

Analisis Kinerja Distribusi Tempe UMKM Menggunakan *Discrete Event Simulation*: Studi Kasus Indragiri Hulu

^{1,*}Yelita Anggiane Iskandar, ²Ahmad Faisal Dahlan, ³Nanda Ruswandi, ⁴Syathirastra Sakhiyllani Rachman, ⁵Indriani Syafira, ⁶Army Wahyu Ramadhani, ⁷Fyinkha Vanessa Lumban Tobing

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Teknik Logistik, Universitas Pertamina, Jakarta

E-mail: ¹yelita.ai@universitaspertamina.ac.id, ²ahmad.fd@universitaspertamina.ac.id, ³nanda.ruswandi@universitaspertamina.ac.id, ⁴102423031@student.universitaspertamina.ac.id, ⁵102423032@student.universitaspertamina.ac.id, ⁶102423037@student.universitaspertamina.ac.id, ⁷102423034@student.universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

Sistem distribusi tempe pada usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) kerap menghadapi ketidakseimbangan kapasitas proses internal yang menyebabkan meningkatnya waktu tunggu dan penumpukan pesanan. Penelitian ini memodelkan dan menganalisis kinerja sistem distribusi tempe di Kabupaten Indragiri Hulu menggunakan pendekatan *Discrete Event Simulation* (DES). Model simulasi dikembangkan dengan perangkat lunak ProModel untuk merepresentasikan alur proses penerimaan pesanan, pengemasan, inspeksi, dan pengiriman sesuai kondisi operasional aktual. Analisis dilakukan pada skenario *baseline* dan satu skenario usulan dengan indikator kinerja berupa utilisasi lokasi, waktu tunggu, dan *work in process* (WIP). Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada skenario *baseline* terjadi *bottleneck* pada proses pengemasan yang ditandai oleh tingkat utilisasi lokasi yang sangat tinggi. Penerapan skenario usulan mampu mengurangi tekanan pada proses pengemasan serta memperbaiki distribusi beban kerja sistem, meskipun pemanfaatan kapasitas pada tahap inspeksi dan pengiriman masih relatif rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan DES efektif digunakan untuk mengidentifikasi hambatan sistem serta mengevaluasi alternatif perbaikan pada sistem distribusi tempe skala UMKM.

Kata kunci: Distribusi Produk Pangan, UMKM, *Discrete Event Simulation*, dan *Bottleneck*

ABSTRACT

The tempeh distribution system in micro, small, and medium enterprises (MSMEs) often faces imbalances in internal process capacity, leading to increased waiting times and order backlogs. This study aims to model and analyze the performance of the tempeh distribution system in Indragiri Hulu Regency using a *Discrete Event Simulation* (DES) approach. The simulation model was developed using ProModel software to represent the operational flow of order receiving, packaging, inspection, and delivery processes based on actual operating conditions. The analysis was conducted using a baseline scenario and one proposed improvement scenario, with performance indicators including location utilization, waiting time, and work in process (WIP). The simulation results indicate that in the baseline scenario a bottleneck occurs at the packaging process, characterized by a very high level of location utilization. The proposed scenario reduces the workload pressure on the packaging stage and improves the distribution of system workload, although capacity utilization in the inspection and delivery stages remains relatively low. These findings demonstrate that the DES approach is effective for identifying system bottlenecks and evaluating improvement alternatives in MSME-scale tempeh distribution systems.

Keyword: Food Product Distribution, MSMEs, Discrete Event Simulation, and Bottleneck

1. PENDAHULUAN

Sistem logistik merupakan sistem terintegrasi yang mengoordinasikan aliran barang, informasi, dan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara efektif dan efisien. Menurut Chopra dan Meindl (2016), kinerja sistem logistik tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas distribusi eksternal, tetapi juga oleh proses internal. Ketidakseimbangan aliran kerja dalam hal ini dapat menyebabkan peningkatan waktu tunggu, penumpukan barang dalam proses, serta penurunan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Usaha produksi tempe skala kecil dan menengah di Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau, merupakan contoh sistem logistik internal yang beroperasi dengan keterbatasan sumber daya. Proses operasional meliputi penerimaan pesanan, pengemasan, inspeksi kualitas, hingga persiapan pengiriman produk. Putra dan Silamat (2025) menyatakan bahwa meskipun struktur operasional usaha kecil relatif sederhana, keterbatasan tenaga kerja, fasilitas, dan waktu operasional sering menimbulkan kendala dalam kelancaran aliran proses internal.

