

Simulasi Sistem Antrian Pelayanan *Take Away* di Gerai Minuman Teh

Putu Wahyou Widiadnyana¹, I Putu Reno Swambara Lingga², Ahmad Maulana³,
Chanysia Feychin Romani⁴, Ni Luh Putu Lilis Sinta Setiawati^{*5}

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Industri, Universitas Udayana, Jalan Raya Kampus Unud,
Jimbaran, Badung, Bali 80631

e-mail: ¹wahyouwidiadnyana@gmail.com, ²reno.lingga04@gmail.com,

³am8422052@gmail.com, ⁴chanysia.fr@gmail.com, ^{*5}lilissintasetiawati@unud.ac.id

(artikel diterima: 13-09-2024, artikel disetujui: 15-04-2025)

Abstrak

Sistem antrian yang efisien berperan penting dalam meningkatkan kualitas pelayanan dan kepuasan pelanggan. Inefisiensi sistem antrian pada usaha makanan dan minuman dapat menyebabkan antrian menumpuk serta menurunkan tingkat kepuasan pelanggan karena harus menunggu lama untuk memesan. Oleh karena itu, inefisiensi sistem antrian perlu diatasi dengan perbaikan aturan antrian, fasilitas, atau sumber daya. Penelitian ini menyelidiki inefisiensi yang terjadi pada sistem antrian layanan *take away* di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali, yang menyebabkan waktu tunggu panjang dan ketidakpuasan pelanggan, terutama pada jam-jam sibuk. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis sistem antrian yang ada, mengidentifikasi hambatan utama (*bottleneck*), serta memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi pelayanan. Metode yang digunakan adalah simulasi sistem dengan perangkat lunak ProModel, di mana data dikumpulkan melalui observasi langsung dan pengukuran waktu pada berbagai tahap pelayanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *bottleneck* terjadi pada meja kasir, yang menyebabkan waktu tunggu rata-rata pelanggan mencapai 1.855 detik. Gerai hanya mampu melayani 71,2% dari total pelanggan potensial dalam waktu tiga jam. Penambahan satu meja kasir berhasil meningkatkan jumlah pelanggan yang dilayani dari 88 menjadi 156 pelanggan dalam tiga jam, mengurangi waktu tunggu rata-rata menjadi 1.340 detik, serta meningkatkan kapasitas pemrosesan hingga 95,31%. Kesimpulannya, usulan perbaikan dalam penelitian ini dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi sistem antrian dan kepuasan pelanggan di gerai minuman tersebut.

Kata kunci: Antrian; Pelayanan; ProModel; Simulasi

Abstract

An efficient queuing system plays a crucial role in improving service quality and customer satisfaction. Inefficiencies in the queuing system of food and beverage businesses can lead to long lines and decreased customer satisfaction due to prolonged waiting times for ordering. Therefore, addressing queue inefficiencies requires improvements in queuing rules, facilities, or resources. This study investigates inefficiencies in the take-away service queuing system at a tea beverage outlet in a shopping mall in Bali, which results in long waiting times and customer dissatisfaction, especially during peak hours. The objective of this research is to analyze the existing queuing system, identify key bottlenecks, and propose improvements to enhance service efficiency. The method used is system simulation with ProModel, where data is collected through direct observation and time measurements at various service stages. The simulation results indicate that the bottleneck occurs at the cashier counter, causing the average customer waiting time to reach 1,855 seconds. The outlet is only able to serve 71.2% of the total potential customers within three hours. Adding one more cashier counter successfully increased the number of customers served from 88 to 156 within three hours, reduced the average waiting time to 1,340 seconds, and improved processing capacity to 95.31%. In conclusion, the proposed improvements in this study can significantly enhance the efficiency of the queuing system and customer satisfaction at the tea beverage outlet.

Keywords: ProModel, Queue, Service, Simulation

1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi yang semakin berkembang pesat, industri makanan dan minuman adalah salah satu industri yang mendorong kemajuan. Industri makanan dan minuman dalam konsep perkembangan ekonomi pada negara berkembang bertujuan untuk mencapai tingkat kemakmuran dan kesejahteraan bagi seluruh rakyat di dalam satu negara (Zainob, 2022). Meningkatnya bisnis di bidang makanan dan minuman dilihat dari pertambahan jumlah kafe, gerai minuman, dan restoran. Semakin banyaknya jumlah gerai mengakibatkan persaingan bisnis di industri ini semakin kompetitif. Dengan meningkatnya peminat yang berbelanja di gerai minuman ataupun minuman, muncul pula masalah antrian yang berkaitan dengan kualitas pelayanan.

Salah satu bisnis yang bergerak di industri penjualan berbagai variasi minuman teh adalah sebuah jaringan waralaba minuman teh terkenal. Merek ini dikenal karena konsistensi serta inovasi produknya yang beragam dan unik, sehingga menarik perhatian para penggemar minuman teh. Salah satu gerai dari jaringan ini yang memiliki volume pelanggan tinggi hingga seringkali menyebabkan antrian panjang berlokasi di sebuah pusat perbelanjaan di Bali. Tidak jarang beberapa pelanggan meninggalkan antrian sebelum memesan minuman, sehingga menyebabkan hilangnya peluang penjualan. Antrian merupakan kejadian yang terjadi akibat fasilitas pelayanan yang kurang memadai dalam menangani jumlah pelanggan yang datang (Puspitasari et al., 2018). Antrian pengguna terjadi karena kebutuhan layanan melebihi kapasitas fasilitas layanan (Mahessya, 2017).

