desain layanan baru berdampak pada efisiensi sumber daya dan peningkatan profitabilitas SPBU secara keseluruhan.

Penelitian ini mengusulkan modifikasi sistem melalui implementasi *self-service* dan *dual nozzle* sebagai bentuk efisiensi pelayanan. Sistem *self-service* pada SPBU mengadopsi konsep di mana pelanggan melakukan pengisian bahan bakar secara mandiri setelah menyelesaikan pembayaran kepada satu operator (Pratama & Effendi, 2023). Dalam praktik di lapangan, satu unit dispenser biasanya dilengkapi dengan dua selang pengisian (*nozzle*) yang menghadap ke kanan dan kiri, memungkinkan dua kendaraan melakukan pengisian secara paralel. Oleh karena itu, dalam simulasi ini, dua *nozzle* tersebut direpresentasikan sebagai dua unit *resource* yang dapat melayani dua entitas kendaraan secara bersamaan.

Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengevaluasi apakah implementasi sistem *self-service* dengan dua *nozzle* dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan kapasitas layanan SPBU secara keseluruhan, dibandingkan dengan sistem manual seperti yang dianalisis dalam jurnal acuan.

METODE

Waktu antar kedatangan kendaraan dalam simulasi ini menggunakan data sekunder yang diambil dari penelitian Hanggara dan Putra (2020). Dalam jurnal tersebut, peneliti telah melakukan fitting terhadap data observasi waktu kedatangan kendaraan roda dua di SPBU 14.294.739 Batam dan memperoleh distribusi terbaik dalam bentuk:

$Interarrival\ Time = 0.999 + WEIB(59.9, 0.846)$

Distribusi tersebut merupakan distribusi Weibull dengan *parameter scale* = 59.9 detik dan *shape* = 0.846, serta penambahan konstanta 0.999 detik. Penambahan nilai 0.999 detik berfungsi sebagai batas bawah untuk mencegah waktu antar kedatangan menjadi sangat kecil (mendekati nol).

Secara statistik, nilai *shape* < 1 pada distribusi Weibull menunjukkan bahwa kendaraan cenderung lebih banyak datang dalam waktu awal (*early peak*), kemudian frekuensinya menurun seiring waktu (Nastiti & Mutaqin, 2022). Hal ini mencerminkan kondisi nyata di lapangan yang sering kali mengalami lonjakan kedatangan secara acak, namun intensitasnya menurun dalam durasi waktu tertentu. Karena distribusi tersebut sudah diperoleh melalui proses *fitting* oleh peneliti

sebelumnya, maka dalam simulasi ini tidak dilakukan *fitting* ulang, melainkan langsung digunakan sebagai *input* waktu antar kedatangan pada modul *Create* dalam Arena. Pendekatan ini memenuhi prinsip penggunaan data sekunder yang valid, sekaligus menjaga kesesuaian antara model yang dibangun dan studi acuan.

Model simulasi dibuat menggunakan *software* Arena dengan konfigurasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi *Software* Arena

Aspek Simulasi	Konfigurasi
Entitas	Kendaraan roda dua bahan bakar jenis Pertalite
Durasi Simulasi	2 jam (7200 detik)
Jumlah Replikasi	10
Skenario Usulan	<i>Self-service</i> dengan 2 <i>nozzle</i> (parallel) dan 1 operator untuk pembayaran

Waktu pelayanan dalam simulasi dibagi menjadi dua bagian: proses pembayaran dan proses pengisian BBM. Proses pembayaran menggunakan distribusi TRIA (8, 12, 16) detik, sedangkan proses pengisian BBM menggunakan distribusi TRIA (10, 15, 20) detik.

Waktu pelayanan pada proses pengisian BBM dimodelkan menggunakan distribusi Triangular TRIA (10, 15, 20) detik, berdasarkan estimasi waktu minimum, maksimum, dan paling mungkin terjadi. Distribusi ini menghasilkan nilai waktu pelayanan secara acak menggunakan metode inverse transform sampling, dengan dua rumus tergantung nilai acak *r*. Sebagai contoh, untuk nilai *r* = 0,25, waktu pelayanan dihitung sebesar ±13,54 detik berdasarkan rumus:

$$x = a + \sqrt{[r \times (b - a) \times (m - a)]}$$

dimana;

a: nilai minimum

m: modus (nilai paling mungkin terjadi)

b: nilai maksimum

r: bilangan acak dari 0 sampai 1

Distribusi TRIA digunakan untuk mewakili waktu pelayanan berdasarkan nilai minimum, maksimum, dan paling umum yang dapat diamati, sebagaimana dianjurkan dalam pendekatan simulasi oleh Law dan Kelton (2015). Pemilihan distribusi *triangular* dilakukan karena waktu layanan tidak selalu tetap, namun dapat diperkirakan melalui nilai minimum, maksimum, dan waktu paling umum (*mode*). Pendekatan ini sesuai dengan praktik simulasi ketika data empiris rinci tidak tersedia, tetapi estimasi waktu dapat diberikan berdasarkan observasi atau data sekunder dari studi sebelumnya.

