E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.warunayama.org/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 8 No 5 Tahun 2025

Simulasi Diskrit Sistem Antrian di Arasta Alpha Purwokerto Menggunakan FlexSim untuk Optimalisasi Sistem Antrian

Shehal Sigi Alfarizy[1], Triyana Indah Sari Simanjuntak[2], Cordes Fransiskus Hari Taking[3], Faltsa Adillabibi[4], Ratih Windu Arini[5], Daniel Octavandine Prihandoyo[6], Januar Rahmat[7]
Prodi Teknik Logistik, Universitas Telkom
Email: shehalsigi@gmail.com

Abstrak

Sistem antrian single channel single phase di Arasta Alpha Purwokerto mengalami waktu tunggu pelanggan yang tinggi (rata-rata 83–84 detik) dan utilisasi kasir hampir penuh, sehingga menimbulkan antrean panjang dan ketidaknyamanan layanan. Dalam industri kedai kopi, kecepatan pelayanan sangat menentukan kepuasan pelanggan. Kondisi saat ini belum mampu mengakomodasi lonjakan pengunjung di jam sibuk, sehingga terdapat kesenjangan antara kapasitas layanan dan harapan konsumen. Penelitian menggunakan simulasi diskrit dengan FlexSim berdasarkan data primer interarrival dan service time (50 pelanggan). Distribusi waktu kedatangan dan pelayanan ditentukan melalui ExpertFit (Erlang/eksponensial dan Rayleigh). Dua skenario diuji: model awal (single channel single phase) dan model multi phase (dua kasir) untuk membandingkan throughput, waktu tunggu, dan utilisasi. Model multi phase meningkatkan throughput dari 101 menjadi 208 pelanggan, menurunkan rata-rata pelanggan dalam sistem dari 0,86 menjadi 0,57 dan 0,36 per kasir, serta mempertahankan waktu pelayanan rata-rata 78–82 detik. Penelitian ini membuktikan efektivitas pendekatan simulasi diskrit dalam optimalisasi sistem antrian kedai kopi.

Kata Kunci: Sistem Antrian, Simulasi Diskrit, Flexsim, Efisiensi Layanan, Multi Phase, Kedai Kopi.

Abstract

The single-channel single-phase queuing system at Arasta Alpha Purwokerto suffers from high customer waiting times (averaging 83-84 seconds) and near-full cashier utilization, leading to long queues and suboptimal service. In the coffee shop industry, service speed directly impacts customer satisfaction; current operations fail to accommodate sudden surges during peak hours, creating a gap between service capacity and customer expectations. A discrete-event simulation was conducted in FlexSim using primary data from 50 customers. Arrival and service time distributions were fitted with ExpertFit (Erlang/exponential for interarrival times and Rayleigh for service times). Two scenarios single-channel single-phase and single-channel multiphase with two cashiers were compared in terms of throughput, waiting time, and utilization. The multiphase model doubled throughput from 101 to 208 customers, reduced the average number of customers in the system from 0.86 to 0.57 and 0.36 per cashier, and maintained average service times of 78-82 seconds. This study demonstrates the effectiveness of discrete-event simulation for optimizing coffee shop queuing systems.

Article History
Received: Juni 2025
Reviewed: Juni 2025
Published: Juni 2025

Plagirism Checker No 234
Prefix DOI : Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Keywords: *Queuing System, Discrete-Event Simulation, Flexsim, Service Efficiency, Multiphase, Coffee Shop*

PENDAHULUAN

Sistem antrian merupakan aspek penting dalam manajemen layanan yang berfungsi untuk mengatur aliran pelanggan agar proses pelayanan dapat berjalan secara terstruktur dan efisien. Dalam berbagai sektor jasa, termasuk industri makanan dan minuman, antrian sering kali tidak terhindarkan ketika jumlah pelanggan yang datang melebihi kapasitas pelayanan yang tersedia. Pengelolaan antrian yang efektif sangat diperlukan untuk mengurangi waktu tunggu pelanggan dan meningkatkan kepuasan mereka. Sebaliknya, sistem antrian yang kurang optimal dapat menimbulkan kemacetan layanan, menurunkan produktivitas, serta meningkatkan risiko pelanggan meninggalkan antrian sebelum dilayani (customer abandonment), yang berdampak negatif terhadap reputasi dan pendapatan bisnis (Alda et al., 2024).

Dalam konteks kedai kopi, kualitas layanan menjadi faktor kunci dalam mempertahankan dan menarik pelanggan. Kecepatan dan efisiensi pelayanan menjadi tantangan utama, terutama saat terjadi lonjakan pelanggan pada jam-jam sibuk seperti pagi hari, sore, dan akhir pekan. Kopi Arasta, sebagai salah satu kedai kopi lokal yang berkembang pesat di Purwokerto, saat ini menerapkan sistem antrian dengan model single channel single phase, di mana seluruh proses pemesanan dan pelayanan dilakukan di satu titik kasir. Model ini belum mampu mengakomodasi fluktuasi kedatangan pelanggan secara efektif, sehingga menyebabkan waktu tunggu yang meningkat dan menimbulkan bottleneck dalam proses pelayanan.

Kondisi tersebut mengindikasikan adanya gap antara sistem antrian yang diterapkan dengan kebutuhan ideal untuk mengelola aliran pelanggan secara dinamis dan efisien. Ketidaksesuaian ini berpotensi menurunkan kualitas layanan, yang dapat berdampak pada menurunnya tingkat kepuasan dan loyalitas pelanggan. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi akar permasalahan sistem antrian yang ada dan mencari solusi yang tepat untuk meningkatkan performa layanan.

Berbagai penelitian di sektor jasa di Indonesia, seperti perbankan dan layanan publik, menunjukkan bahwa penerapan model antrian multi channel single phase dapat secara signifikan mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan efisiensi pelayanan (Sirait & Gultom, 2023). Nuryadin dan Pebriani (2022) juga menegaskan bahwa pemilihan sistem antrian yang sesuai merupakan kunci dalam meminimalkan bottleneck dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Berdasarkan temuan tersebut, pendekatan simulasi diskrit dengan perangkat lunak seperti FlexSim menjadi metode yang efektif untuk memodelkan dan mengevaluasi sistem antrian tanpa mengganggu operasional nyata.

Dengan mengumpulkan data primer berupa waktu kedatangan, waktu mulai dilayani, dan waktu selesai dilayani, kemudian menganalisis distribusi statistik terbaik, simulasi dapat digunakan untuk menguji berbagai alternatif konfigurasi sistem antrian. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi solusi yang paling efektif, seperti penambahan jalur pelayanan atau penerapan sistem multi channel, yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu tunggu pelanggan secara signifikan.