Ivanov et al. (2020) menjelaskan bahwa perbedaan antara kondisi sistem yang direncanakan dan kondisi aktual dapat menimbulkan inefisiensi yang tidak mudah diidentifikasi tanpa pendekatan analitis. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi ideal (*das sollen*) dan kondisi aktual (*das sein*) dalam pengelolaan proses logistik internal.

Dalam kajian pemodelan dan simulasi sistem logistik, sistem produksi dan distribusi internal dipandang sebagai sistem yang dinamis yang terdiri dari entitas, sumber daya, dan aliran proses yang saling berinteraksi dari waktu ke

waktu. Bossel (2018) menyatakan bahwa pemodelan digunakan untuk merepresentasikan struktur sistem, sedangkan simulasi digunakan untuk menganalisis perilaku sistem dan mengevaluasi kinerjanya berdasarkan indikator tertentu. Pendekatan simulasi memungkinkan identifikasi potensi hambatan aliran proses tanpa harus mengganggu sistem nyata.

Penelitian terdahulu (Schweiger, et al., 2020) menunjukkan bahwa penerapan pemodelan dan simulasi dalam sistem logistik lebih banyak dilakukan pada sistem berskala besar, sementara penerapannya pada sistem logistik internal usaha pangan skala kecil masih relatif terbatas, salah satunya pada penelitian Dragic dan Sorak (2016). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penerapan pemodelan dan simulasi untuk merepresentasikan sistem logistik internal pada produksi tempe sesuai dengan kondisi operasional aktual. Model simulasi dikembangkan menggunakan perangkat lunak ProModel untuk mengevaluasi kinerja aliran proses internal serta mengidentifikasi titik kritis yang berpotensi menjadi hambatan, sehingga dapat mendukung perbaikan sistem yang lebih efisien dan seimbang.

2. LANDASAN TEORI

Simulasi dan Pemodelan Simulasi

Simulasi merupakan metode analisis yang digunakan untuk merepresentasikan dan mempelajari perilaku sistem nyata melalui model matematis maupun komputerisasi (Altiok dan Melamed, 2010). Dalam konteks sistem logistik dan distribusi, simulasi memungkinkan analisis sistem yang kompleks dengan mempertimbangkan ketidakpastian dan faktor acak, seperti variasi permintaan dan waktu perjalanan Ait Mamoun, et al., (2023).

Pemodelan sendiri merupakan proses penyusunan representasi sistem untuk memahami hubungan antarvariabel serta memprediksi kinerja sistem ketika kondisi tertentu diterapkan (Wetter, 2019). Dalam sistem distribusi barang, model simulasi dapat digunakan untuk memvisualisasikan interaksi antara berbagai elemen operasional, seperti kapasitas kendaraan, waktu pelayanan, dan jarak tempuh (Tako & Robinson, 2012).

Discrete Event Simulation

Discrete Event Simulation (DES) merupakan pendekatan pemodelan yang menggambarkan perubahan keadaan sistem sebagai rangkaian peristiwa diskret yang terjadi sepanjang waktu (Okatria dan Kusumastuti, 2024). Pendekatan ini banyak digunakan dalam bidang logistik dan manufaktur karena kemampuannya merepresentasikan sistem yang dinamis dan bersifat stokastik. Melalui DES, analisis terhadap komponen operasional seperti waktu pelayanan, antrean, dan utilisasi sumber daya dapat dilakukan secara lebih rinci (Green, 2006).

Penelitian oleh Bottani dan Casella (2024) menunjukkan bahwa penerapan DES dalam sistem logistik dan rantai pasok mampu meningkatkan efisiensi distribusi hingga 20% melalui pengurangan waktu tunggu pelanggan. Selain itu, DES memungkinkan pengujian berbagai skenario operasional untuk menentukan strategi yang paling efektif dalam menghadapi ketidakpastian permintaan dan waktu pengiriman (Bottani & Casella, 2024).

Dalam konteks distribusi perkotaan, DES telah dimanfaatkan untuk mengoptimalkan perencanaan dan penjadwalan armada truk guna meningkatkan efisiensi logistik (Lyu et al., 2023). Model simulasi yang dikembangkan mampu memprediksi dampak variasi permintaan dan kondisi

operasional terhadap kinerja distribusi. Selain itu, DES juga mendukung proses digitalisasi logistik dan integrasi dengan konsep Industri 4.0 dalam pengambilan keputusan berbasis data secara *real-time* (Supangkat et al., 2025).