Sistem pemesanan minuman di gerai ini dimulai dengan pelanggan melihat menu di meja kasir. Setelah memilih, pelanggan memesan kepada kasir yang mencatat pesanan dalam sistem komputer. Metode pembayaran yang tersedia mencakup tunai dan non-tunai (QRIS atau kartu debit). Setelah pembayaran, pelanggan menerima *struk* pembelian dan diarahkan ke area tunggu. Ketika pesanan siap, nama pelanggan dipanggil untuk mengambil minuman di *pick-up point*. Meskipun sistem ini dirancang untuk memudahkan serta mempercepat pelayanan, antrian tetap terjadi sehingga diperlukan evaluasi terhadap sistem pelayanan *take away* di gerai tersebut guna meningkatkan kualitas layanan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis fenomena antrian adalah simulasi sistem. Simulasi merupakan proses meniru sistem nyata yang dimodelkan untuk melakukan eksperimen menggunakan komputer untuk menggambarkan, menjelaskan, dan memprediksi perilaku sistem (Ahdan & Sari, 2020). Simulasi digunakan untuk menginterpretasikan dan menganalisis perilaku sistem, menjawab pertanyaan tentang bagaimana jika sebuah skenario dijalankan untuk sistem yang sudah ada dan membantu dalam pembuatan model sistem yang sebenarnya. (Nashrulhaq et al., 2014). Tujuan dari pemilihan model simulasi sistem adalah untuk memastikan bahwa program komputer dan prosedur pemrosesan data sesuai dengan model konseptual yang telah ditetapkan (Nur, 2016). Simulasi dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak ProModel. ProModel adalah program simulasi berbasis Windows yang dapat melakukan simulasi dan menganalisis sistem (Cornellia, 2018). Tujuan yang bisa dicapai dari penggunaan ProModel adalah untuk mendapatkan sistem yang optimal dari beberapa alternatif sistem yang telah direncanakan dan menghemat waktu serta biaya dibanding melakukan simulasi secara nyata (Trenngonowati, 2017).

Penelitian yang dilakukan (Lestari, 2021) menyatakan bahwa simulasi menggunakan perangkat lunak ProModel memberikan perbaikan performa sistem dengan menambahkan satu mesin kasir (pelayanan). Adapun penelitian (Ristanti, 2022) terkait analisis sistem antrian *teller* menggunakan perangkat lunak ProModel dilakukan untuk membandingkan utilitas sistem antara penggunaan dua dan tiga layanan *teller* dan memberikan rekomendasi penggunaan tiga *teller* menunjukkan utilitas lebih tinggi. Selain itu, perangkat lunak ProModel juga digunakan untuk menganalisis antrian di Gerbang Tol Cijago menunjukkan adanya dua jenis gardu, yaitu gardu tol manual (untuk pembayaran tunai) dan gardu tol *exit* (untuk pembayaran dengan kartu *e-toll*). Utilitas gardu di bawah 50% menunjukkan adanya antrian yang signifikan dan untuk mengurangi kemacetan, diperlukan penambahan gardu tol di setiap jalur (Janles; Haikal, 2020).

Berdasarkan permasalahan yang dibahas terkait inefisiensi sistem antrian, studi ini bertujuan untuk menganalisis sistem antrian yang ada, mengidentifikasi hambatan utama (bottleneck), serta memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi pelayanan. mengevaluasi performa sistem antrian layanan *take away* di gerai minuman teh yang berlokasi di salah satu pusat perbelanjaan di Bali. Penelitian ini diharapkan dapat mengungkap akar permasalahan yang menyebabkan adanya antrian yang dijadikan acuan menyusun usulan perbaikan dengan menjalankan simulasi menggunakan perangkat lunak ProModel.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis data deskriptif. Metode yang digunakan adalah simulasi sistem menggunakan perangkat lunak ProModel dengan beberapa analisis validasi model menggunakan uji sensitivitas, *mean square error* (MSE), uji normalitas, dan *T-student*. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah menemukan dan memecahkan masalah saat ini dan menghasilkan solusi melalui simulasi. Batasan pada penelitian ini adalah cakupan penelitian hanya berfokus pada sistem pelayanan pada gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali. Adapun alur proses dari penelitian ini terdiri dari studi lapangan, identifikasi masalah, perumusan tujuan, pengumpulan data, pengolahan data, pembahasan hasil, dan penyusunan rekomendasi perbaikan.

2.1 Studi Lapangan

Penelitian dilakukan dengan mengunjungi langsung gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali untuk mengamati dan mencatat sistem pelayanan.

2.2 Identifikasi Masalah

Masalah utamanya adalah inefisiensi sistem pelayanan yang menyebabkan waktu tunggu lama, termasuk antrean, pelayanan kasir, dan pengerjaan pesanan.

2.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini menganalisis sistem pelayanan gerai minuman teh di salah satu pusat perbelanjaan Bali saat jam sibuk dengan fokus pada waktu tunggu. Tujuannya adalah memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efisiensi layanan.

2.4 Tinjauan Literatur

Tinjauan literatur dilakukan untuk memahami konsep-konsep dan metode yang relevan dengan penelitian ini. Literatur yang ditinjau meliputi studi-studi tentang manajemen antrian, efisiensi pelayanan di sektor ritel, dan analisis waktu pelayanan.

2.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung pada Sabtu, 29 Juni 2024, selama tiga jam saat jam sibuk di gerai minuman teh. Data yang dikumpulkan mencakup *timestamp* kedatangan, waktu antar kedatangan, antrean, pelayanan kasir, dan pengerjaan pesanan.

2.6 Pengolahan dan Analisis Data

Data dianalisis menggunakan metode statistik dan analisis waktu, termasuk perhitungan rata-rata, median, dan distribusi waktu. Model konseptual dan simulasi dibuat dengan ProModel untuk mengevaluasi performa sistem berdasarkan rata-rata waktu tunggu, panjang antrian, dan tingkat pemanfaatan layanan.