LANDASAN TEORI

Definisi Simulasi

Simulasi adalah metode atau proses pelatihan yang meniru sesuatu dalam bentuk yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya. Simulasi juga dapat digunakan untuk meniru suatu sistem atau proses dengan menggunakan model statistik, pemeranan, atau model komputer untuk mempelajari, menguji, atau memprediksi perilaku sistem nyata. Menurut Saputri (2014) Pemodelan biasanya didefinisikan sebagai representasi sistem nyata. Sistem nyata adalah

sistem yang ada di dunia nyata dan merupakan titik permasalahan yang sedang diteliti. Dengan demikian, pemodelan adalah proses membangun atau memberntuk model sistem nyata.
Klasifikasi model simulasi terdapat beberapa jenis, yaitu :

1. Model simulasi statis dan dinamis
   Model simulasi statis adalah jenis model yang menggambarkan suatu sistem pada momen tertentu atau model simulasi yang tidak melibatkan elemen waktu. Di sisi lain, model simulasi dinamis adalah tipe simulasi yang mencerminkan sistem yang berubah seiting dengan berjalannya waktu.
2. Model simulasi deterministik dan stokastik
   Simulasi yang menggunakan variabel input bersifat acak dikenal sebagai simulasi stokastik atau simulasi probabilistik. Simulasi deterministik adalah simulasi yang tidak melibatkan elemen input acak, meskipun proses pembuatannya serupa dengan model stokastik, simulasi deterministrik bersifat pasti karena tidak dipengaruhi oleh faktor kebetulan atau ketidakpastian
3. Model simulasi kontinu dan diskrit
   Simulasi kontinu menggambarkan perubahan kondisi sistem yang berlangsung tanoa henti sepanjang waktu. Sebaliknya, simulasi diskrit hanya menunjukkan perubahan status sistem pada waktu – waktu tertentu atau kejadian khusus saja.

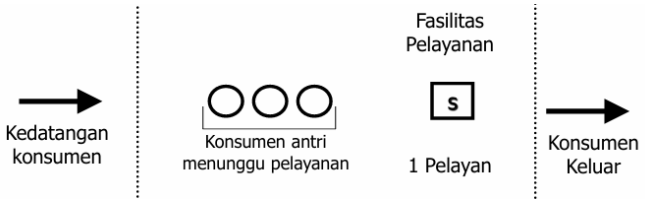
Definisi Antrian

Antrian melibatkan kedatangan pelanggan untuk mendapatkan layanan, menunggu layanan jika server masih sibuk, mendapatkan layanan, dan kemudian meninggalkan sistem. Antrian pengguna terjadi karena kebutuhan layanan melebihi kapasitas sistem, yang menyebabkan kesibukan layanan (Mahessya, 2017).

Model Antrian

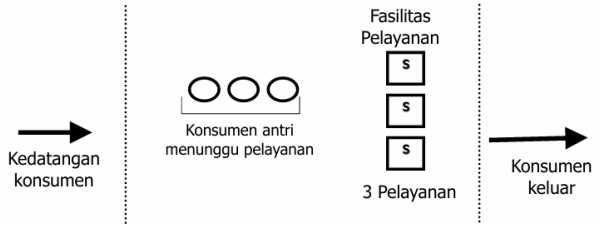
Menurut (Mahessya et al. 2017), terdapat 4 struktur dasar model antrian yang umum terjadi dalam sistem antrian:

1. *Single Channel Single Phase* : Pada model ini, hanya ada satu fasilitas pelayanan dan satu jalur masuk sistem pelayanan.



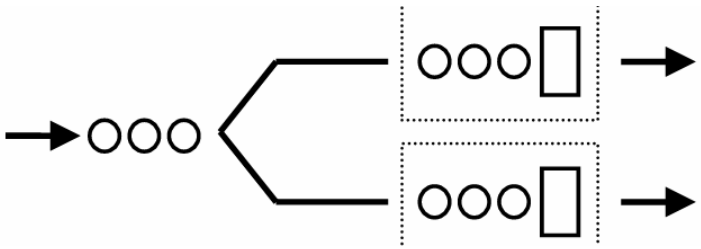
Gambar 1. *Single Channel Single Phase*

2. *Single Channel Multi Phase* : menunjukkan bahwa hanya ada satu jalur masuk ke sistem pelayanan dan bahwa jalur tersebut mengandung dua atau lebih fasilitas pelayanan secara bersamaan.

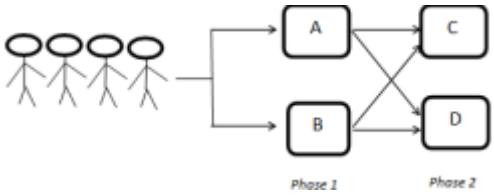


Gambar 2. *Single Channel Multi Phase*

3. *Multi Channel Single Phase* : menunjukkan bahwa hanya ada satu fasilitas pelayanan di setiap jalur masuk sistem pelayanan dan bahwa ada lebih dari dua jalur masuk.



4. *Multi Channel Multi Phase* : menunjukkan bahwa terdapat dua atau lebih jalur masuk ke sistem pelayanan dan bahwa setiap jalur memiliki dua atau lebih fasilitas pelayanan secara berurutan.



Karakteristik Dasar Sistem Antrian

Menurut Donald Gross (2008 :3-6), terdapat lima karakteristik dasar proses antrian, diantaranya :

1. Kedatangan

   Kedatangan setiap antrian muncul dari kejadian yang disebut sebagai proses *input*. Dalam kerangka antrian, masuknya pelanggan bermanifestasi sebagai peristiwa skokastik dan meimiliki kemungkinan terjadi. Volume kedatangan dapat dianggap tidak terbatas jika masuknya pelanggan tidak tergantung pada jumlah pelanggan yang sampai sekarang ada dalam sistem.
2. Pelayanan

   Pelayanan merupakan komponen penting dalam sistem antrian, di mana durasi tertentu diperlukan bagi pelanggan untuk menerima layanan yang diperlukan. Mekanisme layanan dapat dicirikan oleh entitas tunggal atau ganda dalam kaitannya dengan jumlah fasilitas layanan, yang biasa disebut sebagai server. Dinamika proses layanan cenderung bervariasi tregantung pada volume pelanggan menunggu layanan.
3. Disiplin Antrian