Pada skala usaha kecil dan menengah (UKM), penggunaan DES memungkinkan identifikasi *bottleneck* serta evaluasi alternatif perbaikan proses distribusi tanpa mengganggu operasi aktual. Dengan demikian, DES menjadi alat analisis yang efektif untuk sistem dengan keterbatasan sumber daya namun menghadapi dinamika permintaan yang tinggi (Shofiudin et al., 2024; Alfarizi et al., 2026).

3. METODOLOGI

Industri tempe merupakan bagian penting dari sektor pangan nasional, khususnya dalam kategori usaha kecil dan menengah (UKM). Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik tahun 2023, lebih dari 90% produsen tempe di Indonesia beroperasi pada skala kecil hingga menengah dengan sistem produksi dan distribusi yang masih relatif sederhana dan banyak dilakukan secara manual. Kondisi ini menyebabkan berbagai kendala operasional, seperti keterbatasan armada distribusi, pengaruh kondisi cuaca, serta jarak pengiriman yang tersebar (Galih dan Sukmadewi, 2024).

Objek penelitian ini adalah UMKM tempe yang beroperasi di Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau, dengan satu lokasi produksi sebagai pusat aktivitas dan sejumlah toko sebagai titik akhir pemasaran. Berdasarkan aliran proses bisnis UMKM tempe yang ditunjukkan pada Gambar 1, perspektif sistem mencakup tahapan produksi (*production*), pengemasan (*packaging*), transportasi (*transport*), hingga pemasaran (*market*). Penelitian ini difokuskan pada tahapan produksi dan pengemasan karena kedua

proses tersebut berperan langsung dalam menentukan ketersediaan produk, kesiapan distribusi, serta kontinuitas pasokan tempe ke pasar. Sementara itu, tahapan transportasi dan pemasaran diasumsikan mengikuti pola operasional yang tetap dan berada di luar ruang lingkup pemodelan penelitian ini.



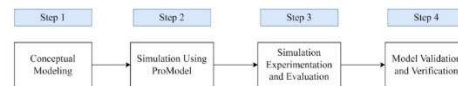
Gambar 1. Proses Bisnis Tempe

Pendekatan simulasi dapat dimanfaatkan untuk menganalisis berbagai alternatif strategi distribusi serta mengevaluasi pengaturan rute dan jadwal pengiriman yang lebih efisien. Lin et al. (2017) menunjukkan bahwa penerapan penjadwalan pengiriman berbasis simulasi mampu mengurangi tingkat keterlambatan sekaligus menurunkan biaya operasional. Oleh karena itu, penerapan DES dalam sistem distribusi tempe berpotensi meningkatkan efisiensi operasional, produktivitas, serta ketepatan waktu pengiriman produk.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh langsung dari pelaku usaha melalui wawancara terstruktur dan terdokumentasi. Data yang dikumpulkan meliputi permintaan harian setiap toko, jadwal dan waktu pengiriman, rute distribusi, kapasitas kendaraan, serta jam operasional. Seluruh data tersebut digunakan sebagai parameter input dalam model simulasi dan disesuaikan dengan kondisi aktual sistem distribusi.

Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi sistem nyata melalui pemetaan alur distribusi yang berjalan, mulai dari keberangkatan armada dari lokasi produksi hingga produk diterima di toko tujuan. Berdasarkan pemahaman tersebut, disusun sebuah *conceptual*

model yang merepresentasikan struktur sistem, hubungan antar komponen, serta alur proses distribusi. Model konseptual ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pembangunan model simulasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian dengan Simulasi ProModel

Model simulasi dibangun menggunakan perangkat lunak ProModel dengan pendekatan DES. Disini, entitas merepresentasikan produk tempe, lokasi merepresentasikan titik produksi dan toko tujuan, sedangkan *resources* merepresentasikan armada pengiriman. Logika proses mencakup aktivitas *loading*, perjalanan antar lokasi, *unloading*, serta kembalinya kendaraan ke lokasi awal, dengan waktu proses ditentukan berdasarkan data riil di lapangan.