Dalam simulasi usulan, *resource Nozzle* pada proses *self-service* diasumsikan memiliki peran yang setara dengan *server* pada simulasi jurnal acuan, karena keduanya merupakan unit pelayanan utama dalam proses pengisian BBM.

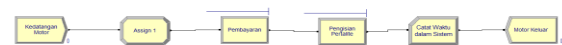
Model diverifikasi melalui pengujian struktur dan alur entitas di Arena. Jalur proses telah diperiksa menggunakan fitur animasi dan *run* pelan untuk memastikan entitas mengikuti logika *Create* → *Assign* → *Pembayaran* → *Pengisian* → *Dispose*. Selain itu, modul *resource* dan distribusi waktu diperiksa untuk memastikan bahwa konfigurasi *Seize-Delay-Release* berfungsi sesuai rancangan.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data hasil jurnal Hanggara & Putra (2020). Parameter utama seperti jumlah entitas keluar, waktu dalam sistem, dan utilisasi *resource* menunjukkan kesesuaian yang masuk akal terhadap sistem nyata. Karena simulasi usulan menggunakan data sekunder, pendekatan validasi berbasis data historis digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model simulasi dalam penelitian ini dibangun menggunakan *software* Arena sebagai alat bantu pemodelan sistem dinamis berbasis proses. Arena memungkinkan pengguna untuk merepresentasikan proses nyata dalam bentuk diagram alir logika, lengkap dengan komponen entitas, sumber daya (*resources*), dan aktivitas (*processes*). Dalam konteks penelitian ini, model dibuat untuk menggambarkan sistem pelayanan SPBU dengan pendekatan *self-service*, di mana entitas berupa kendaraan roda dua menjalani proses pembayaran kepada operator tunggal, kemudian melakukan pengisian bahan bakar pada salah satu dari dua *nozzle* yang tersedia. Komponen waktu

kedatangan dan waktu pelayanan didasarkan pada distribusi probabilitas yang telah ditentukan dalam studi sebelumnya, dan diterapkan pada model ini guna menjaga konsistensi data. Proses verifikasi dilakukan dengan memastikan alur logika simulasi berjalan sesuai dengan desain sistem, sementara validasi dilakukan dengan membandingkan pola hasil simulasi terhadap data pada penelitian acuan. Model simulasi dalam Gambar 3 menggambarkan alur entitas kendaraan dari kedatangan, proses pembayaran, hingga pengisian bahan bakar dan keluar dari sistem.



Gambar 1. Model Logika Arena
Sumber: pengolahan data

Gambar di atas menunjukkan alur proses simulasi sistem *self-service* SPBU dengan dua *nozzle* menggunakan perangkat lunak Arena. Proses dimulai dari kedatangan entitas kendaraan, diikuti oleh proses *assign* untuk mencatat waktu kedatangan. Selanjutnya, kendaraan melakukan pembayaran, kemudian menuju ke proses pengisian bahan bakar pertalite. Setelah itu, waktu dalam sistem dicatat melalui *record*, dan akhirnya kendaraan keluar dari sistem. Model ini dirancang untuk mengevaluasi performa sistem dalam hal efisiensi waktu dan utilisasi sumber daya.

Setelah simulasi dari model usulan dijalankan, diperoleh laporan kinerja sistem berdasarkan skenario *self-service* dengan dua *nozzle*. Dalam skenario ini, sistem dirancang dengan satu operator pembayaran dan dua *nozzle* yang dapat digunakan secara paralel oleh dua kendaraan sekaligus. Perubahan ini tidak melibatkan penambahan jumlah operator, namun memaksimalkan kapasitas pelayanan melalui penggunaan dua unit *nozzle* dalam sistem *self-service*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa utilisasi *nozzle* menurun secara signifikan dibandingkan kondisi awal pada sistem manual.

16:49:05

Entities

June 7, 2025

Unnamed Project

Replications: 10

Replication 1

Start Time: 0.00

Stop Time: 7.200.00

Time Units: Seconds

Entity Detail Summary

Time

	NVA Time	Other Time	Total Time	Transfer Time	VA Time
Motor	0.00	0.00	28.54	0.00	26.98
Total	0.00	0.00	28.54	0.00	26.98

Other

	Number In	Number Out
Motor	94	94
Total	94	94

Gambar 2. *Report Entities* pada Usulan
 Sumber: pengolahan data

Gambar di atas menyajikan ringkasan entitas dari hasil simulasi sistem self-service SPBU dalam satu replikasi. Tercatat bahwa sebanyak 94 motor masuk dan keluar dari sistem selama periode simulasi dua jam, menunjukkan tidak adanya bottleneck pada proses. Rata-rata total waktu yang dihabiskan entitas dalam sistem adalah 28,54 detik, dengan hampir seluruhnya merupakan waktu bernilai tambah (value-added time) sebesar 26,98 detik. Tidak terdapat waktu non-produktif maupun transfer, yang menunjukkan efisiensi alur layanan yang baik.