2.7 Analisis Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis data dan simulasi dibahas untuk mengevaluasi efisiensi sistem pelayanan di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali. Pembahasan meliputi identifikasi faktor-faktor yang menyebabkan waktu tunggu lama dan analisis hubungan antara variabel-variabel yang diukur.

2.7.1 Validasi Model

Dalam penelitian ini, dilakukan validasi model menggunakan beberapa rumus statistik untuk memastikan kesesuaian data simulasi dengan data aktual. Pertama, digunakan rumus untuk menghitung margin of error β dengan persamaan (1).

$$\beta = \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}} s}{\sqrt{n}} \right) \quad (1)$$

Rumus ini digunakan untuk menentukan batas kesalahan dalam estimasi rata-rata berdasarkan distribusi *t-student*. Selanjutnya, jumlah sampel baru n' dapat dihitung menggunakan formula pada persamaan (2).

$$n' = \left(\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} s}{\beta} \right)^2 \quad (2)$$

Persamaan ini digunakan untuk menentukan ukuran sampel yang diperlukan agar estimasi memiliki tingkat kepercayaan tertentu. Selanjutnya dilakukan uji hipotesis dengan menghitung nilai t menggunakan rumus pada persamaan (3).

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3)$$

Rumus ini digunakan dalam uji t untuk membandingkan rata-rata sampel dengan rata-rata populasi untuk mengevaluasi apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara data simulasi dan data aktual.

2.8 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, rekomendasi perbaikan disusun untuk meningkatkan efisiensi pelayanan di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali. Skenario perbaikan yang disimulasikan mencakup peningkatan titik layanan dan optimalisasi alokasi staf selama jam sibuk.

2.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan ditarik berdasarkan hasil penelitian dan rekomendasi perbaikan yang diberikan. Saran untuk penelitian lebih lanjut juga disusun, seperti peninjauan pada jam operasi yang berbeda atau di gerai lain untuk generalisasi hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Data Waktu

Pengukuran data waktu kegiatan pembelian produk di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali dilakukan dengan *stopwatch* dimulai dari pelanggan memasuki gerai, proses pemesanan, hingga pelanggan meninggalkan gerai. Tabel 1 menunjukkan data waktu seluruh proses pelayanan yang diobservasi.

Tabel 1 Data Waktu Proses Pelayanan (detik)

Waktu Kedatangan	Waktu antar Kedatangan	Waktu Antrian	Waktu Pelayanan (Kasir)	Waktu Pesanan Dikerjakan	Waktu Pengambilan Pesanan
16:24:02	2	525	159	196	3
16:24:14	12	736	104	456	6
16:24:21	7	866	109	544	5
16:24:22	1	937	178	372	5
16:27:38	196	917	125	268	4
16:28:32	54	986	160	193	2
16:29:32	60	1.093	218	351	6
16:30:05	33	1.227	83	284	4
16:30:38	33	1.317	102	254	8
16:34:31	233	1.167	70	530	7
16:38:14	223	1.047	84	465	5
16:40:39	145	990	81	484	6
16:42:13	94	936	132	362	3
16:43:49	96	1.032	191	566	4
16:46:48	179	1.054	98	479	9
16:48:04	76	1.063	154	335	8
16:48:51	47	1.170	47	316	5
16:49:23	32	1.183	96	296	8
16:54:13	290	991	121	447	9
16:56:05	112	988	54	421	6
16:58:06	121	930	186	264	5
17:03:48	342	720	153	438	4
17:05:28	100	806	79	417	5
17:05:32	4	871	60	284	8
17:06:38	66	864	40	781	6
17:07:59	81	823	126	721	4
17:09:35	96	852	125	692	2
17:11:22	107	870	219	485	8
17:15:53	271	818	85	482	9
17:16:40	47	853	199	461	6
17:17:26	46	974	79	465	4
17:17:42	16	1.029	48	437	1
17:24:42	420	698	70	374	7
17:27:05	143	584	186	412	8
17:27:47	42	729	80	440	9
17:30:10	143	695	44	399	6
17:31:32	82	615	112	647	5
17:37:15	343	383	223	553	2
17:37:33	18	628	59	545	4

Waktu Kedatangan	Waktu antar Kedatangan	Waktu Antrian	Waktu Pelayanan (Kasir)	Waktu Pesanan Dikerjakan	Waktu Pengambilan Pesanan
17:38:08	35	619	87	553	1
17:38:31	23	667	154	599	7
17:40:27	116	703	203	517	8
17:41:38	71	836	29	570	9
17:43:43	125	801	57	565	8
17:47:13	210	586	62	524	5
17:48:07	54	590	104	484	2
17:57:42	575	123	128	362	1
18:02:04	262	106	75	598	0
18:02:47	43	19	141	516	0
18:04:31	104	55	301	539	1
18:05:11	40	316	120	427	4
18:06:58	107	328	90	341	6
18:07:16	18	398	72	372	5
18:08:10	54	417	79	268	2
18:10:54	164	331	58	765	3
18:12:21	87	301	132	268	6
18:13:01	40	391	111	193	8
18:13:06	5	497	46	351	2
18:14:55	109	439	115	284	1
18:19:31	276	273	76	268	0
18:20:42	71	316	68	193	4
18:21:09	27	323	111	202	5
18:28:21	432	0	100	196	6
18:30:41	140	0	95	456	8
18:33:13	152	0	110	465	5
18:34:24	71	39	42	530	2
18:36:41	137	0	15	254	4
18:38:03	82	0	102	544	5
18:39:15	72	29	431	362	8
18:41:50	155	216	38	351	6
18:43:26	96	138	45	268	2
18:45:23	117	66	153	270	3
18:50:51	328	0	97	441	5
18:51:40	49	2.880	88	347	9
18:52:02	22	114	121	394	5
18:53:01	59	176	90	323	4
18:57:29	268	2	73	193	5
18:59:08	99	0	121	465	2
19:00:36	88	33	73	263	3
19:01:37	61	45	74	356	0
19:02:21	44	117	120	362	4
19:03:39	78	159	292	623	5
19:05:50	131	320	76	563	6
19:07:37	107	229	62	228	2

