

Simulasi Diskrit Berbasis ProModel Untuk Peningkatan Efisiensi Sistem Antrean Coffee Fore Cikini

Siti Nur Hamidah¹, Hafiza Aprilia², Ardania Meilaningrum³

^{1,3}Universitas Bina Sarana Informatika
e-mail: ¹siti.nhm@bsi.ac.id, ³ardania.mnm@bsi.ac.id

²Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
e-mail: Hafizaapriliah@upnvj.ac.id

Diterima	Direvisi	Disetujui
30-06-2026	01-07-2026	15-07-2026

Abstrak - Sistem antrian merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi pada sektor jasa, manufaktur maupun F&B akibat ketidakseimbangan antara tingkat kedatangan pelanggan dan kapasitas pelayanan yang tersedia. Salah satunya yang terjadi pada gerai Coffee Fore Cikini, permasalahan yang terjadi menyebabkan peningkatan waktu tunggu, panjang antrian, serta penurunan kualitas pelayanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem antrian pada gerai Coffee Fore Cikini dan memberikan usulan perbaikan menggunakan pendekatan simulasi diskrit berbasis perangkat lunak ProModel. Data penelitian diperoleh langsung melalui wawancara dan observasi langsung terhadap waktu kedatangan pelanggan, waktu pelayanan serta jumlah fasilitas pelayanan yang tersedia. Metodologi penelitian ini diawali dengan merancang model simulasi aktual berdasarkan data waktu yang didapatkan terdiri waktu antara kedatangan (*arrivals time*), data waktu pemesanan dan pembayaran, data waktu menunggu proses, dan data waktu selesai dilayani. Model simulasi dibangun berdasarkan kondisi aktual, sistem yang diverifikasi dan divalidasi menggunakan perbandingan output sistem nyata dengan hasil simulasi menggunakan Software ProModel. Selanjutnya diberikan usulan skenario perbaikan berupa perubahan penambahan alokasi sumber daya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario usulan mampu menurunkan rata-rata waktu tunggu pelanggan sebesar 23,89%, menambah jumlah exits pelanggan dan meningkatkan tingkat pelayanan dibandingkan kondisi eksisting. Sehingga penggunaan simulasi ProModel dapat menjadi alat bantu yang efektif untuk pengambilan keputusan dalam meningkatkan efisiensi sistem pelayanan.

Kata Kunci: Sistem Antrian, *Arrival Time*, ProModel

Abstract - *Queuing systems are a common problem in the service, manufacturing, and food and beverage sectors due to an imbalance between customer arrival rates and available service capacity. One such instance occurred at the Coffee Fore Cikini outlet, where the resulting issues led to increased wait times, longer lines, and a decline in service quality. This study aims to analyze the queueing system at the Coffee Fore Cikini outlet and propose improvements using a discrete simulation approach based on ProModel software. Research data were obtained directly through interviews and direct observation of customer arrival times, service times, and the number of available service facilities. The research methodology began with designing an actual simulation model based on the collected time data, including arrival times, ordering and payment times, waiting times, and completion times. The simulation model was built based on actual conditions, and the system was verified and validated by comparing the real-world system's output with the simulation results using ProModel software. Subsequently, improvement scenarios were proposed in the form of changes to resource allocation. The simulation results show that the proposed scenarios can reduce the average customer wait time by 23.89%, increase the number of customer exits, and improve the service level compared to the existing conditions. Thus, the use of ProModel simulation can serve as an effective tool for decision-making in improving the efficiency of service systems.*

Keywords: *Queuing System, Arrival Time, ProModel*

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor jasa dan pelayanan menuntut organisasi untuk memberikan pelayanan yang cepat efektif, dan efisien kepada pelanggan. Salah satu indikator, kualitas pelayanan adalah kemampuan sistem dalam mengelola antrian sehingga pelanggan memperoleh pelayanan dalam waktu yang wajar. Sistem antrian muncul ketika

tingkat kedatangan melebihi kapasitas pelayanan yang tersedia sehingga menyebabkan pelanggan harus menunggu sebelum memperoleh layanan. Kondisi ini sering dijumpai pada rumah sakit, puskesmas, bank, restoran, stasiun pengisian bahan bakar, maupun layanan administrasi publik (Azmi et al., 2024).

Masalah antrian yang tidak dikelola dengan baik dapat mengakibatkan meningkatnya waktu tunggu pelanggan, rendahnya tingkat kepuasan, serta menurunkan produktivitas pelayanan. Sehingga diperlukan metode yang mampu menggambarkan kondisi nyata sistem pelayanan dan mengevaluasi berbagai alternatif perbaikan tanpa mengganggu operasional yang sedang berjalan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah simulasi diskrit (*Discrete Event Simulation*) menggunakan perangkat lunak ProModel. Simulasi memungkinkan peneliti melakukan eksperimen terhadap berbagai skenario perbaikan dengan biaya dan risiko yang relative rendah (Novitasari et al., 2022). Meskipun kedua penelitian tersebut dilakukan pada sistem pelayanan dengan karakteristik proses yang berbeda dengan industri kedai kopi. Pada layanan coffee shop, pelanggan harus melewati beberapa tahapan pelayanan yang saling bergantung, yaitu pemesanan, pembayaran, proses pembuatan minuman oleh barista, sehingga pengambilan pesanan. Karakteristik tersebut menyebabkan dinamika antrean tidak hanya dipengaruhi oleh kapasitas kasir, tetapi juga oleh hubungan antarproses pelayanan dan utilitas sumber daya pada setiap tahapan. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan model simulasi ProModel pada Coffee Fore Cikini untuk mengevaluasi kinerja sistem pelayanan berdasarkan beberapa indikator, meliputi jumlah pelanggan yang dilayani, rata-rata waktu dalam sistem, rata-rata waktu operasi, serta utilitas sumber daya, sehingga rekomendasi perbaikan lebih sesuai dengan karakteristik operasional coffee shop.

Pada penelitian sebelumnya bahwa simulasi ProModel efektif digunakan untuk menganalisis sistem antrean pada berbagai sektor pelayanan. Penelitian pada pelayanan nasabah Bank Rakyat Indonesia menggunakan metode antrian dan software ProModel menunjukkan bahwa penambahan jumlah teller dari dua menjadi tiga dapat meningkatkan kinerja sistem antrian secara signifikan (Novitasari et al., 2022). Selain itu, penelitian pada pelayanan kesehatan di Puskesmas Kota Dumai menemukan bahwa simulasi ProModel mampu mengidentifikasi *bottleneck* pelayanan dan memberikan alternatif perbaikan yang efektif dalam mengurangi waktu tunggu pasien melalui analisis *bottleneck* tetapi tidak memberikan pembahasan optimasi utilitas sumber daya (Azmi et al., 2024). Penelitian lainnya pada Puskesmas Minasa Upa Makassar menggunakan metode simulasi dan WISN menunjukkan bahwa penambahan sumber daya pelayanan dapat meningkatkan kapasitas pelayanan (Asizah et al., 2024). Pada penelitian (Hilman & Liyanti, 2021) pada sistem antrian di Midimarket dengan menggunakan metode *Single Channel Multi Server* dan ProModel hasil penelitian dengan memberikan penambahan kasir mengurangi antrian pelanggan pada penelitian ini tidak mengkaji biaya implementasi skenario. Sedangkan pada penelitian (Sugioko et al., 2024) membahas penelitian pada objek Gerai F&B menggunakan

metode *Root Cause Analysis* dan software ProModel hasil yang didapatkan pengurangan waktu tunggu melalui perbaikan proses. Pada penelitian (Muchtar et al., 2025) melalui simulasi promodel dapat menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan pada jumlah produksi dan berhasil mereplikasi dari proses produksi secara visual, memungkinkan analisis rinci dari suatu alur kerja dan dapat mengidentifikasi area yang mengalami penumpukan atau antrian dari bahan baku produksi serta pada (Bayhaqi, 2026) juga promodel dapat mengevaluasi kinerja sistem serta menentukan usulan perbaikan yang dapat meningkatkan output produksi.