Setelah pembangunan model, dilakukan tahap verifikasi untuk memastikan bahwa logika model dan alur proses sesuai dengan *conceptual model*. Proses verifikasi dilakukan dengan mengamati jalannya simulasi dan memeriksa urutan kejadian pada setiap entitas dan *resources*. Jika ditemukan ketidaksesuaian, model diubah hingga seluruh proses berjalan sesuai struktur sistem yang dirancang.

Tahap berikutnya adalah validasi, yang dilakukan dengan membandingkan *output* simulasi terhadap data aktual sistem. Parameter yang dibandingkan meliputi waktu pengantaran dan jumlah pengiriman. Model dianggap valid dan digunakan untuk eksperimen lebih lanjut apabila *output* simulasi menunjukkan kesesuaian dengan pola data aktual.

Eksperimen simulasi dilakukan dengan menjalankan model pada kondisi *existing* dan skenario usulan. Skenario dianalisis menurut indikator kinerja yang dipilih, yang mencakup rata-rata waktu pengantaran, pemanfaatan kendaraan (*vehicle utilization*), dan jumlah permintaan yang terpenuhi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemenuhan pesanan tempo dalam penelitian ini terdiri dari beberapa

tahapan, yaitu penerimaan pesanan dari pelanggan, pengemasan (*packing*), inspeksi kualitas, dan pengiriman produk. Pesanan diterima pada malam hari dan diproses secara bertahap hingga produk siap dikirim. Fokus pembahasan pada bagian ini diberikan pada kinerja proses internal, khususnya tahapan *packing* dan inspeksi, karena kedua proses tersebut berperan langsung dalam menentukan kecepatan dan ketepatan pemenuhan pesanan.

Tabel 1. Waktu Pemenuhan Pesanan Tempo dari *Customer*

Toko	Pesanan Masuk Online (menit)	Waktu Packing		Waktu Loading		Waktu Unloading		Waktu Tunggu Diantar (menit)	Pesanan Dikirim Ke Customer	
		Mulai (menit)	Selesai (menit)	Mulai (menit)	Selesai (menit)	Mulai (menit)	Selesai (menit)		Mulai (menit)	Selesai (menit)
1	19:00	22:00	22:02	04:00	04:03	05:05	05:07	57	05:00	05:05
2	19:04	22:02	22:05	04:03	04:06	05:09	05:11	61	05:07	05:09
3	19:05	22:05	22:07	04:06	04:08	05:13	05:15	63	05:11	05:13
4	19:07	22:07	22:09	04:08	04:11	05:19	05:21	64	05:15	05:19
5	19:10	22:09	22:11	04:11	04:13	05:24	05:26	68	05:21	05:24
6	19:12	22:11	22:13	04:13	04:16	05:29	05:31	70	05:26	05:29
7	19:14	22:13	22:16	04:16	04:19	05:33	05:34	72	05:31	05:33
8	19:18	22:16	22:18	04:19	04:22	05:36	05:37	72	05:34	05:36
9	19:24	22:18	22:22	04:22	04:26	05:40	05:41	71	05:37	05:40
10	19:30	22:22	22:25	04:26	04:30	05:45	05:47	71	05:41	05:45
11	19:33	22:25	22:28	04:30	04:34	05:58	06:00	73	05:47	05:58
12	19:46	22:28	22:30	04:34	04:37	06:06	06:07	83	06:00	06:06
13	19:57	22:30	22:33	04:37	04:40	06:11	06:13	87	06:07	06:11
14	20:03	22:33	22:36	04:40	04:43	06:21	06:22	90	06:13	06:21
15	20:17	22:36	22:39	04:43	04:47	06:24	06:26	95	06:22	06:24
16	20:31	22:39	22:41	04:47	04:49	06:31	06:33	97	06:26	06:31
17	20:34	22:41	22:44	04:49	04:52	06:41	06:43	101	06:33	06:41
18	20:48	22:44	22:47	04:52	04:54	06:46	06:47	109	06:43	06:46
19	20:51	22:47	22:50	04:54	04:57	06:49	06:51	110	06:47	06:49
20	20:58	22:50	22:51	04:57	05:00	06:53	06:57	111	06:51	06:53

Berdasarkan Tabel 1, pesanan pelanggan mulai masuk pada rentang pukul 19.00-20.58, sementara proses pengemasan baru dimulai sekitar pukul 22.00. Selisih waktu antara pesanan masuk dan dimulainya proses *packing*

menimbulkan waktu tunggu (*waiting time*) sebelum pesanan dapat diproses, yang tercatat berada pada rentang 57-111 menit. Waktu tunggu cenderung meningkat seiring bertambahnya jumlah pesanan, sehingga pesanan yang datang

lebih akhir harus menunggu lebih lama, mengindikasikan terjadinya akumulasi antrean dalam sistem.