3.2 Pendefinisian Distribusi Data Proses Pelayanan

Distribusi waktu dicari menggunakan *tools Stat::Fit* pada aplikasi ProModel dan hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Distribusi Data Proses Pelayanan

No	Nama Proses	Lokasi	Waktu Proses
1	Kedatangan Pelanggan	Pintu Masuk	Lognormal (5, 4.35, 0.915)
2	Waktu Pelanggan Mengantri	Antrean	Unifofrm (0.581, 1.03e+003)
3	Waktu Pelanggan Memesan	Meja Kasir	Lognormal (15, 4.27, 0.612)
4	Waktu Pelanggan Menunggu Pesanan	Ruang Tunggu	Lognormal (160, 5.62, 0.5)
5	Waktu Pengambilan Pesanan	Tempat Pengambilan Pesanan	Uniform (0,9)
6	Waktu Kepulangan Pelanggan	Pintu Keluar	Exponential (4.4,3.4)

3.3 Pengukuran Data Move Time

Pada simulasi ini juga dilakukan pengamatan terkait waktu berpindah suatu entitas dari satu lokasi ke lokasi lainnya (*move time*). *Move time* pada sistem ini adalah ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data *Move Time*

No	Lokasi 1	Lokasi 2	Move Time (detik)
1	Pintu Masuk	Tempat Antrean	2
2	Tempat Antrean	Meja Kasir	2
3	Meja Kasir	Ruang Tunggu	2
4	Ruang Tunggu	Tempat Pengambilan	2
5	Tempat Pengambilan	Pintu Keluar	2

3.4 Model Konseptual

Model konseptual dibuat untuk menggambarkan atau meniru sistem nyata yang terjadi di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pelanggan yang datang akan melalui tempat masuk, kemudian pelanggan akan mengantri jika terdapat antrian untuk memesan minuman dan jika tidak pelanggan dapat langsung menuju konter pemesanan. Setelah itu, pelanggan akan memesan menu minuman yang tersedia dan membayar pesanan pada konter atau tempat pemesanan dan pembayaran. Selanjutnya, pelanggan yang sudah melakukan pemesanan dan pembayaran akan menuju tempat pengambilan pesanan yang telah dipesan.



Gambar 1 Entity Flow Diagram Sistem Pelayanan Gerai Minuman Teh

3.5 Pendefinisian Komponen Sistem

3.5.1 Entitas (Entity)

Entitas adalah suatu objek yang akan melalui dan diproses dalam suatu sistem. Entitas dalam sistem ini adalah pelanggan yang berbelanja di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali.

3.5.2 Lokasi (Location)

Lokasi merupakan tempat dalam suatu sistem yang akan mengalami pemrosesan, menunggu, atau pengambilan keputusan dalam suatu sistem. Aturan antrian yang digunakan pada gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali yaitu aturan *first in first out* (FIFO). FIFO memprioritaskan pelanggan yang pertama kali datang untuk dilayani terlebih dahulu, di mana entitas yang pertama kali masuk ke dalam suatu sistem akan menjadi yang pertama kali keluar dari sistem. Dalam penelitian ini, lokasi dalam sistem beserta informasinya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Lokasi Simulasi Sistem Pelayanan Gerai Minuman Teh

No	Lokasi	Kapasitas	Jumlah Unit	Rules
1	Pintu Masuk	5	1	Oldest, FIFO
2	Jalur Menuju Antrean	5	1	Oldest, FIFO
3	Antrean	5	1	Oldest, FIFO
4	Jalur Menuju Kasir	5	1	Oldest, FIFO
5	Meja Kasir	1	1	Oldest, FIFO
6	Jalur Menuju Ruang Tunggu	5	1	Oldest, FIFO
7	Tempat Menunggu Pesanan	25	1	Oldest, FIFO
8	Jalur Menuju Tempat Pengambilan Pesanan	5	1	Oldest, FIFO
9	Tempat Pengambilan Pesanan	10	1	Oldest, FIFO
10	Jalur Menuju Tempat Keluar	3	1	Oldest, FIFO
11	Tempat Keluar	3	1	Oldest, FIFO

3.5.3 Processing Sequences

Urutan proses pelayanan *take away* di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali ditunjukkan pada Tabel 5 dengan lokasi dan proses yang terjadi.

Tabel 5 Urutan Proses Pelayanan Gerai Minuman Teh

Entitas	Lokasi	Operasi
Pelanggan	Pintu Masuk	<i>wait l (123, 135) sec</i>
Pelanggan	Jalur Menuju Antrean	
Pelanggan	Antrean	<i>wait u (515, 297) sec</i>
Pelanggan	Jalur Menuju Kasir	
Pelanggan	Meja Kasir	<i>wait l (101, 58.1) sec</i>
Pelanggan	Jalur Menuju Ruang Tunggu	
Pelanggan	Tempat Menunggu Pesanan	<i>wait l (472, 166) sec</i>
Pelanggan	Jalur Menuju Tempat Pengambilan Pesanan	
Pelanggan	Tempat Pengambilan Pesanan	<i>wait u (4.5, 2.6) sec</i>
Pelanggan	Jalur Menuju Tempat Keluar	
Pelanggan	Tempat Keluar	<i>wait e (4.4, 3.4) sec</i>