Metode simulasi yang digunakan untuk konsep antrian adalah *Discrete Event Simulation* (DES) yang merupakan metode pemodelan sistem yang status sistemnya dapat berubah dari waktu tertentu yang diakibatkan dari kejadian-kejadian abstrak (Herdiana et al., 2025).

Konsep sistem antrean juga merupakan kondisi ketika permintaan pelayanan melebihi kapasitas pelayanan yang tersedia sehingga pelanggan harus menunggu sebelum memperoleh layanan (Walton, 2022). Sistem antrean terdiri dari proses kedatangan pelanggan, menunggu dalam antrean apabila fasilitas pelayanan sedang sibuk, menerima pelayanan dan meninggalkan sistem setelah pelayanan selesai (Glynn, 2022). Teori antrian hingga saat ini masih menjadi pendekatan utama dalam menganalisis dan mengoptimalkan kinerja sebagai sistem pelayanan, termasuk sektor manufaktur, logistic, kesehatan, transportasi dan layanan publik (Amjath et al., 2024).

Komponen utama sistem antrean terdiri atas proses kedatangan (*arrival*), antrean (*queue*), fasilitas pelayanan (*service facility*), dan keluarnya pelanggan dari sistem (*departure*). Berdasarkan notasi kendall (Kendall, 2005), model antrean diklasifikasikan berdasarkan distribusi kedatangan, distribusi waktu pelayanan, jumlah pelayan, kapasitas sistem, dan ukuran populasi. Model antrean yang paling umum digunakan meliputi M/M/1 (*Single Channel Single Server*), M/M/s (*Multi Channel Single Phase*), M/D/1 (kedatangan Poisson dengan waktu pelayanan deterministik). Berdasarkan penelitian (Amjath et al., 2024) menunjukkan terdapat juga beberapa jenis pelayanan atau rule aturan dalam antrian diantaranya *First Come First Serve* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO), *Last Come First Serve* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO), *Service In Random Order* (SIRO) dan *Priority Service* (PS) (Asizah et al., 2024).

Reserch Gap pada penelitian dengan penelitian terdahulu, sebagian besar berfokus pada Simulasi ProModel sendiri yang merupakan sebuah software simulasi berbasis windows yang digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisis suatu sistem meliputi *Location, Entities, Arrivals, Processing, resource dan path network* (Rafael et al., 2023).

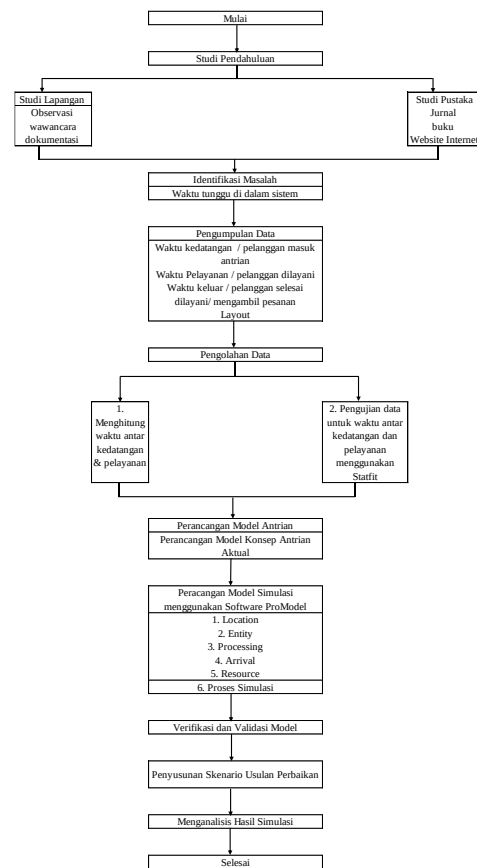
Meskipun berbagai penelitian mengenai sistem antrean telah dilakukan, karakteristik setiap sistem pelayanan memiliki pola kedatangan, waktu

pelayanan, serta kapasitas sumber daya yang berbeda sehingga diperlukan analisis spesifik pada masing – masing objek penelitian. Namun, masih terbatas penelitian yang mengombinasikan analisis waktu tunggu, utilitas sumber daya, dan evaluasi skenario usulan operasional pada Gerai Coffee Fore Cikini menggunakan simulasi ProModel. Oleh karena itu penelitian dilakukan untuk menganalisis sistem antrian pada Coffee Fore Cikini menggunakan simulasi ProModel serta mengevaluasi skenario usulan perbaikan guna memperoleh alternatif terbaik dalam meningkatkan kinerja pelayanan.

Sehingga, tujuan dalam penelitian ini terkait identifikasi karakteristik sistem antrian pada Gerai Coffee Fore Cikini, membangun model simulasi system antrian menggunakan perangkat lunak ProModel, melakukan verifikasi dan validasi model simulasi terhadap system aktual, mengevaluasi alternatif perbaikan sistem antrian berdasarkan indikator waktu tunggu, panjang antrian, dan utilitas fasilitas pelayanan, dan menentukan skenario terbaik yang dapat meningkatkan efisiensi pelayanan. Namun, evaluasi kinerja antrian melalui penambahan fasilitas pelayanan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi pihak manajemen dalam meningkatkan kualitas pelayanan serta memberikan kontribusi akademis pada pengembangan penelitian simulasi antrian menggunakan ProModel.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian simulasi antrian jenis kuantitatif. Berikut model konseptual pada penelitian ini.



Gambar 1. Model Konseptual

1. Studi Pendahuluan

Dalam penelitian ini dilakukan studi pendahuluan yang terdiri dari studi pustaka dan studi lapangan. Pada penelitian ini studi pustaka didapatkan berdasarkan jurnal-jurnal terdahulu, referensi buku yang berkaitan dengan kajian penelitian dan web internet yang ilmiah guna mencari informasi tambahan dan referensi pendukung. Untuk studi lapangan dilakukan dengan mengunjungi langsung gerai Coffee Fore Cikini untuk mendapatkan dan mencatat data waktu serta sistem pelayanan yang terjadi.