Kondisi ini menunjukkan bahwa laju kedatangan pesanan lebih cepat dibanding kemampuan sistem untuk memulai proses *packing*, sehingga tahap ini tidak mampu segera merespons seluruh pesanan yang masuk. Keterbatasan kapasitas pada proses *packing* menyebabkan antrean terbentuk dan memperpanjang waktu tunggu sebelum pesanan mencapai tahap inspeksi. Dengan demikian, proses *packing* berperan sebagai titik hambatan awal (*upstream bottleneck*) dalam sistem pemenuhan pesanan. Dampak keterbatasan ini kemudian memengaruhi tahapan berikutnya, bukan karena proses inspeksi atau pengiriman lambat, melainkan karena aliran pesanan tertahan sejak tahap pengemasan. Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama dalam sistem pemenuhan pesanan tempe terletak pada ketidakseimbangan kapasitas proses *packing* terhadap volume pesanan yang masuk.

Tabel 2. Data *Customer* dan *Demand* Harian Tempe

<i>Customer</i>	<i>Demand</i>	<i>Customer</i>	<i>Demand</i>
Toko 1	15	Toko 11	18
Toko 2	15	Toko 12	14
Toko 3	18	Toko 13	15
Toko 4	14	Toko 14	17
Toko 5	16	Toko 15	14
Toko 6	14	Toko 16	14
Toko 7	15	Toko 17	15
Toko 8	15	Toko 18	20
Toko 9	20	Toko 19	15
Toko 10	16		

Berdasarkan Tabel 2, sistem pemenuhan pesanan tempe melayani 19 pelanggan (toko) dengan permintaan harian bervariasi antara 14-20 kemasan tempe, sehingga total permintaan mencapai 300 kemasan per hari. Distribusi permintaan relatif merata dan tidak didominasi oleh satu pelanggan, sehingga beban sistem lebih dipengaruhi oleh jumlah total pesanan daripada

lonjakan permintaan ekstrem. Selain permintaan tercatat, produsen juga menyiapkan *safety stock* untuk mengantisipasi pesanan mendadak dari pelanggan lokal maupun langganan, yang secara tidak langsung menambah beban proses internal.

Dalam praktik operasional, proses pembuatan tempe membutuhkan waktu fermentasi sekitar dua hari, sehingga produk yang diproses pada suatu hari, tidak dapat langsung didistribusikan pada hari yang sama. Untuk menjaga ketersediaan produk setiap hari, aktivitas produksi dilakukan secara berkelanjutan dengan pola tumpang tindih (*overlapping production*), dimana beberapa *batch* tempe berada pada tahapan fermentasi yang berbeda secara bersamaan. Pola ini memungkinkan pemenuhan permintaan harian yang relatif konsisten, namun juga menuntut sistem pemrosesan lanjutan yang stabil dan seimbang.

Model simulasi dibangun dengan mendefinisikan elemen-elemen utama sistem sebagai beberapa *Locations* yang merepresentasikan tahapan operasional pemenuhan pesanan tempe. *Locations* ini mencakup titik masuk pesanan, proses pengemasan, inspeksi, hingga pengiriman produk keluar dari sistem, serta lokasi pendukung untuk sirkulasi keranjang. Pendefinisian *Locations* bertujuan memastikan bahwa alur proses dalam simulasi sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Rincian *Locations* yang digunakan dalam model simulasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Location

<i>Name</i>	<i>Cap</i>	<i>Units</i>
Pesanan_Tempe	INF	1
Packaged_Tempe	INF	1
Packing_Table	1	1

Inspect_Tempe	INF	1
Inspector	1	1
Shipping_Tempe	INF	1
Shipping	1	1
Keranjang_Tempe	INF	1

Selanjutnya, aliran dalam sistem direpresentasikan oleh beberapa *entities* yang mencerminkan kondisi pesanan, kemasan, serta sarana pendukung selama proses berlangsung. Setiap *entity* bergerak antar *Locations* dengan kecepatan yang sama dan dicatat menggunakan statistik *time series*, sehingga perubahan kondisi sistem dapat diamati sepanjang jalannya simulasi. Penggunaan berbagai jenis *entities* mencakup *Empty_Packaged*, *Pesanan*, *Finished_Packaged*, *Empty_Keranjang*, dan *Full_Keranjang*, memungkinkan model menangkap interaksi antar elemen sistem secara lebih realistis.