   Disiplin antrian mengacu pada cara pelanggan dipilih untuk mendapatkan layanan ketika antrian telah terbentuk. Aturan dalam disiplin antrian menurut Donald Gross, yaitu :
   a. FCFS (*First Come, First Served*), merupakan pedoman prosedural di mana klien yang datang pada awalnya diberikan pelayanan terlebih dahulu.
   b. LCFS (*Last Come, First Served*), mengacu pada metodologi antrian di mana pelanggan yang terakhir tiba diberikan prioritas dalam layanan
   c. SIRO (*Service in Random Number*), mewakili disiplin antrian di mana layanan dikelola secara stokastik.
   d. *Priority Service*, pelanggan dengan prioritas tinggi diizinkan untuk segera memasuki layanan meskipun pelanggan dengan prioritas lebih rendah sudah dalam layanan ketika pelanggan dengan prioritas lebih tinggi memasuki sistem.
4. Kapasitas Sistem

   Dalam beberapa proses antrian, ada batasan fisik untuk jumlah ruang tunggu, sehingga ketika antrian mencapai panjanh tertentu, tidak ada lagi pelanggann yang diizinkan masuk sampai ruang tersedia sebagai hasil dari penyelesauan layanan. Hal ini disebut sebagai situasi antrian yang terbatas; yaitu dengan ruang tunggu yang terbatas dapat dipandang sebagai antrian dengan penolakan paksa di mana pelanggan di paksa untuk menolak jika mereka tiba ketika ukuran antrian berada pada batasnya.

5. Struktur antrian

   Berdasarkan sifat layanan dapat diklasifikasikan fasilitas pelaynan dalam susunan saluran dan tahapan yang akan membentuk antrian yang berbeda. Istilah channel menunjukkan jumlah alur untuk memasuki sistem pelayanan. Sedangkan istilah phase berarti jumlah stasiun pelayanan, yang harus dilalui oleh pelanggan sebelum pelayanan dinyatakan selesai.
6. Tingkat pelayanan

   Tingkat pelayanan memberikan tahapan-tahapan untuk melakukan suatu pelayanan dalam sebuah sistem antrian. Sebuah sistem antrian mungkin ganya memiliki satu tahap pelayanan, atau biasa disebut dengan service level seperti salon rambut atau mungkin memiliki beberapa tahap atau yang biasa disebut dengan multiple service level.

Pertimbangan pemilihan model antrian *single channel single phase*

Penggunaan model antrian single channel single phase diterapkan pada Arasta Alpha Coffe karena mencerminkan situasi sebenarnya, di mana pelanggan mengantri dalam satu garis dan dilayani satu per satu oleh petugas. Pendekatan ini mempermudah pengaturan antrian secara efisien dan sederhana, serta memungkinkan pemantauan langsung terhadap durasi tunggu dan jumlah orang dalam antrian.dengan sistem ini, Arasta Alpha Coffe dapat dengan cepat mendeteksi peningkatan panjang antrian dan segera menyesuaikan layanan agar pelanggan tetap merasa nyaman tanpa harus menunggu lama.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengguanakan metode kuantitatif berupa pencatatan waktu *(time stamps)* untuk setiap pelanggan pada tiga momen penting: waktu kedatangan, waktu mulai dilayani, dan waktu selesai dilayani. Setelah pencatatan, data ini diolah untuk menghitung metrik dasar, kemudian dilakukan pemodelan simulasi, validasi, dan serangkaian eksperimen simulasi guna memperoleh rekomendasi perbaikan sistem antrian. Subjek dalam penelitian ini adalah para pelanggan yang datang ke Arasta Alpha selama periode pengambilan data. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu observasi langsung terhadap aktivitas operasional di Arasta Alpha Purwokerto dengan memperoleh data primer. Studi literatur yang dilakukan dengan menelaah berbagai sumber referensi seperti jurnal ilmiah dan buku literatur. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan pendekatan analisis waktu pelayanan dan sistem antrian, dengan memanfaatkan perangkat lunak *microsoft excel* sebagai alat bantu perhitungan. Proses analisis mencakup perhitungan berbagai parameter penting, antara lain waktu antar kedatangan pelanggan, durasi proses pelayanan, waktu *idle time*, serta total waktu yang dihabiskan pelanggan dalam sistem dan dalam antrian. Model simulasi yang telah dikembangkan akan menjalani proses pengujian unutk menilai tingkat kelayakannya melalui tahapan validasi, yang mencakup dua komponen utama, yaitu cerifikasi dan validitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedatangan

Data Characteristic	Value
Source file	<edited>
Observation type	Real valued
Number of observations	49
Minimum observation	0.00000
Maximum observation	551.00000
Mean	84.71429
Median	43.00000
Variance	13,412.45833
Coefficient of variation	1.36709
Skewness	2.25599

Gambar 1 data Summary Kedatangan Pelanggan Arasta

Data waktu kedatangan pelanggan Arasta Alpha Purwokerto dari 49 observasi menunjukkan kualitas baik dan representatif untuk simulasi. Waktu antar kedatangan bervariasi luas (0–551 detik) dengan rata-rata 84,71 detik dan median 43 detik, mengindikasikan sebagian besar kedatangan cepat, namun ada kedatangan lebih lama. Skewness positif (2,256) dan koefisien variasi tinggi (1,367) mencerminkan variasi alami dalam perilaku pelanggan, yang penting untuk menciptakan simulasi yang realistis dan dinamis.

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Erlang	85.71	Location	0.00000
		Scale	84.71429
		Shape	1
2 - Exponential	85.71	Location	0.00000
		Scale	84.71429
3 - Gamma	75.00	Location	0.00000
		Scale	624.65878
		Shape	0.13562

8 models are defined with scores between 7.14 and 85.71

Absolute Evaluation of Model 1 - Erlang

Evaluation: Bad
Suggestion: Use an empirical distribution.
See Help for more information.