2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang terjadi terkait masalah utamanya adalah sistem yang masih kurang efisien sehingga menyebabkan waktu tunggu menerima pesanan dan proses pengerjaan pesanan minuman lama.

3. Pengumpulan Data

Objek penelitian adalah Gerai Coffee Fore Cikini dengan waktu pengamatan pada hari Sabtu pukul 13.30 -16.00 WIB. Berdasarkan informasi dari manager Coffee Fore Cikini bahwa hari Sabtu pada rentang pukul tersebut merupakan salah satu periode dengan tingkat kunjungan pelanggan tertinggi dibandingkan hari operasional lainnya. Oleh karena itu, periode tersebut dipilih sebagai

waktu observasi untuk menangkap kondisi pelayanan pada saat beban sistem mendekati kondisi maksimum atau saat beban pelayanan tinggi (*peak hour*) sehingga model simulasi mampu menggambarkan kondisi ketika potensi antrean paling besar terjadi. Namun demikian, data observasi diperoleh hanya pada satu periode pengamatan sehingga model yang dihasilkan merepresentasikan kondisi operasional pada rentang waktu tersebut. Oleh karena itu, hasil simulasi perlu diinterpretasikan dalam periode observasi dan belum dimaksudkan untuk menggambarkan seluruh variasi pola kedatangan pelanggan pada hari maupun jam operasional lainnya.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan kebutuhan data untuk simulasi ProModel yang terdiri dari *entities* yang direpresentasikan sebagai pelanggan Coffe Fore Cikini yang memasuki sistem pelayanan, *location* pada model simulasi terdiri atas pintu masuk/keluar, kasir, ruang tunggu, area barista, tempat pengambilan pesanan dan pintu keluar/masuk, *Resource* pada model terdiri dari seorang kasir dan seorang barista yang bertugas melayani pelanggan sesuai dengan aktivitas masing-masing, *arrivals* dihitung dari awal pelanggan datang ke gerai coffee, dan *processing* dimulai dari waktu setelah selesai memesan hingga pelanggan menerima pesanan. Pengambilan data menggunakan *stopwatch*.

4. Pengolahan Data

Dalam pengolahan data waktu dilakukan menggunakan software excel untuk mencari rata-rata waktu dalam sistem serta melakukan pengujian data waktu dalam sistem terdiri waktu antar kedatangan, waktu pemesanan dan pembayaran, waktu tunggu pemesanan, waktu proses pembuatan minuman, waktu pesanan diterima serta waktu keluar dari sistem menggunakan statfit. Hasil dari software statfit akan mendapatkan nilai distribusi untuk setiap waktu.

5. Perancangan Model Antrian

Dilakukan perancangan model konseptual yang merupakan tahap awal dalam pembangunan model simulasi yang bertujuan untuk menerjemahkan sistem nyata kedalam model yang lebih sederhana tanpa menghilangkan karakteristik utama sistem. Pada penelitian ini, model konseptual disusun berdasarkan hasil observasi langsung terhadap proses pelayanan pelanggan pada coffee shop. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi alur pelayanan, sumber daya yang terlibat, lokasi pelayanan, serta aktivitas yang dilakukan oleh setiap pelanggan sejak memasuki area pelayanan hingga meninggalkan sistem.

6. Perancangan Model Simulasi

Perancangan model simulasi merupakan tahapan implementasi model konseptual ke dalam software ProModel. Model antrian simulasi yang digunakan menggunakan berupa simulasi komputer menggunakan software Promodel terkait perilaku

antrian dalam suatu sistem.

Software ProModel merupakan perangkat lunak simulasi sistem berbasis Windows untuk menjalankan simulasi suatu sistem (Rafael et al., 2023). Tujuan dari simulasi adalah untuk mendapatkan hasil simulasi yang merepresentasikan semirip mungkin dengan sistem nyata.

Pada tahap ini, seluruh komponen sistem nyata telah diidentifikasi pada model konseptual diterjemahkan ke dalam elemen-elemen simulasi sehingga dapat mempresentasikan kondisi operasional yang sebenarnya. Perancangan model simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ProModel karena dapat memodelkan sistem antrean berbasis *Discrete Event Simulation* (DES).

Terdapat beberapa tahapan dalam membangun model simulasi (Hafizi et al., 2025) berikut tahapan perancangan model simulasi pada penelitian ini meliputi:

1. Pendefinisian *Entities* (*entity*) : *entity* merupakan objek atau komponen yang menjadi input suatu sistem (Muchtar et al., 2024). Entitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelanggan yang datang untuk melakukan pemesanan minuman.
2. Pendefinisian *Location* : *location* merupakan representasi fasilitas atau area yang dilalui pelanggan selama proses pelayanan atau Lokasi yang terdapat pada sistem untuk menerima suatu entitas untuk menjalankan proses sehingga terdapat nilai tambah (Ahmad et al., 2025). *Location* pada penelitian ini terdiri dari pintu masuk/keluar, jalur antrian, kasir pemesanan dan pembayaran, ruang tunggu pelanggan, tempat pengambilan pesanan, serta pintu keluar/masuk. Pada pengaturan *location* ini disesuaikan dengan kondisi aktual di lokasi penelitian.
3. Pendefinisian *Resource* : *Resource* atau sumber daya yang memberikan pelayanan kepada pelanggan atau yang bertugas melakukan pemindahan *entity* (Trenggonowati, 2017). *Resource* yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari satu orang kasir yang bertugas melayani proses pemesanan dan pembayaran serta satu orang barista yang bertugas membuat dan menyiapkan pesanan minuman.
4. Pendefinisian *Arrivals* : kedatangan pelanggan dimodelkan berdasarkan distribusi waktu antar kedatangan (*interarrival time*), jumlah kedatangan (Muchtar et al., 2024) yang diperoleh dari hasil pengolahan data observasi menggunakan perangkat lunak Statfit. Hasil uji distribusi tersebut menjadi dasar dalam menentukan pola kedatangan pelanggan pada model simulasi.
5. Pendefinisian *Processing Logic*: *Processing logic* menggambarkan urutan aktivitas yang dilakukan pelanggan selama berada di dalam

sistem atau suatu operasi yang dilakukan dalam *location* (Ahmad et al., 2025). Aktivitas meliputi proses pemesanan dan pembayaran di kasir, perpindahan menuju ruang tunggu, proses pembuatan minuman oleh barista, pengambilan pesanan, hingga pelanggan keluar dari sistem. Waktu proses yang digunakan berdasarkan hasil distribusi menggunakan software statfit.

6. Pendefinisian *routing* dan *movement* : pada *routing* digunakan untuk menentukan urutan perpindahan pelanggan dari satu lokasi berikutnya sesuai dengan alur pelayanan aktual. Selain waktu perpindahan (*move time*)

Verifikasi dan Validasi

Setelah seluruh komponen selesai dimodelkan, tahap selanjutnya melakukan proses verifikasi dan validasi model. Untuk verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa logika model telah berjalan sesuai dengan alur pelayanan aktual dan tidak terdapat kesalahan pada proses simulasi. Selanjutnya uji validasi model dengan membandingkan output simulasi, seperti jumlah pelanggan yang dilayani (*Total Exit*), rata-rata waktu pelanggan berada di dalam sistem (*Average Time in System*), serta tingkat utilisasi sumber daya (*Resource Utilization*) terhadap data aktual hasil observasi.