Pola kedatangan *entities* ke dalam sistem diatur melalui mekanisme *arrival*. *Entities* pesanan dan kemasan masuk ke sistem secara kontinu dengan distribusi eksponensial, mencerminkan ketidakpastian waktu kedatangan pesanan dan ketersediaan kemasan dalam kondisi nyata. Sementara itu, *entities* keranjang dimunculkan secara terbatas dan digunakan secara berulang sebagai fasilitas pendukung proses operasional.

Alur aktivitas yang dijalani setiap *entity* dalam sistem dikendalikan melalui *process logic*, yang menggambarkan urutan kegiatan mulai dari penggabungan pesanan dan kemasan pada tahap *packing*, pemeriksaan pada tahap inspeksi, hingga pengiriman produk. Pada tahapan ini, nilai *Work in Process* (WIP) meningkat saat pesanan masuk ke sistem dan menurun ketika produk selesai diproses dan keluar dari sistem. Alur proses ini

memungkinkan identifikasi titik penumpukan (*bottlenecks*) dan keterlambatan yang terjadi selama simulasi.

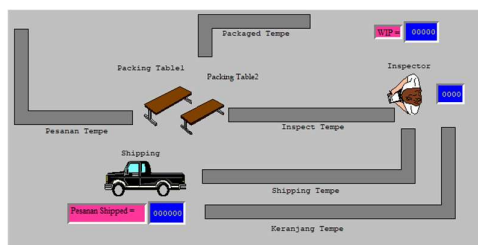
Untuk memantau kinerja sistem selama simulasi, digunakan beberapa variabel, yaitu WIP dan *Pesanan_Shipped*. Variabel WIP merepresentasikan jumlah *entities* yang berada di dalam sistem pada suatu waktu tertentu, sedangkan *Pesanan_Shipped* mencatat jumlah pesanan yang berhasil diselesaikan dan dikirim keluar dari sistem. Kedua variabel dicatat menggunakan statistik *time series*.

Output simulasi ProModel pada skenario *baseline* pada Gambar 3 menunjukkan bahwa lokasi *Packaged_Tempe* memiliki tingkat keterisian sangat tinggi, dengan *part occupied* sebesar 99,97%. Hal ini mengindikasikan bahwa hampir sepanjang simulasi lokasi tersebut aktif dan digunakan secara terus-menerus, mencerminkan penumpukan aliran *entities* pada tahap pengemasan sehingga proses *packing* berperan sebagai titik pembatas utama dalam sistem. Sebaliknya, lokasi *Inspect_Tempe*, *Shipping_Tempe*, dan *Keranjang_Tempe* menunjukkan dominasi kondisi kosong dengan persentase masing-masing sebesar 80,99%, 98,43%, dan 97,93%, menunjukkan bahwa kapasitas pada tahap inspeksi dan pengiriman belum dimanfaatkan secara optimal. Lokasi *Pesanan_Tempe* memiliki tingkat keterisian sebesar 60,19%, yang menunjukkan bahwa kedatangan pesanan berlangsung cukup aktif namun tidak mengalami penumpukan berlebih. Dengan demikian, permasalahan utama pada skenario *baseline* terletak pada ketidakseimbangan kapasitas proses *packing*, yang menyebabkan antrean dan meningkatnya waktu tunggu pesanan, konsisten dengan data aktual.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity
Shipping Boxes Unlimited_MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (DAY)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
Pesanan Tempe	5,00	39,81	60,19	0,00	0,00
Packaged Tempe	5,00	0,03	99,97	0,00	0,00
Inspect Tempe	5,00	80,99	19,01	0,00	0,00
Shipping Tempe	5,00	98,43	1,57	0,00	0,00
Keranjang Tempe	5,00	97,93	2,07	0,00	0,00
Loc1	5,00	100,00	0,00	0,00	0,00