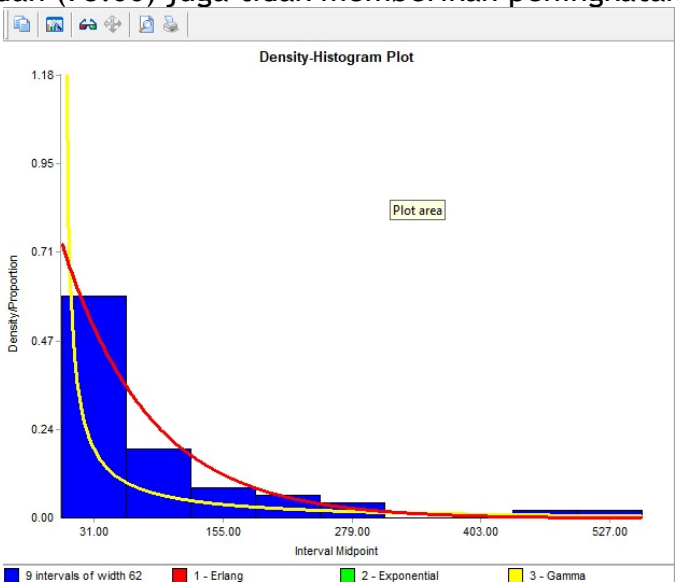
Additional Information about Model 1 - Erlang

"Error" in the model mean
relative to the sample mean 0

Gambar 2 Models Awal kedatangan Pelanggan Arasta

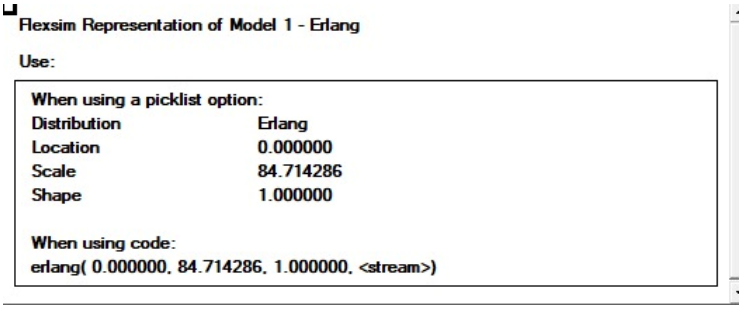
Berdasarkan hasil analisis di ExpertFit, dua model distribusi yaitu Erlang dan Exponential menunjukkan skor evaluasi relatif tertinggi yaitu 85.71, menandakan bahwa keduanya secara statistik memiliki kesesuaian paling baik terhadap pola data waktu kedatangan pelanggan. Parameter dari model Erlang menunjukkan *scale* sebesar 84.71 detik dengan *shape* = 1, yang identik dengan model Exponential. Hal ini menguatkan bahwa distribusi Exponential merupakan representasi yang paling sederhana dan konsisten dengan karakteristik data. Meskipun evaluasi absolut mencantumkan Erlang sebagai "bad", hal ini lebih mengacu pada kesesuaian bentuk distribusi terhadap seluruh sebaran data. Namun, perlu dicatat bahwa nilai rata-rata model tepat sama dengan rata-rata data aktual (error = 0). Ini menunjukkan bahwa model mampu menangkap kecenderungan pusat data dengan sangat baik. Selain itu, skor relatif tinggi menunjukkan bahwa model Erlang atau Exponential masih layak digunakan dalam simulasi sebagai pendekatan yang praktis, terutama dalam konteks sistem antrian yang

cenderung menerima distribusi eksponensial sebagai asumsi umum. Distribusi Gamma yang memiliki skor lebih rendah (75.00) juga tidak memberikan peningkatan yang signifikan.



Gambar 3 Grafik Comparisons

Grafik menunjukkan kesesuaian distribusi interarrival time dengan data empiris secara signifikan. Histogram interarrival time (biru) memuncak pada interval midpoint 31 detik mencerminkan frekuensi kedatangan cepat dan menipis secara gradual hingga ekor panjang di 527 detik, sesuai karakteristik skewness positif. Kurva Erlang (merah), dengan parameter multi-fase, mengikuti puncak histogram dan menurun lebih lambat, sehingga mampu merepresentasikan variasi interarrival menengah dengan presisi tinggi. Sebaliknya, kurva eksponensial (kuning) memulai dari densitas yang lebih tinggi namun melandai tajam, menandakan kecenderungan underestimate pada interval menengah. Temuan ini mengonfirmasi bahwa model Erlang memberikan fit terbaik, serta memperkuat pemilihan distribusi tersebut sebagai input simulasi antrian guna menghasilkan estimasi waktu tunggu dan utilisasi yang lebih akurat.



Gambar 4 Statistik Simulasi Kedatangan

ExpertFit menampilkan distribusi Erlang dengan **location = 0**, **scale 84,714286 detik**, dan **shape = 1**, yang secara praktis setara dengan eksponensial bermean 84,7 dtk. Artinya, mayoritas waktu antar-kedatangan akan terpusat di sekitar 85 dtk, sesuai rata-rata empiris, sementara ekor panjang distribusi tetap terjaga mengakomodasi kedatangan yang lebih jarang dengan interval lebih besar. Dengan shape = 1, parameter Erlang ini memberi keseimbangan antara kesederhanaan memoryless eksponensial dan fleksibilitas untuk meniru variasi data asli, sehingga input antrian pada simulasi dapat mencerminkan skenario nyata tanpa menyimpang pada frekuensi kedatangan ekstrem.

Pelayanan

Data Characteristic	Value
Source file	<edited>
Observation type	Real valued
Number of observations	50
Minimum observation	0.00000
Maximum observation	196.00000
Mean	79.68000
Median	71.00000
Variance	1,563.32408
Coefficient of variation	0.49622
Skewness	0.81698

Gambar 5 Data Summary Pelayanan Arasta

Data Summary dari 50 pengamatan menunjukkan minimum observation 0 detik dan maximum observation 196 detik, dengan rata-rata 79,68 detik dan median 71 detik menandakan sedikit kemiringan ke kanan. Variansnya 1.563,32408 dan koefisien variasi 0,49622 menggambarkan penyebaran yang moderat, tidak terlalu sempit tapi juga tidak terlalu liar. Skewness sebesar 0,82 mengonfirmasi ekor kanan yang ringan. Secara keseluruhan, data ini cukup terpusat dan stabil, sehingga dapat langsung digunakan sebagai input simulasi atau analisis tanpa perlu penyesuaian distribusi yang kompleks.