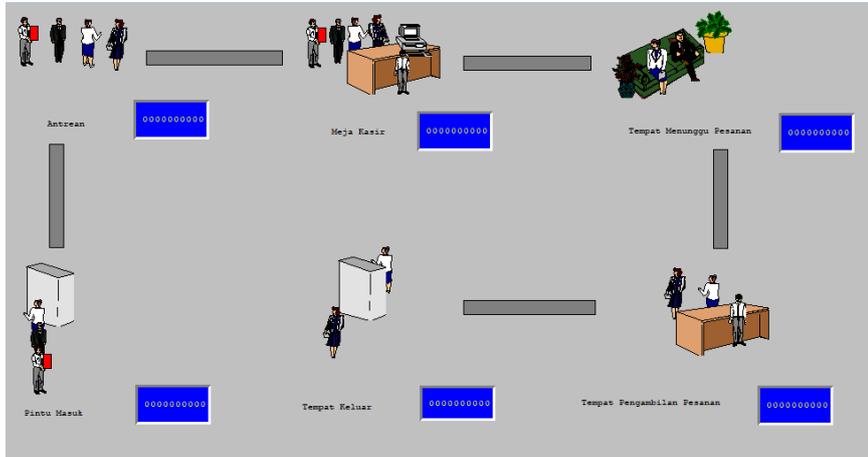
3.5.4 Arrivals

Arrivals adalah proses masuknya entitas ke dalam simulasi. Dalam model simulasi ini terdapat satu jenis entitas yaitu pelanggan yang berbelanja di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali.

3.6 Pembuatan Simulasi ProModel

3.6.1 Layout Model

Pada Gambar 2, menunjukkan tata letak stasiun kerja pelanggan *take away* di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali menggunakan aplikasi ProModel 2016 Student Version.



Gambar 2 Tata Letak Sistem Pelayanan Gerai Minuman Teh

3.6.2 Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan dengan menganalisis kemiripan data antara output simulasi dan sistem nyata. Berdasarkan Tabel 6, selama waktu tiga jam simulasi, rata-rata terdapat 88 pelanggan yang telah keluar dari sistem dengan rata-rata pelanggan berada dalam sistem selama 1.855 detik. Data ini dapat dikatakan telah menyerupai keadaan nyata, di mana pelanggan umumnya berada dalam sistem riil secara rata-rata selama 1.832,54 detik.

Tabel 6 Output Simulasi Aplikasi ProModel

Name	Total Exits	Average Time in System (Sec)
Pelanggan	88,00	1.855

3.6.3 Validasi Model

Tabel 7 menunjukkan data *entity summary* pelanggan dari simulasi dengan 10 kali replikasi, rata-rata *total exits* adalah 88 pelanggan dengan standar deviasi 11,89.

Tabel 7 Data Total Exit Setiap Replikasi

Replikasi	Total Exits	Replikasi	Total Exits
1	89	6	87
2	87	7	88
3	87	8	88
4	86	9	88
5	88	10	88
Rata-Rata		88	
Standar Deviasi		11,89	

Kemudian dilakukan perhitungan adalah

$$\beta = \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}} s}{\sqrt{n}} \right) = \left(\frac{1,98638 \cdot 11,89}{\sqrt{10}} \right) = 7,46$$

Selanjutnya, hasil perhitungan ini adalah nilai *half width* atau *absolute error*, n adalah jumlah replikasi, β adalah level signifikansi, s adalah standar deviasi dan $t \frac{\alpha}{2}$ adalah nilai pada Tabel t sehingga banyaknya replikasi yang dibutuhkan adalah

$$n' = \left(\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot s}{\beta} \right)^2 = \left(\frac{1,96 \cdot 11,89}{7,46} \right)^2 = 10$$

Jadi banyaknya melakukan replikasi ketika menjalankan simulasi minimal 10 kali dengan hasil replikasi simulasi sebanyak 10 kali ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Data Waktu Rata-rata Pelanggan dalam Sistem

Replikasi	Average Time in System (Sec)	Replikasi	Average time in System (Sec)
1	1841	6	1855
2	1842	7	1859
3	1844	8	1862
4	1846	9	1867
5	1854	10	1877
Rata-Rata			1.855
Standar Deviasi			11,89

Sedangkan data *riil* waktu total pelanggan berada dalam sistem ketika memesan di gerai minuman teh ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Data Total Waktu Riil Pelanggan dalam Sistem (detik)

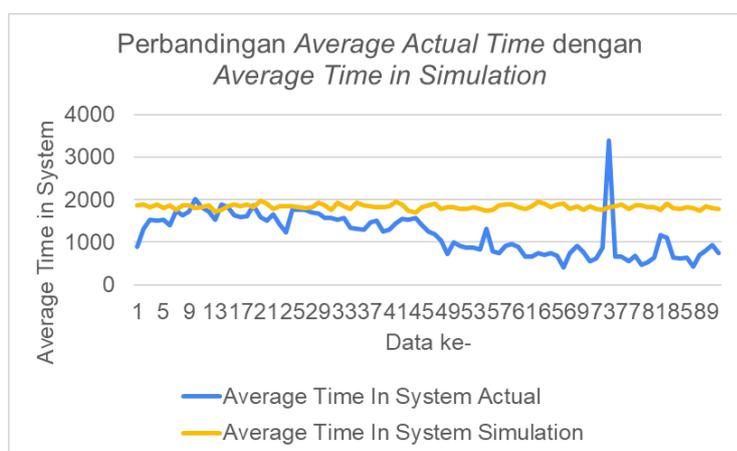
Data ke-	Waktu Riil	Data ke-	Waktu Riil	Data ke-	Waktu Riil
1	1862,37	31	1751,36	61	1780,43
2	1890,41	32	1925,69	62	1834,47
3	1824,46	33	1848,33	63	1956,79
4	1892,50	34	1776,97	64	1913,77
5	1793,40	35	1933,31	65	1816,82
6	1865,50	36	1865,65	66	1879,26
7	1758,27	37	1845,48	67	1905,81
8	1866,71	38	1823,59	68	1782,93
9	1861,19	39	1817,25	69	1849,62
10	1809,64	40	1837,90	70	1758,42
11	1823,47	41	1956,38	71	1842,52
12	1875,42	42	1879,01	72	1787,63
13	1727,35	43	1731,46	73	1756,55
14	1752,34	44	1706,16	74	1822,50
15	1849,16	45	1820,72	75	1840,59
16	1886,50	46	1867,36	76	1888,30
17	1854,25	47	1911,73	77	1772,17
18	1877,22	48	1781,67	78	1876,47
19	1822,00	49	1815,26	79	1856,74
20	1972,40	50	1815,44	80	1821,52
21	1912,36	51	1789,36	81	1820,03
22	1775,24	52	1771,22	82	1752,64
23	1834,71	53	1824,16	83	1908,11
24	1846,40	54	1782,53	84	1806,13