Penyusunan Skenario Usulan Perbaikan

Pada tahap selanjutnya dilakukan penyusunan usulan perbaikan dilakukan setelah model simulasi kondisi aktual (*Existing system*) berhasil dijalankan, berhasil diverifikasi dan divalidasi berdasarkan kesesuaian antara kondisi sistem nyata dengan hasil output simulasi. Setiap skenario dibandingkan dengan model kondisi actual berdasarkan parameter kinerja yang telah ditentukan. Hasil perbandingan digunakan sebagai dasar menentukan skenario terbaik yang mampu memberikan peningkatan performansi sistem dengan penggunaan sumber daya yang optimal.

Dalam analisis hasil simulasi dilakukan perbandingan hasil dari model sistem actual dengan model sistem skenario usulan perbaikan selanjutnya dibuatkan usulan rekomendasi untuk perbaikan sistem antrian pada gerai Coffee Fore Cikini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data waktu kegiatan pemesanan produk minuman di gerai Coffee Fore Cikini dilakukan menggunakan *stopwatch* diawali dari pelanggan memasuki tempat, melakukan proses pemesanan dan pembayaran, menunggu pesanan dan pelanggan menerima pesanan sampai pelanggan meninggalkan tempat pembelian. Pengambilan data dilakukan di Hari Sabtu pukul 13.30 – 16.00 dilakukan pengamatan pada waktu tersebut dikarenakan pelanggan di hari weekend selalu meningkat.

antar location dimasukkan ke dalam model untuk menggambarkan waktu yang dibutuhkan pelanggan berpindah dari satu area ke area pelayanan berikutnya.

7. Pengaturan Parameter Simulasi : parameter simulasi meliputi lama waktu simulasi (*run length*), satuan waktu yang digunakan jumlah replikasi simulasi, serta kondisi awal sistem. Penentuan parameter tersebut disesuaikan dengan periode observasi sehingga hasil simulasi dapat dibandingkan dengan kondisi aktual.

No	Waktu Kedatangan Konsumen (jam)	Waktu Antar Kedatangan (Detik)	Waktu Konsumsi minum di gerai kasir (jam)	Waktu Antar (detik)	Waktu Konsumsi selesai dilayani kasir (jam)	Waktu proses pembuatan coff oleh Barista (detik)	Waktu tunggu Pesanan Selesai (waktu menunggu)	Waktu tunggu Pesanan Selesai (Detik)	Waktu Ambil Pesanan	Waktu Pelanggan Keluar
1	13:35:25	0	13:35:35	10	13:38:10	262	13:46:10	480	13:46:12	13:46:15
2	13:36:10	45	13:38:45	155	13:39:50	260	13:47:50	482	13:47:54	13:47:58
3	13:40:05	235	13:41:10	65	13:41:58	337	13:48:35	475	13:49:54	13:49:57
4	13:45:25	320	13:46:05	40	13:46:48	202	13:50:55	245	13:50:56	13:50:59
5	13:46:07	42	13:47:01	54	13:49:02	333	13:55:03	361	13:55:05	13:55:10
6	13:48:01	114	13:49:05	64	13:50:05	297	13:55:10	305	13:55:11	13:55:17
7	13:49:07	66	13:50:10	63	13:51:25	273	13:56:25	300	13:56:30	13:56:37
8	13:51:05	118	13:51:28	25	13:52:04	278	13:57:05	301	13:57:08	13:57:14
9	13:51:06	1	13:52:06	60	13:54:03	248	14:00:11	368	14:00:15	14:00:20
10	13:56:25	319	13:57:15	50	13:57:59	254	14:05:03	304	14:05:08	14:05:13
11	14:01:10	285	14:01:50	40	14:02:54	353	14:08:54	420	14:09:57	14:09:59
12	14:06:15	305	14:06:56	41	14:07:58	672	14:22:01	843	14:22:05	14:22:11
13	14:14:10	475	14:14:25	15	14:15:25	421	14:24:33	548	14:24:38	14:24:40
14	14:14:11	1	14:15:27	76	14:16:10	434	14:25:14	544	14:25:20	14:25:25
15	14:14:12	1	14:16:15	123	14:17:30	507	14:26:20	530	14:26:23	14:26:30
16	14:21:05	413	14:21:35	30	14:22:25	255	14:27:26	301	14:27:30	14:27:35
17	14:21:06	1	14:22:28	82	14:25:11	485	14:35:15	604	14:35:21	14:35:27
18	14:25:01	235	14:26:03	62	14:27:40	527	14:38:46	666	14:38:50	14:38:56
19	14:30:02	301	14:30:40	38	14:31:23	271	14:41:26	603	14:41:29	14:41:34
20	14:33:05	183	14:34:01	56	14:35:11	293	14:42:11	420	14:42:17	14:42:24
21	14:39:04	359	14:39:35	31	14:41:35	228	14:46:44	309	14:46:50	14:46:53
22	14:41:04	120	14:41:40	36	14:44:53	336	15:01:36	1023	15:01:39	15:02:05
23	14:45:20	256	14:45:56	36	14:49:42	394	15:02:45	783	15:02:49	15:02:58
24	14:49:21	1	14:49:45	264	14:50:50	422	15:03:59	782	15:03:59	15:04:03
25	14:51:05	344	14:51:25	20	14:52:35	385	15:04:38	723	15:04:44	15:04:49
26	14:51:06	1	14:52:37	91	14:53:40	647	15:08:45	905	15:08:53	15:08:57
27	14:53:05	119	14:54:03	58	14:59:10	595	15:13:12	842	15:13:20	15:13:24
28	14:58:06	301	14:59:11	65	15:01:02	673	15:15:04	842	15:15:10	15:15:16
29	15:01:03	177	15:01:24	21	15:04:28	604	15:16:30	722	15:16:32	15:16:36
30	15:03:35	152	15:04:32	57	15:06:08	620	15:18:11	723	15:18:13	15:18:18
31	15:03:36	1	15:06:10	154	15:07:08	597	15:18:08	720	15:19:11	15:19:17
32	15:05:07	91	15:07:10	123	15:08:27	655	15:25:39	902	15:25:34	15:25:40
33	15:05:08	1	15:08:32	204	15:09:20	645	15:26:28	908	15:26:35	15:26:41
34	15:07:03	115	15:09:22	139	15:10:40	652	15:26:03	863	15:26:49	15:26:53
35	15:08:02	59	15:10:54	172	15:11:40	646	15:26:46	846	15:26:50	15:26:54
36	15:08:04	2	15:11:42	218	15:12:32	690	15:26:34	842	15:26:41	15:26:43
37	15:12:37	273	15:13:01	24	15:15:13	653	15:28:19	786	15:28:23	15:28:25
38	15:16:08	211	15:16:38	30	15:17:40	588	15:28:47	727	15:29:51	15:29:56
39	15:16:09	1	15:17:54	105	15:18:47	747	15:32:52	845	15:32:58	15:33:01
40	15:18:39	210	15:20:04	25	15:21:10	611	15:33:17	727	15:33:20	15:33:27
41	15:31:12	693	15:31:39	27	15:32:42	630	15:39:42	420	15:39:47	15:39:54
42	15:31:13	1	15:32:45	92	15:33:45	360	15:40:54	429	15:40:57	15:40:59
43	15:32:10	57	15:33:55	105	15:34:44	537	15:45:49	665	15:45:52	15:45:59
44	15:35:08	178	15:35:34	26	15:37:35	461	15:47:36	601	15:47:40	15:47:44
45	15:35:11	3	15:37:52	161	15:41:16	373	15:49:29	487	15:49:29	15:49:31
46	15:37:09	118	15:41:12	243	15:42:12	397	15:50:18	486	15:50:22	15:50:25
47	15:41:05	236	15:42:58	113	15:45:53	391	15:51:56	483	15:51:58	15:52:03
48	15:41:07	2	15:43:46	159	15:45:37	335	15:52:45	428	15:52:50	15:52:56
49	15:46:04	297	15:46:32	28	15:49:32	344	15:57:41	489	15:57:43	15:57:48