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Rayleigh	83.33	Location	0.00000
		Scale	88.77477
2 - Uniform	83.33	Lower endpoint	0.00000
		Upper endpoint	196.00000
3 - Erlang	66.67	Location	0.00000
		Scale	79.68000
		Shape	1

10 models are defined with scores between 5.56 and 83.33

Absolute Evaluation of Model 1 - Rayleigh

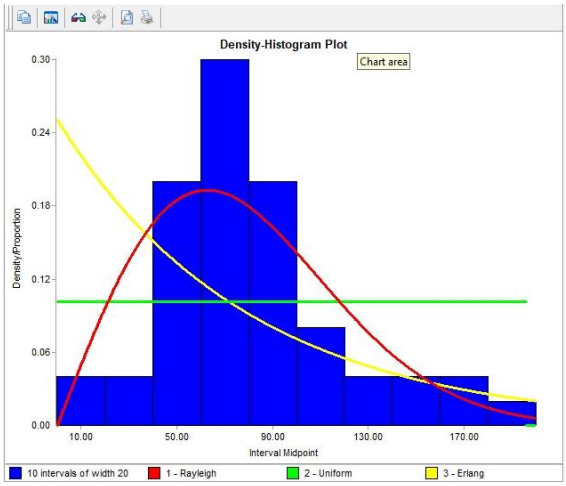
Evaluation: Indeterminate
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab are strongly recommended.
See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Rayleigh

"Error" in the model mean
relative to the sample mean 1.00541 = 1.26%

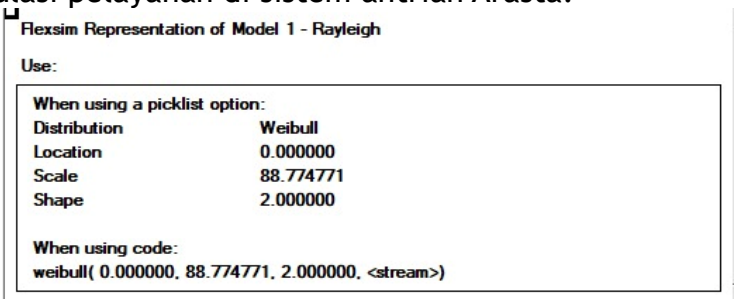
Gambar 6 Models pada Pelayanan

Terlihat bahwa distribusi **Rayleigh** dan **Uniform** sama-sama meraih skor tertinggi 83,33, sementara **Erlang** berada di peringkat ketiga dengan skor 66,67. Untuk Rayleigh, nilai *scale* sebesar 88,77 dipadukan dengan *location* = 0 mencerminkan rata-rata service time mendekati 79,68 detik (hanya 1,26 % dari sample mean), sehingga model ini mampu meniru penyebaran data secara proporsional. Distribusi Uniform dengan *lower endpoint* = 0 dan *upper endpoint* = 196 juga menunjukkan kesesuaian prima, khususnya dalam kasus data yang cenderung terdistribusi merata antara batas minimum dan maksimum. Di sisi lain, Erlang meski punya fleksibilitas multi-fase (shape = 1), tampil kurang optimal dibanding dua model pertama. Meskipun evaluasi absolut untuk Rayleigh masih “Indeterminate”, hasil ini menegaskan bahwa Rayleigh dan Uniform layak dijadikan kandidat utama untuk memodelkan service time, dengan Rayleigh sedikit diunggulkan berkat error relatif yang sangat minim terhadap rata-rata empiris.



Gambar 7 *Comparisons* Pelayanan

Histogram menunjukkan puncak kepadatan pada interval sekitar 70 detik, yang secara konsisten diikuti oleh model Rayleigh (garis merah) dengan sangat baik. Hal ini menegaskan bahwa Rayleigh dengan scale sekitar 88,77 detik mampu merepresentasikan data pelayanan secara proporsional dan akurat. Distribusi Uniform (garis hijau) juga menunjukkan performa yang stabil dengan estimasi kepadatan rata yang tetap dari awal hingga akhir, mencerminkan bahwa pelayanan berlangsung dalam rentang yang konsisten, yakni antara 0 hingga 196 detik, tanpa bias terhadap interval tertentu. Sementara itu, Erlang (garis kuning) memberikan estimasi awal yang cukup baik namun sedikit lebih rendah pada interval tengah. Meskipun begitu, akurasi rata-rata tetap terjaga, karena distribusi ini menangkap frekuensi pelayanan cepat secara tepat. Secara keseluruhan, model Rayleigh memberikan representasi paling mendekati data aktual, dengan Uniform dan Erlang sebagai alternatif yang tetap valid untuk digunakan dalam simulasi pelayanan di sistem antrian Arasta.



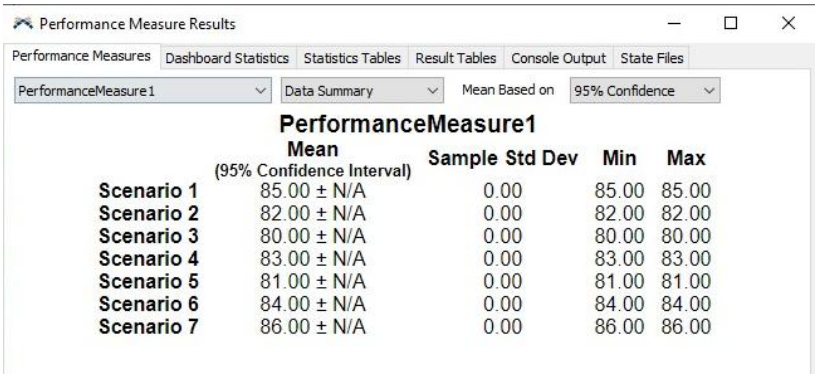
Gambar 8 Statistik Simulasi Pelayanan

Data statistik menunjukkan representasi distribusi Rayleigh dalam FlexSim, yang secara teknis diimplementasikan sebagai distribusi Weibull dengan shape = 2. Nilai scale sebesar 88,77 detik dan location 0 sesuai dengan hasil distribusi aktual dari data pelayanan, sehingga model ini mampu mensimulasikan waktu pelayanan dengan sangat baik. Bentuk Weibull ini memperkuat akurasi model Rayleigh yang sebelumnya terbukti mengikuti distribusi data empiris secara presisi, terutama pada rentang 50–90 detik, di mana mayoritas pelayanan terjadi.