Data ke-	Waktu Riil	Data ke-	Waktu Riil	Data ke-	Waktu Riil
25	1837,86	55	1741,41	85	1789,71
26	1832,87	56	1765,90	86	1833,97
27	1797,20	57	1872,88	87	1797,26
28	1832,74	58	1891,19	88	1743,55
29	1935,01	59	1892,11	89	1846,50
30	1862,37	60	1815,65	90	1804,52
				91	1781,67
Rata-Rata					1832,54
Standar Deviasi					56,059

Syarat untuk dapat melakukan pengujian statistik ini adalah data replikasi berdistribusi normal. Syarat independensi dipenuhi dari karakteristik replikasi model di mana tiap replikasi menggunakan *random stream* yang berbeda antar data. Kemudian untuk syarat berdistribusi normal, maka perlu dilakukan pengujian kenormalan menggunakan metode *Liliefors*.

3.6.3.1 Uji Sensitivitas

Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara *average time in system actual* dengan *average time in system simulation* dari 91 data riil dan 91 data simulasi hasil dari replikasi. Rata-rata *average time in system* yaitu 1.855 detik dalam simulasi dan 1.832,54 dalam kondisi riil. Berdasarkan Gambar 3, terdapat empat data dengan *average time in system* antara data *riil* dan simulasi memiliki hasil yang mendekati, yaitu data ke 11, 07, 15, dan 27. Empat data tersebut yang memiliki *average time in system* mendekati antara data *riil* dan simulasi menunjukkan bahwa model simulasi mampu merepresentasikan sistem nyata dengan tingkat akurasi yang baik. Kedekatan ini terjadi karena perbedaan antara waktu yang dihasilkan simulasi dan data riil relatif kecil, yang menunjukkan bahwa asumsi dalam model sesuai dengan kondisi lapangan pada titik-titik tersebut. Faktor seperti jumlah pelanggan, pola kedatangan, dan durasi layanan di meja kasir kemungkinan berkontribusi terhadap hasil yang mendekati. Konsistensi antara simulasi dan data *riil* ini mengindikasikan validitas model, namun tetap perlu dilakukan analisis lebih lanjut karena tidak semua data menunjukkan kesesuaian yang sama. Oleh karena itu, dilakukan uji statistik seperti *Mean Squared Error* (MSE) dan uji normalitas *Liliefors* untuk memastikan keakuratan model secara keseluruhan serta mengidentifikasi kemungkinan penyimpangan yang perlu diperbaiki keempat tersebut akan diuji MSE.



Gambar 3 Perbandingan *Average Actual Time* dengan *Average Time in Simulasi*

3.6.3.2 Mean Squared Error (MSE)

MSE adalah rata-rata kesalahan kuadrat antara nilai aktual dan nilai peramalan. Hasil MSE ditunjukkan pada Tabel 10 yang didapatkan dari pengurangan antara data aktual dan simulasi yang telah dikuadratkan.

Tabel 10 Data Mean Squared Error

Data ke-	Waktu		Square Error
	Simulasi	Aktual	
11	1.823	1.829	36
07	1.758	1.730	784
15	1.849	1.820	841
27	1.797	1.768	841
MSE (Detik)			625,5

MSE sebesar 625,5 detik, ini menunjukkan bahwa rata-rata kuadrat kesalahan waktu (detik) antara prediksi dan hasil aktual adalah 625,5. Dalam konteks waktu, angka ini bisa diinterpretasikan bahwa prediksi waktu cukup mendekati dari hasil yang seharusnya.

3.6.3.3 Uji Normalitas

Hipotesis yang diuji pada pengujian normalitas data replikasi adalah berikut.

H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 11, didapatkan L_{hitung} adalah 0,169, untuk $\alpha = 0,05$, $n = 10$, didapatkan $L_{tabel} = 0,285$. Dapat diperoleh bahwa $L_{hitung} < L_{tabel}$, maka H_0 tidak dapat ditolak artinya data replikasi berdistribusi normal dan pengujian validitas dapat dilakukan.

Tabel 11 Pengujian Normalitas Data dengan Uji Liliefors

No	x_i	Z	F(X)	S(X)	abs F(X) - S(X)
1	1841	-1,155	0,124	0,1	0,024
2	1842	-1,071	0,142	0,2	0,058
3	1844	-0,903	0,183	0,3	0,117
4	1846	-0,735	0,231	0,4	0,169
5	1854	-0,077	0,469	0,5	0,031
6	1855	0,003	0,501	0,6	0,099
7	1859	0,365	0,643	0,7	0,057
8	1862	0,642	0,740	0,8	0,060
9	1867	1,068	0,857	0,9	0,043
10	1877	1,863	0,969	1	0,031
Rata-Rata					1.855
Standar Deviasi					11,890

3.6.3.4 T-student

Hipotesis yang diuji pada pengujian normalitas data replikasi adalah berikut.