Sumber : Peneliti 2026

Gambar 2. Data Penelitian

2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mencari tahu nilai rata-rata dari data waktu yang dikumpulkan serta nilai distribusi data berdasarkan hasil perhitungan software Statfit. Tabel 1 menunjukkan distribusi data waktu penelitian.

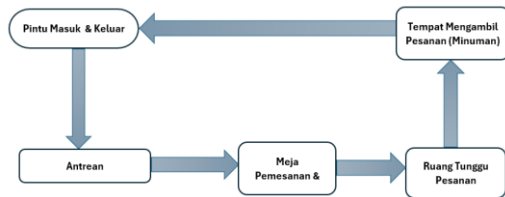
Tabel 1. Distribusi Data Waktu Penelitian

No	Nama Proses	Waktu Proses	Untuk Di Processing
1	Waktu Antar Kedatangan	Normal (160,152)	N(160,152)
2	Waktu Pemesanan & Pembayaran	Lognormal (32,6, 36,7, 0,919)	L(91.8163, 135,5)
3	Waktu Menunggu Pesanan	Normal (600,207)	N(600,207)

4	Proses Barista	Uniform(202, 747)	U(202,747)
5	Waktu Pengambilan	Lognormal (-3.8, 2.07, 0.241)	L(4.36, 4)
6	Waktu Keluar	Normal (4.67, 1.54)	N(4.67, 1.54)

3. Model Konseptual

Model konseptual dirancang untuk menggambarkan atau meniru sistem aktual yang terjadi pada Coffee Fore Cikini yang dapat dilihat pada Gambar 3. Alur dalam model konseptual dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Model Konseptual

4. Model Simulasi

Model simulasi dilakukan menggunakan Software ProModel, komponen Promodel terdiri dari yang terdiri dari *Entitas (entity)*, *Location*, *Processing*, *Arrivals*, *Resource*,

Entitas

Entitas pada sistem Coffee Fore Cikini terdiri dari satu entitas yaitu Pelanggan yang dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Entitas

Entitas	Lokasi
Pelanggan	Pintu Masuk / Keluar
Pelanggan	Jalur Menuju Antrean
Pelanggan	Antrean
Pelanggan	Jalur Menuju Kasir
Pelanggan	Meja Kasir Pemesanan & Pembayaran
Pelanggan	Jalur Menuju ruang tunggu
Pelanggan	Ruang Menunggu Pesanan
Pelanggan	Jalur Menuju Tempat Pengambilan Pesanan
Pelanggan	Tempat Pengambilan Pesanan
Pelanggan	Jalur Menuju Tempat Keluar
Pelanggan	Pintu Keluar / Masuk

Tabel 3. Data Penelitian 2

No	Lokasi	Jumlah Unit	Rules
1	Pintu Masuk & Keluar	1	FIFO
2	Jalur menuju antrian	1	FIFO
3	Antrean	1	FIFO

4	Jalur menuju Kasir Pemesanan dan Pembayaran	1	FIFO
5	Kasir Pemesanan dan Pembayaran	1	FIFO
6	Jalur menuju ruang tunggu	1	FIFO
7	Ruang tunggu pemesanan	1	FIFO
8	Jalur menuju tempat pengambilan pesanan	1	FIFO
9	Tempat pengambilan pesanan (minuman)	1	FIFO
10	Jalur menuju keluar coffee Fore	1	FIFO

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan Lokasi jumlah unit dan rules dengan sistem FIFO (*First In Fisrt Out*) yang berarti pelanggan yang pertama kali masuk menjadi yang pertama keluar.

Processing

Pada tahap build di processing dibutuhkan beberapa data waktu yang terjadi pada sistem Coffee Fore Cikini.

Tabel 4. Data Waktu Processing

No	Nama Proses	Processing
1	Kasir Pemesanan & Pembayaran	USE Kasir For L(91.8163, 135.5) Free Kasir
2	Ruang Menunggu Pesanan	USE Barista For U(202,747) Free Barista
3	Waktu Pengambilan	Wait L(4.36, 4)
4	Waktu Keluar	Wait N(4.67, 1.54)

Arrivals

Pada tahap *build arrivals* dibutuhkan waktu *arrivals* atau waktu kedatangan menjadi waktu awal untuk menentukan waktu antar kedatangan dari tiap pelanggan.

Tabel 5. Data Waktu Arrivals

No	Nama Proses	Waktu Proses	Operasi
1	Waktu Antar Kedatangan	Normal (160,152)	N(160,152)

Resource

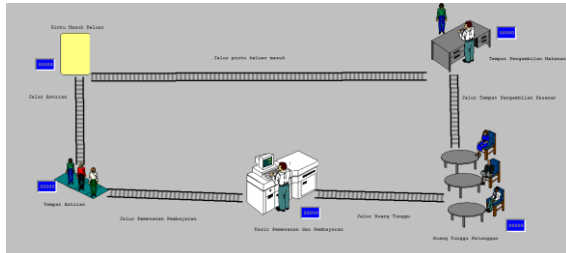
Pada tahap *build Resource* berdasarkan data aktual dari Coffee Fore Cikini bahwa *resource* atau sumber daya yang tersedia terdiri dari kasir dan barista. Pada Tabel 7 menunjukkan jenis dan jumlah unit yang terjadi pada Coffee Fore Cikini.

Tabel 6. Data Resource

No	Resource	Jumlah Unit
1	Kasir	1
2	Barista	1

Layout Model

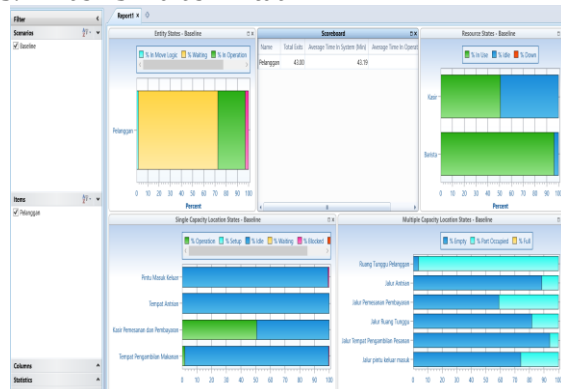
Layout model yang ditunjukkan pada Gambar 5, menunjukkan tata letak secara aktual yang terjadi pada Coffee Fore Cikini menggunakan software ProModel 2016 *Student Version*.