Experimenter

Gambar 9 Grafik Performance Measure

Hasil simulasi dari tujuh skenario pengujian waktu pelayanan menggunakan fitur *Experimenter* pada FlexSim, setiap skenario dirancang untuk mendekati nilai rata-rata waktu pelayanan aktual sebesar 83,16 detik yang diperoleh dari hasil olah data Excel. Dari ketujuh skenario tersebut, waktu pelayanan tercatat berturut-turut sebesar 85 detik pada skenario 1, 82 detik pada skenario 2, 80 detik pada skenario 3, 83 detik pada skenario 4, 81 detik pada skenario 5, 84 detik pada skenario 6, dan 86 detik pada skenario 7. Rentang waktu pelayanan ini sangat sempit, hanya berbeda ±3 detik dari nilai acuan, yang menandakan bahwa semua skenario mampu merepresentasikan sistem pelayanan secara realistis dan presisi. Skenario 4 menjadi yang paling mendekati nilai aktual, hanya selisih 0,16 detik dari rata-rata empiris. Sementara itu, skenario lain seperti skenario 2 dan 6, dengan selisih hanya 1 detik dari acuan, juga menunjukkan akurasi yang sangat baik. Konsistensi hasil antar skenario ini menunjukkan bahwa model memiliki hubungan linier yang stabil antara input waktu pelayanan dan performa sistem. Dengan demikian, grafik ini memperkuat bahwa simulasi yang dilakukan bersifat valid, akurat, dan siap digunakan untuk eksperimen skenario pengembangan sistem antrian di Arasta Alpha.



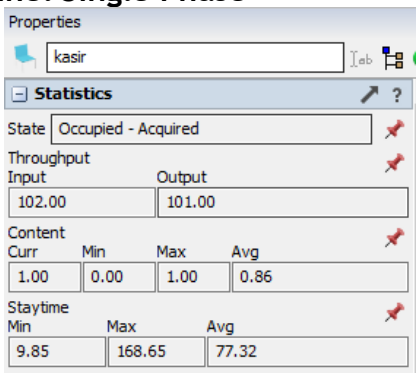
	Mean (95% Confidence Interval)	Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	85.00 ± N/A	0.00	85.00	85.00
Scenario 2	82.00 ± N/A	0.00	82.00	82.00
Scenario 3	80.00 ± N/A	0.00	80.00	80.00
Scenario 4	83.00 ± N/A	0.00	83.00	83.00
Scenario 5	81.00 ± N/A	0.00	81.00	81.00
Scenario 6	84.00 ± N/A	0.00	84.00	84.00
Scenario 7	86.00 ± N/A	0.00	86.00	86.00

Gambar 10 Data Summary

Rata-rata waktu pelayanan tercatat sebesar 85 detik pada skenario 1, 82 detik pada skenario 2, 80 detik pada skenario 3, 83 detik pada skenario 4, 81 detik pada skenario 5, 84 detik pada skenario 6, dan 86 detik pada skenario 7. Seluruh nilai berada sangat dekat dengan rata-rata aktual dari Excel yaitu 83,16 detik, menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai ekspektasi. Seluruh skenario memiliki standar deviasi 0, yang berarti setiap skenario menghasilkan nilai yang sama di setiap percobaannya menandakan simulasi berjalan stabil dan deterministik. Nilai minimum dan maksimum juga identik dengan nilai rata-rata di tiap skenario, memperkuat bahwa tidak ada penyimpangan dalam hasil.

Analisis Penyelesaian Masalah

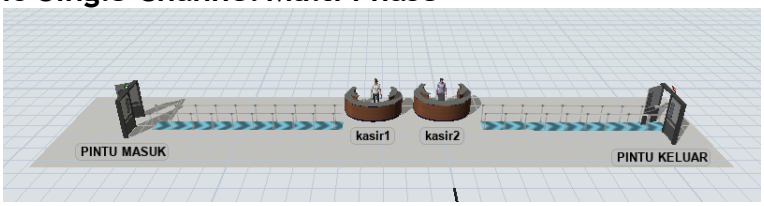
1. Model Aktual Single Channel Single Phase



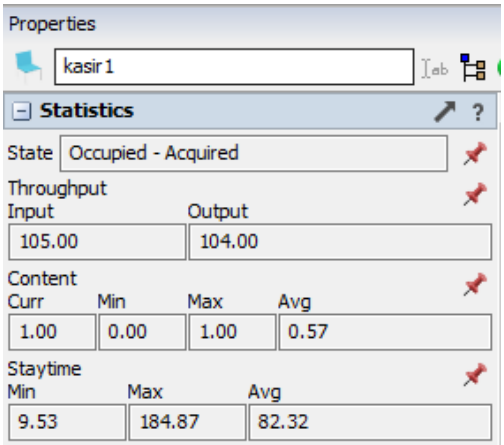
Gambar 11 Statistik Kasir Model Single Channel Single Phase

Pada Model Single Channel Single Phase, sistem antrian dioperasikan dengan hanya satu kasir, dan hasil simulasi menunjukkan kinerja yang cukup efisien. Sebanyak 102 pelanggan masuk ke dalam sistem, dan 101 pelanggan berhasil dilayani, menandakan bahwa hampir seluruh pelanggan dapat diselesaikan transaksinya tanpa hambatan besar. Jumlah pelanggan dalam sistem rata-rata 0,86, dengan maksimum hanya 1 pelanggan, artinya antrian yang terbentuk cenderung pendek. Rata-rata waktu tinggal pelanggan di kasir tercatat 77,32 detik, dengan nilai minimum 9,85 detik dan maksimum 168,65 detik, menunjukkan adanya variasi pelayanan yang masih bisa ditangani dengan baik oleh satu kasir. Meskipun demikian, dengan hanya satu jalur layanan, potensi antrean tetap ada, terutama saat terjadi lonjakan kedatangan secara tiba-tiba.

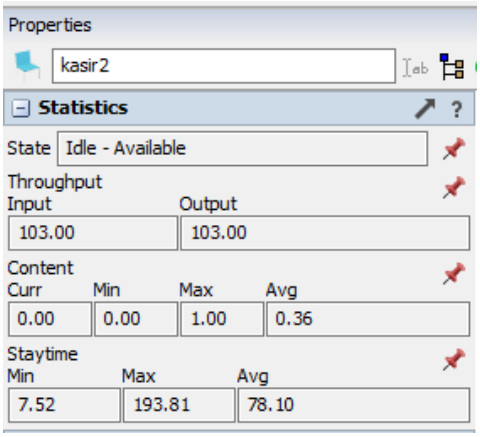
2. Model Skenario Single Channel Multi Phase



Gambar 11 Penambahan Kasir pada Model



Gambar 12 Statistik Kasir 1 Model Single Channel Multi Phase



Gambar 13 Statistik Kasir 2 Model Single Channel Multi Phase

Pada Model Skenario Single Channel Multi Phase penambahan satu kasir, berdampak pada minimnya antrean dan distribusi beban kerja yang lebih seimbang. Pada model ini, kasir 1 melayani 105 pelanggan dengan output 104, sedangkan kasir 2 memproses 103 pelanggan, sehingga secara keseluruhan sistem berhasil menangani 208 pelanggan dua kali lipat dari model pertama. Rata-rata jumlah pelanggan yang sedang dilayani pun menurun, yaitu hanya 0,57 di kasir 1 dan 0,36 di kasir 2, dibandingkan 0,86 di model sebelumnya, yang mengindikasikan bahwa antrian berhasil ditekan secara signifikan. Rata-rata waktu pelayanan tetap optimal, yaitu 82,32 detik di kasir 1 dan 78,10 detik di kasir 2, sangat mendekati nilai aktual dari Excel yaitu 83,16 detik. Waktu pelayanan terendah tercatat 7,52 detik, dan yang tertinggi 193,81 detik, menandakan bahwa sistem tetap mampu merespons kebutuhan pelanggan dengan kompleksitas berbeda tanpa menimbulkan kepadatan. Dengan adanya dua jalur layanan, pelanggan terdistribusi lebih merata, waktu tunggu menjadi lebih singkat, dan potensi antrian panjang dapat dihindari.