Gambar 3. Output Promodel Baseline

Pada skenario usulan (Gambar 4), terjadi perubahan pola keterisian lokasi yang menunjukkan perbaikan aliran sistem. Tingkat *part occupied* pada lokasi *Packaged Tempe* menurun menjadi 74,85% (Gambar 5), mengindikasikan bahwa beban kerja pada tahap pengemasan berkurang secara signifikan dibandingkan dengan skenario *baseline*. Penurunan ini menunjukkan bahwa kapasitas proses *packing* menjadi lebih seimbang dengan aliran pesanan yang masuk, sehingga tekanan pada titik pengemasan berkurang. Namun demikian, penurunan utilisasi pada *Packaged Tempe* diikuti oleh meningkatnya kondisi kosong pada lokasi *Inspect Tempe* dan *Shipping Tempe*, dengan persentase masing-masing sebesar 96,11% dan 99,49%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun hambatan pada tahap pengemasan berhasil dikurangi, aliran *entities* menuju tahapan berikutnya masih relatif rendah. Selain itu, lokasi *Pesanan Tempe* juga menunjukkan peningkatan persentase kondisi kosong menjadi 71,36%, menandakan bahwa entitas pesanan lebih cepat meninggalkan lokasi awal dan tidak lagi mengalami penumpukan pada tahap kedatangan.



Gambar 4. Layout Usulan

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa skenario *usulan* berhasil mengurangi *upstream bottleneck* pada proses *packing*, meskipun pemanfaatan kapasitas pada tahapan inspeksi dan pengiriman masih perlu ditingkatkan untuk mencapai aliran sistem yang lebih optimal.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity
Shipping Boxes Unlimited_SKWN 2.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (DAY)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
Pesanan Tempe	5,00	71,36	28,64	0,00	0,00
Packaged Tempe	5,00	25,15	74,85	0,00	0,00
Inspect Tempe	5,00	96,11	3,89	0,00	0,00
Shipping Tempe	5,00	99,49	0,51	0,00	0,00
Keranjang Tempe	5,00	99,32	0,68	0,00	0,00
Loc1	5,00	100,00	0,00	0,00	0,00

Gambar 5. Output Promodel Usulan

Secara komparatif, hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario *usulan* memberikan perbaikan signifikan terhadap permasalahan utama penelitian, yaitu tingginya waktu tunggu pesanan akibat keterbatasan kapasitas proses *packing*. Pada skenario *baseline*, tingkat keterisian *Packaged Tempe* yang sangat tinggi menunjukkan penumpukan pesanan sebelum diproses, yang secara langsung berkorelasi dengan meningkatnya waktu tunggu pesanan sebagaimana teridentifikasi pada analisis data awal.

Pada skenario *usulan*, penurunan tingkat keterisian di lokasi *Packaged Tempe* mengindikasikan bahwa peningkatan kapasitas proses *packing* mampu mengurangi antrean dan memperlancar aliran pesanan. Dengan demikian, hasil simulasi ProModel tidak hanya menunjukkan perubahan kinerja internal sistem, tetapi juga menjawab permasalahan operasional yang menjadi fokus penelitian, yaitu upaya mengurangi waktu tunggu dan kemacetan pada tahap pengemasan.

Meskipun demikian, simulasi juga menunjukkan bahwa pemanfaatan kapasitas pada tahap inspeksi dan pengiriman masih relatif rendah pada kedua eksperimen. Hal ini mengindikasikan bahwa perbaikan pada