Sumber : Peneliti (2026)
Gambar 4. Layout

Berdasarkan pada Gambar 5 Layout dari Coffee Fore Cikini layout dari Pintu masuk/keluar, antrian aksir, kasir pemesanan dan pembayaran, ruang tunggu (menunggu hingga pesanan selesai termasuk proses barista), tempat pengambilan pesanan dan menuju pintu keluar/masuk.

5. Hasil Simulasi Aktual



Sumber : Peneliti (2026)
Gambar 5. Hasil Simulasi Aktual

Berdasarkan pada Gambar 6 diatas menunjukkan bahwa untuk hasil *entity state* yaitu Pelanggan dari software ProModel pada *entity state* menunjukkan warna kuning paling tinggi atau waiting sebesar 70,83%, dan warna hijau % *in operation* atau dalam proses pelayanan sebesar 24,63%, warna pink menunjukkan % blocked atau pelanggan belum terlayani atau tidak menyelesaikan proses dalam sistem sebesar 2,81%, dan *in move logic* atau perpindah entitas sebesar 1,73%. Sedangkan untuk analisis *single capacity location states* terdiri dari pintu masuk & keluar, tempat antrian, kasir pemesanan dan pembayaran serta tempat pengambilan makanan berdasar hasil simulasi bahwa warna biru menunjukkan pada proses terjadinya idle atau waktu menganggur dan warna hijau menunjukkan % operation atau proses pelayanan dan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa

pada lokasi kasir pemesanan dan pembayaran memiliki proses operasi yang lebih tinggi dari pada menganggur. Sedangkan untuk *resource state* terdiri dari kasir dan barista, berdasarkan hasil simulasi bahwa proses yang terjadi di kasir memiliki presentasi yang seimbang dengan idle atau waktu menganggur sedangkan untuk barista memiliki waktu operasi yang sangat tinggi sedangkan waktu idle sangat kecil sehingga titik kritis permasalahan dapat diketahui berasal dari lamanya waktu proses pembuatan minuman oleh barista.

Tabel 7 Hasil Simulasi Aktual

No	Nama	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time in Operation (Min)
1	Pelanggan	43	43,19	10,63

Berdasarkan Tabel 8 hasil Promodel menyatakan bahwa total exist dari sistem sebanyak 43, sedangkan untuk aktual sebanyak 49 dan rata-rata waktu dalam sistem cukup tinggi sebesar 43,19 menit.

Tabel 8. Hasil Simulasi Aktual

No	Komponen	% Operation	Idle
1	Kasir	50,65%	49,35%
2	Barista	98,18%	3,82%

Berdasarkan data pada Tabel 9 hasil simulasi bahwa persentasi untuk kasir masih dalam batas seimbang antara kasir sibuk melakukan operasi dengan kasir saat idle atau kasir bekerja sekitar separuh waktu simulasi sedangkan untuk persentasi tingkat operasional pada barista bekerja hampir sepanjang waktu simulasi sehingga menjadi sumber daya yang mengalami sibuk yang paling tinggi (*bottleneck*) sehingga barista memiliki tingkat utilitas tertinggi, yang menunjukkan bahwa proses pembuatan pesanan merupakan titik kritis dalam sistem pelayanan yang menyebabkan ketidakefisiennya yang menyebabkan waktu tunggu menerima pesanan menjadi sangat lama. Berdasarkan Tabel 9, utilitas kasir relatif seimbang antara sibuk dan idle (50,65% : 49,35%), menunjukkan kapasitas kasir masih memadai. Sebaliknya, barista memiliki utilitas sangat tinggi (98,18%) dengan idle hampir nol (3,82%), sehingga menjadi *bottleneck* utama penyebab lamanya waktu tunggu pelanggan. Temuan ini membedakan penelitian ini dari studi antrian sejenis yang umumnya hanya menganalisis satu titik pelayanan tunggal, seperti teller atau kasir (Novitasari et al., 2022; Azmi et al., 2024). Pada coffee shop, dua sumber daya yang saling bergantung kasir dan barista menuntut analisis utilitas per tahapan untuk menentukan sumber daya yang benar-benar menghambat, bukan sekadar menambah kapasitas secara merata. Pendekatan ini menjadi nilai tambah penelitian karena mengidentifikasi titik kritis secara presisi pada sistem multi-tahap, sehingga perbaikan

lebih tepat sasaran dan efisien biaya.

Secara teoritis, temuan ini menegaskan bahwa kinerja sistem multi-tahap dibatasi oleh sumber daya dengan utilitas tertinggi (Amjath et al., 2024). Secara praktis, penambahan sumber daya sebaiknya diprioritaskan pada barista, bukan kasir, karena intervensi pada titik *non-bottleneck* tidak berdampak signifikan terhadap waktu tunggu. Atas dasar ini, disusun skenario penambahan satu barista menjadi total dua orang untuk menyeimbangkan beban kerja pada tahapan paling kritis. Hal ini juga menjadi dasar penyusunan skenario usulan. Maka untuk mengatasi permasalahan yang disebabkan oleh proses pembuatan minuman diusulkan untuk menambahkan 1 usulan barista menjadi total 2 barista.

6. Verifikasi dan Validasi

Tahap selanjutnya setelah dilakukan simulasi menggunakan software ProModel untuk data aktual maka dilanjutkan dengan Uji Verifikasi dan Validasi.

Verifikasi

Uji verifikasi ditunjukkan pada model simulasi yang telah dijalankan pada software ProModel, selama simulasi berjalan bahwa tidak ada identifikasi kesalahan logika, kesalahan routing juga kegagalan proses sehingga model dapat dinyatakan sesuai dengan sistem antrian pada Gerai Coffee Fore Cikini.

Tahap Verifikasi dengan membandingkan model simulasi dari ProModel dengan model konseptual, mengidentifikasi hasil output model, mengamati animasi berjalan dengan baik, hasil verifikasi dari data penelitian menunjukkan bahwa sistem saat di running berjalan dengan baik tidak ada error atau bug dan sesuai dengan alur aktual maka model dikatakan verifikasi.

Validasi

Setelah dilakukan verifikasi maka dilanjutkan dengan uji validasi. Uji validasi bertujuan untuk mengetahui seberapa tingginya perbedaan output hasil dari yang dijalankan pada software simulasi dengan output aktual yang ada didalam sistem nyata.

Validasi model diperlukan untuk memastikan bahwa model simulasi yang dijalankan menggunakan software ProModel dapat mempresentasikan kondisi nyata yang terjadi pada sistem pelayanan Gerai Coffee Fore Cikini.

Berikut dapat ditunjukkan perbandingan output dari simulasi selama waktu penelitian dibandingkan dengan output aktual.