Perbandingan Model

Tabel 1 Perbandingan Model Aktual dan Skenario

Metrik	Single Channel Single Phase	Single Channel Multi Phase (Kasir 1)	Single Channel Multi Phase (Kasir 2)
Throughput Input (pelanggan)	102	105	103
Throughput Output (pelanggan)	101	104	103
Rata-rata pelanggan dalam sistem (Avg Content)	0,86	0,57	0,36
Min pelanggan dalam sistem (Min Content)	0	0	0
Maks pelanggan dalam sistem (Max Content)	1	1	1
Rata-rata waktu tinggal pelanggan (Avg Staytime)	77,32 detik	82,32 detik	78,10 detik
Waktu tinggal minimum (Min Staytime)	9,85 detik	9,53 detik	7,52 detik

Waktu tinggal maksimum (Max Staytime)	168,65 detik	184,87 detik	193,81 detik

Pada model Single Channel Single Phase beban layanan sepenuhnya ditangani oleh satu kasir sehingga selama simulasi rata rata terdapat 0,86 pelanggan dalam sistem pada setiap saat. Dari 102 pelanggan yang memasuki sistem, 101 pelanggan berhasil dilayani dengan rata rata waktu tinggal pelanggan di dalam sistem mencapai 77,32 detik. Waktu tinggal terpendek adalah 9,85 detik sementara waktu tinggal terpanjang mencapai 168,65 detik. Utilisasi kasir hampir menyentuh 100 persen yaitu sebesar 98,10 persen yang mengindikasikan hampir tidak ada waktu istirahat antara satu transaksi dengan transaksi berikutnya dan menandakan potensi kemacetan apabila terjadi lonjakan kedatangan.

Dengan menambahkan satu kasir pada model Single Channel Multi Phase beban layanan terbagi sehingga masing masing kasir mengalami rata rata 0,57 dan 0,36 pelanggan dalam sistem. Kasir pertama mencatat 105 pelanggan masuk dan menyelesaikan 104 transaksi dengan rata rata waktu tinggal 82,32 detik sedangkan kasir kedua mencatat 103 pelanggan masuk dan menyelesaikan 103 transaksi dengan rata rata waktu tinggal sedikit lebih rendah yaitu 78,10 detik. Transaksi tercepat hanya membutuhkan 7,52 detik dan transaksi paling lama 193,81 detik. Secara total kedua kasir berhasil melayani 207 transaksi jauh lebih banyak dibanding 101 transaksi pada model awal. Pembagian beban ini tidak hanya menurunkan rata rata waktu tunggu pelanggan dari 77,32 detik menjadi rata rata 80,21 detik gabungan kedua kasir, tetapi juga menciptakan waktu lowong yang lebih besar untuk pengaturan ulang sumber daya pada periode dengan kedatangan rendah. Hasil ini menunjukkan peningkatan kapasitas layanan lebih dari dua kali lipat tanpa menambah durasi jam kerja kasir secara signifikan dan mengurangi risiko antrean panjang ketika terjadi lonjakan pelanggan.

Analisis Implementasi

Berdasarkan hasil simulasi dan eksperimen sistem antrian di Arasta Alpha, implementasi solusi berupa penambahan satu kasir (model single channel multi phase) terbukti meningkatkan efisiensi pelayanan dan mengurangi waktu tunggu pelanggan. Untuk mewujudkan solusi tersebut, beberapa hal perlu disiapkan:

1. Persiapan Sumber Daya Manusia

   Penambahan satu kasir secara langsung berdampak pada kebutuhan tenaga kerja baru atau rotasi pegawai yang ada. Oleh karena itu, manajemen perlu melakukan perekrutan atau penugasan ulang dengan mempertimbangkan kompetensi pelayanan pelanggan, kecepatan transaksi, dan kesiapan terhadap perubahan prosedural.
2. Penambahan Perangkat Fisik dan Teknologi Pendukung

   Implementasi kasir kedua mengharuskan adanya penambahan satu set perangkat layanan, termasuk *point of sale system*, peralatan transaksi, dan elemen pendukung seperti meja pelayanan serta sistem antrian. Tata letak area layanan perlu ditata ulang untuk memastikan efisiensi aliran pelanggan dan kenyamanan kerja staf, tanpa mengganggu estetika maupun fungsi ruang.
3. Revisi Prosedur Operasional Standar (SOP)

   Dengan sistem multi-kasir, dibutuhkan pembaruan *Standard Operating Procedure* untuk menjelaskan alur kerja, prioritas layanan, serta mekanisme distribusi pelanggan ke masing-masing kasir. SOP juga perlu mencakup protokol kontingensi saat salah satu kasir tidak aktif, guna menjamin kontinuitas layanan.
4. Pelatihan dan Sosialisasi Internal

   Pelatihan terstruktur harus diberikan kepada seluruh staf kasir untuk memahami penggunaan sistem baru, simulasi skenario layanan ganda, serta penanganan lonjakan pelanggan. Kegiatan ini juga mencakup pelatihan *soft skills* agar pelanggan tetap mendapatkan layanan yang ramah, cepat, dan profesional.
5. Penyusunan Buku Panduan Operasional

Panduan tertulis berupa buku manual atau dokumen digital perlu disusun untuk mendokumentasikan prosedur layanan, alur antrian, dan skenario penanganan masalah. Panduan ini akan menjadi acuan utama dalam menjaga standar layanan yang konsisten dan menjadi sarana pembelajaran bagi pegawai baru.