16:49:29

Queues

June 7, 2025

Unnamed Project

Replications: 10

Replication 1

Start Time: 0.00

Stop Time: 7.200.00

Time Units: Seconds

Queue Detail Summary

Time

	Waiting Time
Pembayaran.Queue	1.56
Pengisian Peralite.Queue	0.00

Other

	Number Waiting
Pembayaran.Queue	0.02
Pengisian Peralite.Queue	0.00

Gambar 3. *Report Queues* pada Usulan
 Sumber: pengolahan data

Gambar di atas menunjukkan ringkasan antrian (*queue detail summary*) dari hasil simulasi. Waktu tunggu tercatat hanya terjadi pada proses pembayaran, dengan rata-rata 1,56 detik dan jumlah rata-rata entitas menunggu sebesar 0,02. Sementara itu, pada proses pengisian Peralite tidak ditemukan waktu tunggu maupun entitas yang mengantre. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem self-service mampu meminimalkan antrian, khususnya pada titik pengisian bahan bakar.

16:49:44

Resources

June 7, 2025

Unnamed Project

Replications: 10

Replication 1

Start Time: 0.00

Stop Time: 7.200.00

Time Units: Seconds

Resource Detail Summary

Usage

	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
Nozzle	0.10	0.20	2.00	94.00	0.10
Operator_Peml	0.16	0.16	1.00	94.00	0.16

Gambar 4. *Report Resources* pada Usulan
 Sumber: pengolahan data

Gambar di atas menampilkan *Resource Detail Summary* dari hasil simulasi. Tercatat bahwa utilisasi aktual (*Inst Util*) nozzle hanya sebesar 0,10 dan operator pembayaran sebesar 0,16. Jumlah sumber daya yang dijadwalkan sesuai adalah dua nozzle dan satu operator. Nilai utilisasi yang rendah menunjukkan bahwa sumber daya tidak mengalami beban berlebih, yang mengindikasikan bahwa sistem self-service dua nozzle mampu mengurangi tekanan kerja sumber daya dan meningkatkan efisiensi operasional SPBU.

16:50:05

User Specified

June 7, 2025

Unnamed Project

Replications: 10

Replication 1

Start Time: 0.00 Stop Time: 7.200.00 Time Units: Seconds

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waktu_Dalam_Sistem	28.5386	(insufficient)	20.5312	49.4616

Replication 10

Start Time: 0.00 Stop Time: 7.200.00 Time Units: Seconds

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Waktu_Dalam_Sistem	29.8173	(insufficient)	21.1810	56.2322

Replication 2

Start Time: 0.00 Stop Time: 7.200.00 Time Units: Seconds

Gambar 5. *Report User Specified* pada Usulan
 Sumber: pengolahan data

Gambar di atas menunjukkan hasil *User Specified Tally* dari simulasi waktu dalam sistem untuk entitas motor. Rata-rata waktu yang dihabiskan kendaraan dalam sistem adalah sekitar 28,54 detik, dengan variasi antara 20,53 hingga 49,46 detik pada replikasi pertama. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem self-service dua nozzle mampu menjaga stabilitas waktu pelayanan, dengan fluktuasi waktu yang masih dalam batas wajar pada setiap replikasi.

Untuk mengetahui efektivitas sistem usulan, dilakukan perbandingan kinerja antara sistem pelayanan manual (jurnal acuan) dan sistem self-service dua nozzle yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Sistem

Indikator	Sistem Jurnal (Manual)	Usulan (Self-service 2 Nozzle)
Jumlah Motor Keluar	94	94
Rata-rata Waktu dalam Sistem	± 3.700 detik	$\pm 28,54$ detik
Waiting Time di Pengisian	0 detik	0 detik
Utilisasi Nozzle / Server	1,00 (100%)	0,10 (10%)
Utilisasi Operator Pembayaran	Tidak disebut	0,16 (16%)

Sumber: pengolahan data

Hasil simulasi menunjukkan bahwa implementasi sistem *self-service* dengan dua *nozzle* memberikan dampak positif terhadap performa sistem secara keseluruhan. Meskipun jumlah kendaraan yang dilayani dalam periode simulasi dua jam tetap sama, yaitu 94 motor, efisiensi pemanfaatan sumber daya mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan drastis pada tingkat utilisasi *nozzle*, dari kondisi *overload* sebesar 100% menjadi hanya 10% pada sistem usulan. Kondisi ini mencerminkan bahwa sistem *self-service* mampu mengurangi beban kerja sumber daya tanpa mengorbankan *output* layanan. Selain itu, waktu yang dihabiskan kendaraan dalam sistem juga mengalami penurunan tajam, dari ± 3.700 detik menjadi hanya sekitar 28,54 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangani beban yang sama dengan waktu layanan yang jauh lebih efisien. Temuan ini memperkuat keunggulan skenario *self-service* dua *nozzle* sebagai solusi operasional yang lebih efisien dibandingkan sistem konvensional.

KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi sistem *self-service* dengan dua *nozzle* pada SPBU menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan sistem manual kondisi eksisting yang disimulasikan dalam penelitian terdahulu. Terutama, terjadi penurunan utilitas *server* dari 1 menjadi 0,10, menandakan bahwa resource tidak lagi bekerja dalam kondisi maksimum secara terus-menerus. Hasil ini mendukung argumentasi bahwa desain sistem pelayanan dengan pendekatan *self-service* dapat menjadi solusi

alternatif yang efisien dalam pengelolaan antrian di SPBU.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar simulasi ini diuji dalam kondisi beban yang lebih bervariasi, termasuk skenario kedatangan kendaraan yang lebih padat pada jam sibuk. Selain itu, pengujian terhadap skenario penambahan jumlah operator pembayaran atau penggunaan sistem pembayaran otomatis dapat menjadi alternatif menarik untuk dianalisis. Penelitian lanjutan juga dapat mempertimbangkan faktor perilaku pelanggan terhadap adopsi sistem *self-service*, serta dampaknya terhadap waktu pelayanan aktual di lapangan. Implementasi sistem *self-service* juga sebaiknya dikaji dari sisi ekonomis, termasuk estimasi biaya investasi awal, efisiensi tenaga kerja, dan peningkatan kapasitas pelayanan yang berpotensi menghasilkan profitabilitas yang lebih tinggi bagi pengelola SPBU. Dengan demikian, hasil simulasi tidak hanya memberikan gambaran performa teknis, tetapi juga mencerminkan kelayakan dan manfaat implementasi sistem dalam konteks operasional dan finansial yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Galankashi, M. R., Fallahiarezoudar, E., Moazzami, A., Yusof, N. M., & Helmi, S. A. (2016). Performance evaluation of a petrol station queuing system: A simulation-based design of experiments study. *Advances in Engineering Software*, 92, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.10.004>
- Hanggara, F. D., & Putra, R. D. E. (2020). Analisis sistem antrian pelanggan SPBU dengan pendekatan simulasi Arena. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(2), 155–162. <https://doi.org/10.30656/intech.v6i2.2543>
- Israil, I., Amir, M., Mahmuddin, M., & Wangsa, F. A. (2023). Sistem antrian dan pelayanan stasiun pengisian bahan bakar umum SPBU: Studi kasus SPBU 74.921.17 Sungguminasa Kab. Gowa. *Journal of Muhammadiyah's Application Technology*, 1(2). <https://doi.org/10.26618/jumptechn.v1i2.8406>

- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Swets, N. B. (2015). *Simulation with Arena* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Nasir, M. A., & Andesta, D. (2024). Analisis sistem antrian pelanggan Peralite SPBU 54.611.30 (Studi kasus SPBU 54.611.30 Jln. Mayjend Sungkono, Prambangan, Kec. Kebomas, Kab. Gresik). *JUSTI*, 4(2), 277.
<https://doi.org/10.30587/justicb.v4i2.7342>
- Nastiti, R. S., & Mutaqin, A. K. (2022). Penerapan model komposit Weibull–Pareto pada data klaim asuransi harta benda. *Jurnal Riset Statistika*, 2(1), 43–49.
<https://doi.org/10.29313/jrs.vi.903>
- Pratama, I. L., & Effendi, T. S. W. (2023). Penerapan self-service berbasis e-card payment dalam mewujudkan digitalisasi penjualan BBM di SPBU yang sustainable, efisien, dan profitabilitas. *INOBIIS: Jurnal Inovasi Bisnis dan Manajemen Indonesia*, 6(2), 281–289.
<https://doi.org/10.31842/jurnalinobis.v6i2.275>
- Rohmat, R. (2024). Usulan perbaikan sistem pelayanan pada antrian kasir Alfamidi GKB menggunakan simulasi software Arena. *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 4(2), 166.
<https://doi.org/10.30587/justicb.v4i2.7326>
- Sembodo, B. P., & Atmajaya, H. (2021). Design of smart fuel station and management system based on Arduino and Internet of Things. *BEST: Journal of Applied Electrical, Science and Technology*, 3(1), 5–10.
<https://doi.org/10.36456/best.vol3.no1.3534>