Tabel 9. Perbandingan Output Aktual dan Simulasi

No	Keterangan	Output
1	Output Aktual	49
2	Output Simulasi	43

Tingkat kesalahan (error) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Error} = \frac{|\text{Output Aktual} - \text{Output Simulasi}|}{\text{Output Aktual}} \times 100\%$$

$$\text{Error} = \frac{|49 - 43|}{49} \times 100\% = 12,24\%$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan bahwa model dengan aktual memiliki perbedaan sebesar 12,24% berdasarkan tabel interpretasi error rentang 10%-15% memiliki keterangan cukup, sehingga model masih berada dalam batas toleransi untuk merepresentasikan karakteristik sistem actual. Selisih enam pelanggan antara hasil simulasi dan kondisi actual disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, model menggunakan distribusi probabilitas hasil pengolahan data observasi sehingga hanya merepresentasikan karakteristik rata-rata proses pelayanan, sedangkan pada sistem nyata terdapat variasi perilaku pelanggan dan operator yang bersifat dinamis. Kedua, model simulasi dibangun berdasarkan beberapa asumsi penyederhanaan sehingga aktivitas yang tidak tercatat selama observasi, seperti variasi waktu pelanggan dalam menentukan pesanan, interaksi tambahan dengan kasir, maupun keterlambatan pelanggan mengambil pesanan, tidak dimasukkan ke dalam model. Selain itu, data observasi diperoleh hanya pada satu periode pengamatan selama 2,5 jam sehingga variasi pola kedatangan pelanggan pada periode operasional lainnya belum sepenuhnya terwakili. Oleh karena itu, meskipun masih terdapat selisih enam pelanggan, model simulasi dinilai telah mampu menggambarkan perilaku umum sistem pelayanan dan layak digunakan sebagai dasar evaluasi skenario perbaikan.

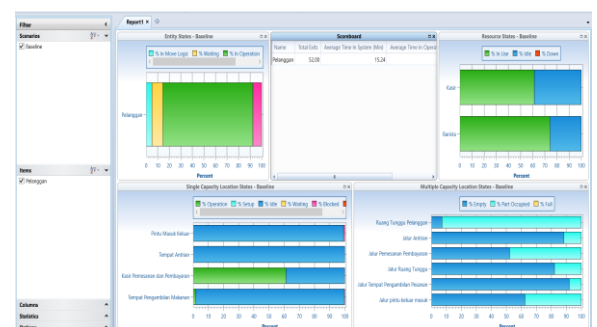
Model Simulasi Usulan

Pada simulasi usulan dibuat penambahan barista menjadi 2 barista

Tabel 10. Usulan Resource

No	Resource	Jumlah Unit
1	Kasir	1
2	Barista	2

Hasil Simulasi Usulan



Sumber : Peneliti (2026)

Gambar 6. Hasil Simulasi ProModel Usulan

Berdasarkan pada Gambar 7 diatas menunjukkan bahwa untuk hasil *entity state* yaitu Pelanggan dari software ProModel pada *entity state* menunjukkan

warna hijau atau dalam operasi pelayanan menjadi paling tinggi sebesar 77,88%, dan warna kuning % waiting menjadi lebih kecil sebesar 9,95% sedangkan warna pink menunjukkan % blocked atau pelanggan belum terlayani atau tidak menyelesaikan proses dalam sistem sebesar 7,66%, dan *in move logic* atau perpindah entitas sebesar 4,90%. Sedangkan untuk analisis *single capacity location states* terdiri dari pintu masuk & keluar, tempat antrian, kasir pemesanan dan pembayaran serta tempat pengambilan makanan berdasarkan hasil simulasi bahwa warna biru menunjukkan pada proses terjadinya idle atau waktu menganggur dan warna hijau menunjukkan % operation atau proses pelayanan dan pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pada lokasi kasir pemesanan dan pembayaran memiliki proses operasi yang lebih tinggi dari pada menganggur. Sedangkan untuk *resource state* terdiri dari kasir dan barista, berdasarkan hasil simulasi bahwa proses yang terjadi di kasir memiliki presentasi yang seimbang dengan idle atau waktu menganggur sedangkan untuk model usulan waktu barista mengalami pengurangan waktu operasi.

Tabel 11. Hasil Simulasi Usulan

No	Nama	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time in Operation (Min)
1	Pelanggan	52	15,24	11,86

Tabel 12. Hasil Simulasi Usulan

No	Komponen	% Operation	Idle
1	Kasir	61,27%	38,73%
2	Barista	74,29%	25,75%

Berdasarkan tabel diatas hasil simulasi usulan ketika barista ditambahkan 1 barista menjadi total barista sebanyak 2 dapat menaikkan total exits mengurangi waktu rata-rata dalam sistem ataupun waktu rata-rata saat operasi juga untuk tingkat persentasi komponen kasir menjadi 61,27% untk% operasi dan idle menjadi 38,73% sedangkan untuk barista % operation cukup mengecilkkan waktu operation menjadi 74,29% dan idle menjadi 25,75%.

Penurunan tingkat utilitas barista dari 98,18% menjadi 74,29% mengindikasikan bahwa beban kerja yang sebelumnya hampir mencapai kapasitas maksimum menjadi lebih seimbang sehingga potensi antrean akibat tingginya aktivitas pelayanan dapat dikurangi. Tingkat utilitas sekitar 70-85% umumnya dianggap lebih aman dibandingkan utilisasi yang mendekati 100%, karena masih memberikan kapasitas untuk mengakomodasi fluktuasi kedatangan pelanggan tanpa menyebabkan peningkatan waktu tunggu yang signifikan. Oleh karena itu, penambahan satu barista tidak hanya meningkatkan kualitas pelayanan, tetapi juga menghasilkan distribusi beban kerja yang lebih

propesional.

Pada penelitian tidak memasukkan komponen biaya tenaga kerja maupun analisis ekonomi secara rinci, sehingga efisiensi scenario usulan dievaluasi berdasarkan indicator operasional yang dihasilkan oleh simulasi, yaitu waktu dalam sistem, jumlah pelanggan yang dilayani, dan Tingkat utilitas sumber daya. Dengan demikian, Keputusan implementasi penambahan satu barista tetap perlu mempertimbangkan kemampuan finansial Perusahaan serta proyeksi peningkatan permintaan pelanggan.

Analisis Hasil Simulasi

Ketika semua model baik model sistem aktual dan model sistem usulan telah dilakukan dan mendapatkan hasil ouput yang cukup berbeda Berikut perbandingan Hasil Aktual dan Simulasi.