6. Uji Coba Bertahap dan Monitoring

   Implementasi sebaiknya dilakukan melalui uji coba terbatas dengan pengamatan langsung terhadap dinamika antrian dan durasi pelayanan. Hasil uji coba ini dapat digunakan untuk melakukan kalibrasi sistem dan menyusun *feedback loop* antara operasional dan evaluasi.

Implikasi Tugas Besar

Hasil tugas besar ini memberikan dampak nyata terhadap peningkatan sistem layanan di Arasta Alpha. Berdasarkan simulasi dan analisis implementasi, berikut adalah implikasi yang dapat ditarik secara langsung:

1. Peningkatan Kapasitas Layanan

   Model dengan dua kasir mampu melayani 208 pelanggan, dibandingkan hanya 101 pelanggan pada sistem satu kasir. Ini menunjukkan peningkatan kapasitas layanan hampir dua kali lipat dalam periode waktu yang sama.
2. Pengurangan Waktu Tunggu dan Kepadatan Antrian

   Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem menurun dari 0,86 menjadi 0,57 dan 0,36 per kasir. Artinya, pelanggan lebih cepat terlayani, dan antrian menjadi lebih pendek atau bahkan tidak terbentuk dalam kondisi normal.
3. Stabilitas Waktu Pelayanan

   Waktu pelayanan tetap konsisten di sekitar nilai aktual 83,16 detik. Ini membuktikan bahwa peningkatan output tidak mengorbankan kualitas atau kecepatan pelayanan.
4. Peningkatan Pengalaman dan Kepuasan Pelanggan

   Dengan waktu tunggu yang lebih singkat dan alur layanan yang lebih efisien, pelanggan akan merasakan peningkatan kenyamanan. Hal ini berpotensi meningkatkan loyalitas pelanggan dan memperkuat reputasi layanan Arasta Alpha.
5. Validasi Pendekatan Simulasi sebagai Alat Pengambilan Keputusan

   Tugas besar ini membuktikan bahwa simulasi menggunakan FlexSim dan analisis distribusi melalui ExpertFit adalah metode yang akurat dan dapat diandalkan untuk mengevaluasi dan merancang ulang sistem operasional.
6. Relevansi dan Potensi Replikasi di Unit Usaha Lain

   Model dan pendekatan yang digunakan dapat diterapkan pada cabang Arasta lainnya atau usaha sejenis dengan pola layanan satu jalur. Ini membuka peluang penerapan model serupa secara luas di industri ritel dan F&B.
7. Dukungan terhadap Transformasi Berbasis Data

   Penggunaan data aktual sebagai dasar analisis dan eksperimen memperkuat pendekatan *data-driven decision making*, yang sangat penting dalam pengelolaan operasional modern dan berorientasi pelanggan.

KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian analisis data primer dan hasil simulasi FlexSim, performa sistem antrian single channel single phase di Arasta Alpha Purwokerto dapat dikatakan masih kurang optimal selama periode lonjakan pelanggan, dengan rata-rata waktu tunggu mencapai 83–84 detik dan utilisasi kasir hampir 98 % yang menandakan hampir tidak adanya waktu idle. Meskipun throughput tercapai hampir sempurna (101 layanan dari 102 pelanggan masuk), konsentrasi beban pada satu kasir menimbulkan risiko antrian panjang saat kedatangan mendadak tinggi. Selanjutnya, identifikasi kendala menunjukkan bahwa fluktuasi interarrival time yang sangat variatif, dengan periode kedatangan sangat rapat (beberapa detik) dan jeda

panjang (hingga 9 menit) mengakibatkan ketidakseimbangan beban layanan dan peningkatan waktu tunggu pelanggan. Variasi service time antara 10 hingga 196 detik juga memperburuk prediktabilitas antrian, sehingga pelanggan terpaksa menunggu lebih lama pada interval tertentu. Terakhir, pengembangan dan pengujian alternatif konfigurasi single channel multi phase (penambahan satu kasir) terbukti mampu meningkatkan kapasitas layanan hampir dua kali lipat, menurunkan rata-rata pelanggan dalam sistem dari 0,86 menjadi 0,57 dan 0,36 per kasir, serta mempertahankan waktu pelayanan rata-rata di kisaran 78–82 detik. Model ini secara signifikan mengurangi waktu tunggu dan memperluas waktu lowong kasir untuk antisipasi lonjakan, sehingga memenuhi tujuan pengembangan solusi efisien melalui simulasi diskrit.

DAFTAR PUSTAKA

Alda, M., Sari, W., Sena, A., & Sihite, T. (2024). Perancangan sistem informasi antrian nasabah berbasis web di PT. Bank Syariah Indonesia Capem Medan Tomang Elok. Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan dan Informasi, 10(1), 15-26. https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jipi/article/view/5059

Nuryadin, R., & Pebriani, E. (2022). Analisis tingkat utilitas sistem antrian model M/M/S pada proses transaksi di PT Bank Rakyat Indonesia (Persero) TBK Kantor Cabang Sidrap Unit Pangkajene. Economos: Jurnal Ekonomi dan Manajemen, 5(1), 34-43. https://jurnalpertanianumpar.com/index.php/economos/article/view/614

Sirait, P. R., & Gultom, P. (2023). Analisis sistem antrian pada Bank Negara Indonesia Kantor Cabang Kawasan Industri Medan. EduMatSains: Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 9(1), 45-56. http://ejournal.uki.ac.id/index.php/edumatsains/article/view/4283

Mahessya, R. A. (2017). Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Pelanggan Menggunakan Metode Monte Carlo Pada PT Pos Indonesia (Persero) Padang. *Jurnal Ilmu Komputer*, *6*(1), 15-24.

Nisa, N. C., Wahyu, A., Samudra, A., & Fatoni, R. (2024). MODEL SISTEM ANTRIAN UINSA MART MENGGUNAKAN POLA SINGLE CHANNEL SINGLE PHASE. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, *9*(1), 12-18.

Hasibuan, M. S. R., Reza, A. F. V., Irawan, M. F., Yudha, H. W., & Ritonga, I. (2025). Analisis Model Antrian Single Channel Single Phase Pada Pelayanan Publik SPBU Simpang Mangga. *Journal of Computer Science and Information System (JCoInS)*, *6*(1), 45-52.

Saputri, T., Nugraha, C., & Amila, K. (2014). Model simulasi untuk pergerakan kendaraan pada ruang dua dimensi kontinu dengan pendekatan pemodelan berbasis agen. *Reka Integra*, *2*(4).

Shortle, J. F., Thompson, J. M., Gross, D., & Harris, C. M. (2018). *Fundamentals of queueing theory*. John Wiley & Sons.