H_0 : $\mu = \bar{x}$ (artinya rata-rata waktu total riil pelanggan berada di dalam sistem tidak berbeda signifikan dengan rata-rata waktu total pelanggan berada dalam sistem simulasi).

H_1 : $\mu \neq \bar{x}$ (artinya rata-rata waktu total riil pelanggan berada di dalam sistem berbeda signifikan dengan rata-rata waktu total pelanggan berada dalam sistem simulasi)

Berdasarkan perhitungan pada Persamaan 3, didapatkan $t_{hitung} = 1,506$. Untuk nilai t_{tabel} dengan nilai $\alpha = 0,05$ *two-tail* dan *degrees of freedom* ($n - 1$) adalah 9, maka $t_{tabel} = 2,262$. Dapat dilihat bahwa $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 tidak dapat ditolak artinya rata-rata waktu total *riil* pelanggan berada di dalam sistem tidak berbeda signifikan dengan rata-rata waktu total pelanggan berada dalam sistem simulasi.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{1.855 - 1.832,54}{\frac{56,05975231}{\sqrt{10}}} = 1,51$$

3.6.4 Analisis Keluaran Simulasi Model Eksisting

Simulasi dilakukan selama tiga jam dengan *total exits* sebanyak 88,00; *average time in systems* selama 1.855 detik; *average time in operation* selama 1.311,49 detik; dan total pelanggan selesai diproses sebesar 71,20%. Gambar 4 menunjukkan performa dari *single* dan *multiple capacity location states*. Lokasi yang paling sibuk adalah pintu masuk dan antrian. Hal ini disebabkan adanya *bottleneck* di bagian meja kasir yang berkapasitas hanya satu. Kondisi ini menyebabkan sistem hanya dapat melayani 71,20% dari total pelanggan potensial selama simulasi tiga jam. Utami et al. (2024) juga menemukan hal serupa bahwa meja kasir menjadi *bottleneck* dalam proses simulasi model eksisting karena jumlahnya yang sedikit dengan operasi yang tinggi. Mengacu pada kondisi tersebut, maka perlu dilakukan simulasi untuk memberikan usulan perbaikan sehingga dapat menurunkan waktu antrean dan meningkatkan jumlah pelanggan yang dapat dilayani dalam waktu yang sama.



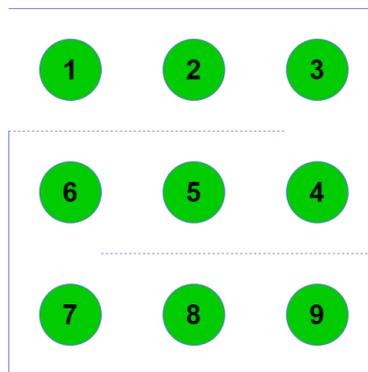
Gambar 4 Keluaran Simulasi Model Eksisting Sistem Pelayanan Minuman Teh

3.6.5 Analisis Keluaran Simulasi Model Usulan

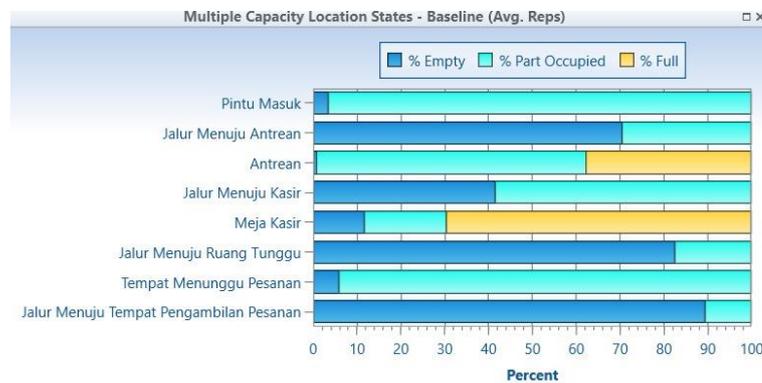
Berdasarkan hasil analisis keluaran simulasi model eksisting, dilakukan beberapa perubahan untuk optimasi sistem. Pada pintu masuk dan jalur menuju antrean di gerai minuman teh di salah satu pusat perbelanjaan di Bali berkonsep *open space* yang mana berbagi tempat dengan gerai di sekitarnya sehingga tidak ada kemungkinan untuk menambahkan saran perbaikan di area ini. Sementara itu, lokasi antrean pada gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali masih belum teratur dengan konsep *open space* pelanggan mengantri dari berbagai arah yang menyebabkan beberapa pelanggan mengantri dengan cepat dan sebaliknya beberapa lainnya mengantri jauh lebih lama dari seharusnya. Saran perbaikan yang bisa diterapkan adalah menyediakan tempat antrian yang berjenis *snake queue* yang dapat menghemat tempat dan juga mengatur antrian dengan lebih sistematis. Ilustrasi antrian dapat di lihat pada Gambar 5. Situasi *riil* antrean ini tidak tersimulasi dengan tepat karena banyak faktor perilaku manusia dalam mengantri maka dari itu perlu dibuatkan sistem antrian yang dapat mengontrol antrian yang ada. Selain itu, melihat hasil simulasi yang menunjukkan *bottleneck* terjadi pada bagian meja kasir, hal ini dapat diatasi dengan menambah kapasitas meja kasir yang beroperasi menjadi tiga untuk mendapatkan hasil optimal. Akan tetapi, mempertimbangkan tempat yang tersedia

sangat terbatas, maka solusi yang dapat terilisasikan adalah penambahan satu meja kasir dari jumlah sebelumnya sehingga meja kasir yang beroperasi sebanyak dua.