Tabel 13. Perbandingan Hasil sistem aktual dan Sistem Usulan

No	Keterangan	Model Sistem Nyata	Model Skenario Usulan	Perbandingan
1	Kasir	1	1	0
2	Barista	1	2	1
3	Total Exist	43	52	9
4	Average Time In System (Min)	43,19%	15,24%	27,95%
5	Average Time in Operation (Min)	10,63%	11,86%	1,23%

Berdasarkan analisis hasil dari Tabel 14 menunjukkan perbandingan hasil bahwa ketika model scenario usulan diberikan tambahan sumber daya pada barista dapat menghasilkan output yang lebih besar dari 43 menjadi 52 total exits kenaikan sebesar 9 output, sedangkan untuk *average time in system* (rata-rata waktu dalam sistem) mengalami pengurangan waktu sebesar 27,95% juga untuk *average time in operation* mengalami pengurangan sebesar 1,23% . Sehingga dengan memberikan usulan perbaikan dengan menambahkan barista dapat meningkatkan total exist dan mengurangi waktu tunggu pada proses pembuatan minuman oleh barista.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan pendekatan Simulasi ProModel berhasil mengidentifikasi barista sebagai titik kritis (*bottleneck*) sistem pelayanan Coffee Fore Cikini, dengan tingkat utilitas mencapai 98,18% yang menjadi penyebab utama tingginya waktu tunggu pelanggan.

Berdasarkan hasil evaluasi model simulasi sistem aktual, diketahui bahwa terdapat peluang perbaikan pada sistem pelayanan. Sehingga dilakukan penyusunan model simulasi berupa penyesuaian jumlah sumber daya pelayanan dan

kapasitas lokasi antrean. Skenario usulan dirancang untuk meningkatkan kemampuasistem dalam melayani pelanggan serta mengurangi waktutunggu tanpa menambah pemborosan sumber daya yang tidak diperlukan.

Hasil simulasi sistem usulan menunjukkan peningkatan performansi dibandingkan kondisi aktual. Skenario usulan terbukti mampu meningkatkan jumlah output pelanggan yang berhasil dilayani secara signifikan, serta menurunkan rata-rata waktu pelanggan berada dalam sistem secara drastis dibandingkan kondisi aktual. Penambahan sumber daya pada tahapan kritis juga terbukti efektif menyeimbangkan beban kerja antar proses, sehingga aliran pelanggan menjadi lebih lancar dan efektivitas pelayanan secara keseluruhan meningkat aktual sebesar 50,65% sedangkan untuk usulan sebesar 61,27%.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model simulasi dengan menggunakan periode pengamatan yang lebih Panjang dan jumlah data yang lebih banyak.
2. Penelitian berikutnya dapat mengevaluasi lebih banyak skenario perbaikan, seperti perubahan jumlah kasir maupun barista, pengaturan jadwal kerja, penambahan fasilitas layanan ataupun perubahan tata letak area.

REFERENSI

- Ahmad, Baihaqi, & Triwintoko. (2025). Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Dengan Metode Workload Indicator Staffing Need Dan Simulasi Tata Letak Menggunakan Software Promodel Pada Perancangan Tata Letak Fasilitas Area Receiving Gudang Ban B Di Pt. Ae. *Jurnal Sains Ilmu Teknologi Industri (JUSTIN)*, 5(1), 2807–9124.
- Amjath, M., Kerbache, L., Elomri, A., & Smith, J. M. G. (2024). Queueing network models for the analysis and optimisation of material handling systems: a systematic literature review. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 36(2), 668–709. <https://doi.org/10.1007/s10696-023-09505-x>
- Asizah, N., Lantara, D., & Pawennari, A. (2024). Analisis Sistem Antrian Dengan Menggunakan Simulasi Promodel Pada Poli Umum Puskesmas Minasa Upa Kota Makassar. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri & Manajemen*, 2(2), 58–67.
- Azmi, Febrina, W., Hafrida, E., Mesra, T., & Fitra. (2024). Analisis Antrian Pelayanan Kesehatan Pada Poli Umum Puskesmas X Kota Dumai Dengan Simulasi Promodel. *Jurnal Perangkat Lunak*, 6(3), 362–369.
- Bayhaqi, A. R. (2026). *Analisis dan Simulasi Sistem Produksi Bracket A RH Menggunakan Software Promodel pada PT. Sebastian Jaya Metal Plant Tegal*. 4(4), 28634–28644.
- Glynn, P. W. (2022). Queueing theory: past, present, and future. *Queueing Systems*, 100(3–4), 169–171. <https://doi.org/10.1007/s11134-022-09785-4>
- Hafizi, M., Hafiz, S. A., Sugiharto, B., Tosida, E. T., & Thalib, A. (2025). *Modeling Queue Length at The Toll Gate Using Promodel Before and After Ramp-Off Construction*. 6(1), 23–32.
- Herdiana, M. R., Elfantoro, I., Dewi, Y. I., & Kurniawan, I. (2025). Peningkatan Kapasitas Mesin Rubber Sheet Calendar Menggunakan Discrete Event Simulation: Studi Kasus di Industri Pengolahan Karet. *Jurnal Riset Dan Aplikasi Teknik Industri*, 3(01), 78–85. <https://doi.org/10.24843/jrati.2025.v03.i01.p11>
- Hilman, M., & Liyanti, D. (2021). Simulasi Model Antrian Dengan Metode Single Channel Multi Server Pada Midimarket Segar Tasikmalaya. *Jurnal Media Teknologi*, 8(1), 57–74. <https://doi.org/10.25157/jmt.v8i1.2644>
- Kendall, D. G. (2005). Some Problems in the Theory of Queues - Journal of the Royal Statistical Society. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 13(2), 151–185.
- Muchtar, D., Herdiansyah, F., & Gumelar, I. (2024). Simulasi Proses Produksi Kerupuk Kulit Dorokdok Pd . Abc Sukaregang – Garut Production Process Simulation Kerupuk Kulit Dorokdok Pd . Abc Sukaregang-Garut. *Jurnal Teknologika*, 14(1), 80–90. <https://doi.org/10.51132/teknologika.v14i1>
- Muchtar, D., Putra, D. A., & Ihsan, M. (2025). *Analisis Kapasitas Produksi dengan Pendekatan Promodel di PT Asahimas Flat Glass tbk*. 1(1), 1027–1033.
- Novitasari, V., Syaripuddin, S., & Amijaya, F. D. T. (2022). Simulasi Antrean Pelayanan Nasabah pada Bank Rakyat Indonesia (BRI) Unit Timbau Tenggarong menggunakan Aplikasi Promodel. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 1.
- Rafael, G., Widodo, L., & Adiinto. (2023). *Relayout Lantai Produksi Springbed Menggunakan Metode Corelap Serta Simulasi ProModel dan Flexim*. 11(2), 90–103.
- Sugioko, A., Hidayat, T., Chabella, C., Wenlicia, F., Khrisna Cahya Gulo, G., Hardianto, G., & Jeremiah, M. (2024). Optimasi waktu tunggu dengan simulasi sistem antrian pada gerai F&B. *Jurnal Teknik Industri Dan Manajemen Rekayasa*, 2(2), 81–93. <https://doi.org/10.24002/jtimr.v2i2.9854>
- Trenggonowati, D. L. (2017). Simulasi Sistem Proses Produksi Di Pt. Jakarta Cakratunggal Steel Mills. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(1), 36–46. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v4i1.462>
- Walton, N. (2022). Queueing: a perennial theory. *Queueing Systems*, 100(3–4), 557–559. <https://doi.org/10.1007/s11134-022-09758-7>