satu tahapan proses saja belum sepenuhnya mengoptimalkan kinerja sistem secara menyeluruh. Dengan demikian, skenario *usulan* dinilai lebih efektif dibanding *baseline* dalam mengurangi *bottleneck* pada tahap *packing*, namun masih membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk mencapai keseimbangan aliran proses di keseluruhan sistem.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini memodelkan dan menganalisis sistem distribusi tempe pada UMKM di Kabupaten Indragiri Hulu menggunakan pendekatan *Discrete Event Simulation* (DES) dengan perangkat lunak ProModel. Model simulasi dibangun berdasarkan kondisi operasional aktual, mencakup proses penerimaan pesanan, pengemasan, inspeksi, dan pengiriman, dengan tujuan mengevaluasi kinerja aliran proses internal serta mengidentifikasi hambatan utama dalam sistem distribusi tempe.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada skenario *baseline*, proses pengemasan (*packing*) menjadi titik pembatas utama yang menyebabkan terbentuknya antrean dan meningkatnya waktu tunggu pesanan. Penerapan skenario *usulan* berhasil mengurangi tekanan pada tahap pengemasan dan memperbaiki aliran sistem, meskipun pemanfaatan kapasitas pada tahap inspeksi dan pengiriman masih relatif rendah. Dengan demikian, DES terbukti efektif sebagai alat analisis untuk mengidentifikasi *bottleneck* dan mengevaluasi alternatif perbaikan sistem distribusi tempe pada UMKM secara sistematis dan terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Ait Mamoun, K., Hammadi, L., El Ballouti, A., Novaes, A. G., & Souza de Cursi, E. (2023). Modeling uncertain travel times in distribution logistics. *Applied Sciences*, 13(20), 11242.
- Alfarizi, A., Ningsih, D. A., & Al Fahri, F. (2026). Discrete Event Simulation untuk Analisis Sistem Antrian Konsumen Outlet Mixue Simpang Tuntungan. *REMIK: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 10(1), 261-271.
- Altioik, T., & Melamed, B. (2010). *Simulation modeling and analysis with Arena*. Elsevier.
- Bossel, H. (2018). *Modeling and simulation*. AK Peters/CRC Press.
- Bottani, E., & Casella, G. (2024). Discrete-event simulation in logistics and supply chain management: a scientometric perspective. *Production & Manufacturing Research*, 12(1), 2415038.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management-Strategy, Planning, and Operation 6th Edition*.
- Dragic, M., & Sorak, M. (2016). Simulation for improving the performance of small and medium sized enterprises. *International Journal of Simulation Modelling*, 15(4), 597-610.
- Galih, S. A. M., & Sukmadewi, R. (2024). Optimalisasi Alur Distribusi: Memperlancar Efisiensi Melalui Daftar Harga Pengiriman Dan Moda Transportasi Yang Strategis. *Ecobisma (Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Manajemen)*, 11(1), 77-86.
- Green, L. (2006). Queueing analysis in healthcare. In *Patient flow: reducing delay in healthcare delivery* (pp. 281-307). Boston, MA: Springer US.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper

- motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904-2915.
- Kelton, W. D. (2016). Methodological expectations for studies using computer simulation. *Journal of Business Logistics*, 37(2), 82-86.
- Lin, C. K. Y., Ling, T. W. C., & Yeung, W. K. (2017). Resource allocation and outpatient appointment scheduling using simulation optimization. *Journal of healthcare engineering*, 2017(1), 9034737.
- Lyu, Z., Pons, D., Palliparampil, G., & Zhang, Y. (2023). Optimising urban freight logistics using discrete-event simulation and cluster analysis: a stochastic two-tier hub-and-spoke architecture approach. *Smart Cities*, 6(5), 2347-2366.
- Okatria, L. A., & Kusumastuti, R. D. (2024). Analisis kinerja sistem produksi pada industri produsen tahu bandung dengan pendekatan simulasi event diskrit: Studi kasus pada Tahu Bandung ALN. *Jurnal Inovasi Pangan dan Gizi*, 1(1), 8-20.
- Putra, M. F. M., & Silamat, E. (2025). *Manajemen Operasi untuk UMKM*. PENERBIT KBM INDONESIA.
- Schweiger, G., Nilsson, H., Schoegg, J., Birk, W., & Posch, A. (2020). Modeling and simulation of large-scale systems: A systematic comparison of modeling paradigms. *Applied Mathematics and Computation*, 365, 124713.
- Shofiudin, M., Aini, S. A. U. N., Ihsan, M. S., Wibowo, R. A. T., & Rolliawati, D. (2024). Discrete Event Simulation untuk Analisis Pelayanan Bisnis Kuliner (Studi Kasus: Gacoan Merr). *JITU: Journal Informatic Technology And Communication*, 8(1), 63-72.
- Supangkat, S. H., Dani, A. A. H., Latifah, A., Ramdani, D., Anggara, D. W., Lubis, F. F., ... & Eriyadi, M. (2025). *Digital Twin for Smart X: Menyatukan Dunia Fisik dan Digital untuk Solusi Cerdas*. PT. Multimedia Solusi Prima.
- Tako, A. A., & Robinson, S. (2012). The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. *Decision support systems*, 52(4), 802-815.
- Wetter, M. (2019). A view on future building system modeling and simulation. In *Building performance simulation for design and operation* (pp. 631-656). Routledge.