Berdasarkan usulan perbaikan pada model simulasi yang telah dipaparkan, keluaran simulasi menghasilkan *total exits* sebanyak 156,30; *average time in systems* selama 1.340,38 detik; *average time in operation* selama 1.277,38 detik; dan total pelanggan yang diproses sebesar 95,31%. Apabila dibandingkan, *total exits* meningkat sebanyak 68 pelanggan; *average time in systems* berkurang 514,62 detik; *average time in operation* berkurang 34,11 detik; dan total pelanggan yang diproses meningkat sebesar 24,11%. Performa ini menunjukkan bahwa simulasi model usulan memberikan performa sistem yang lebih baik dibandingkan dengan model eksisting. Gambar 6 menunjukkan bahwa operasi yang terjadi paling banyak adalah pada meja kasir, yang sebelumnya merupakan *bottleneck* dari proses pelayanan pelanggan di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali.



Gambar 5 Ilustrasi Snake Queue



Gambar 6 Keluaran Simulasi Model Usulan Sistem Pelayanan Minuman The

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem antrian di gerai minuman teh salah satu pusat perbelanjaan di Bali mengalami inefisiensi yang signifikan, terutama pada jam-jam sibuk. Simulasi menggunakan perangkat lunak ProModel mengungkap adanya *bottleneck* pada meja kasir yang menyebabkan waktu tunggu rata-rata pelanggan mencapai 1.855 detik dengan tingkat pemrosesan pelanggan hanya 71,20%. Usulan perbaikan yang disimulasikan meliputi penambahan satu meja kasir yang meningkatkan jumlah pelanggan yang dilayani dari 88 menjadi 156 pelanggan dalam tiga jam, serta mengurangi waktu tunggu rata-rata menjadi 1.340 detik. Perbaikan ini

juga meningkatkan tingkat pemrosesan pelanggan hingga 95,31%. Hasil simulasi ini menegaskan bahwa langkah-langkah perbaikan yang diusulkan dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi sistem antrian, mengurangi waktu tunggu pelanggan, dan meningkatkan kapasitas layanan di gerai minuman salah satu pusat perbelanjaan di Bali. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas analisis dengan mempertimbangkan faktor eksternal seperti metode pembayaran, perilaku pelanggan, dan dampak promosi terhadap lonjakan pelanggan. Studi juga dapat mencakup berbagai skenario waktu, seperti hari biasa dan akhir pekan, untuk memahami dinamika antrian secara lebih komprehensif. Penggunaan metode pemodelan lebih kompleks, seperti machine learning atau simulasi berbasis agen, dapat meningkatkan akurasi prediksi dan optimasi sistem. Selain itu, efektivitas strategi tambahan, seperti penambahan tenaga kerja atau sistem pemesanan digital, dapat dikaji untuk mengatasi *bottleneck* yang tersisa. Terakhir, evaluasi kepuasan pelanggan sebelum dan sesudah perbaikan perlu dilakukan guna memastikan bahwa optimasi tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga pengalaman layanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdan, S., & Sari, P. I. (2020). Pengembangan Aplikasi Web Untuk Simulasi Simpan Pinjam (Studi Kasus : Lembaga Keuangan Syariah Bmt L-Risma. *Jurnal Tekno Kompak*, 14(1), 33. <https://doi.org/10.33365/jtk.v14i1.382>
- Cornellia, R. (2018). Analisis Antrian pada Loker Pembuatan Elektronik KTP dengan Menggunakan Simulasi Promodel. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 3(2), 119. <https://doi.org/10.30998/string.v3i2.2763>
- Janles; Haikal, F. (2020). Analisis Antrian pada Loker Pintu Tol Cijago dengan Menggunakan Simulasi ProModel. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2), 32–35.
- Lestari, S. (2021). Usulan Model sistem Antrean pada Mcdonald's Cabang Shinta Kota Tangerang dengan Pendekatan Teori Antrean Dan Simulasi. *JIMTEK : Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 2(2).
- 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. <https://doi.org/10.33060/JIK/2017/Vol6.Iss1.41>
- Nashrulhaq, M., Nugraha, C., & Imran, A. (2014). Model Simulasi Sistem Antrean Elevator. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2(1).
- Nur, M. (2016). Analisa Sistem Antrian Loker pada PT. Tiki Jalan Teuku Umar Pekanbaru dengan Menggunakan Software Arena. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 2(2), 212. <https://doi.org/10.24014/jti.v2i2.5104>
- Puspitasari, A., Alessandro, A., Christian, C., Maria, D., & Lorinanto, S. (2018). Perbaikan Sistem Antrean Di Mcdonald's Plaza Marina Dengan Simulasi Antrean. *Pena Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 32(2), 1. <https://doi.org/10.31941/jurnalpena.v32i2.800>
- Ristanti, L. I. (2022). Analisis Sistem Antrian Teller Menggunakan Simulasi Promodel 7,5. *Scientifict Journal of Industrial Engineering*, 43–38.

-
- Trenggonowati, D. L. (2017). Optimasi Proses Produksi Dengan Menggunakan Pendekatan Simulasi Sistem. *Jurnal PASTI*, 11(1).
- Utami, N. M. C., Sitanggang, B. E. I., Widhiatmika, I. W. A., Wahyuni, N. N. T., & Aryani, N. K. I. (2024). Simulasi Sistem Pelayanan Pemesanan Kedai Kopi XYZ Cabang Sidewalk - Jimbaran. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 5(01), 36–51. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v5i01.11321>
- Zainob, F. (2022). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyerapan Tenaga Kerja pada Industri Makanan dan Minuman di Kabupaten Aceh Barat. *Regress: Journal of Economics & Management*, 1(1), 50–58. <https://doi.org/10.57251/reg.v1i1.26>