



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/index>

JURMATIS

Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri



Analisis Simulasi Antrian Produksi Beton pada Mesin Spinning di PT. ABC Menggunakan *Software Arena*

Robi Hardiyansah^{*1}, Saufik Luthfianto²

robihardiyansah@gmail.com^{*1}, saufikluthfianto@upstegal.ac.id²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Pancasakti Tegal

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 12 – Juli - 2025

Revised : 13 – Agustus - 2025

Accepted : 25 – Agustus - 2025

Keywords :

Arena Software, Concrete Production, Queue, Spinning Machine

Abstract

PT. ABC is a company engaged in manufacturing precast concrete products. However, during production, the spinning stacking process causes disruptions due to queue buildup, resulting in longer production times. The spinning process distributes concrete strength and compacts concrete using a centrifugal system. This study aims to develop a queue model for the spinning process line using Arena simulation and evaluate queue reduction scenarios. In the first improvement proposal, adjustments reduce waiting time to the machine take four minutes. Machine 2 takes one and three minutes. Within the moment change proposition, by including one generation line. In second improvement proposal, by adding one production line, waiting time further decreases to 2 minutes for machine 1 and 0.65 minutes for machine 2. These simulation results demonstrate the effectiveness of optimizing production lines to reduce queuing delays. The findings provide valuable insights into queue modeling and process improvement in precast concrete production using simulation techniques. This study contributes to the understanding of queue management and operational efficiency in manufacturing environments, specifically within the spinning process of concrete production.

Abstrak

PT. ABC bergerak di dalam industri manufaktur dengan spesialisasi pada pembuatan beton pracetak. Namun pada proses produksinya langkah pengerjaan *spinning* terjadi penumpukan mengakibatkan terganggunya proses produksi yaitu terjadinya antrian, akibatnya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produksi menjadi lebih panjang. Proses produksi saat langkah pengerjaan *spinning* digunakan untuk mendistribusi kekuatan beton dan memadatkan beton dengan sistem sentrifugal. Studi ini bertujuan untuk memperoleh alternatif skenario antrian yang dapat meningkatkan efisiensi yang optimal pada langkah pengerjaan *spinning*. Hasil yang didapatkan pada model awal arena terdapat antrian yang memakan waktu sebesar 34 menit, untuk waktu tunggu antrian pada mesin 1 yaitu sebesar 34 menit, sedangkan pada mesin 2 sebesar 6 menit. Pada model usulan perbaikan 1 didapatkan waktu tunggu antrian pada mesin 1 yaitu sebesar 4 menit dan mesin 2 sebesar 3 menit. Untuk model usulan perbaikan 2 didapat antrian 2 menit untuk mesin 1 dan untuk mesin 2 sebesar 0,65 menit. Penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang model analisis simulasi antrian.

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format:
R. Hardiyansah and S. Luthfianto, "Analisis Simulasi Antrian Produksi Beton pada Mesin Spinning di PT. ABC Menggunakan Software Arena," *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.,* vol. 7, no. 2, pp. 153–167, 2025.



1. Pendahuluan

Efisiensi dalam proses produksi menjadi salah satu faktor penentu utama dalam meningkatkan produktivitas serta daya saing perusahaan manufaktur. Dalam praktik industri, setiap tahapan produksi perlu dirancang dengan cermat untuk meminimalkan hambatan yang dapat mengganggu alur kerja. Salah satu hambatan yang sering dihadapi adalah sistem antrian yang tidak dikelola secara efektif. Antrian yang tidak terkendali dapat menimbulkan penumpukan pekerjaan, keterlambatan dalam penyelesaian produk, serta menyebabkan pemborosan waktu dan sumber daya lainnya [1]. Kondisi ini dapat berdampak langsung pada menurunnya kualitas layanan dan kepuasan pelanggan. Seiring meningkatnya permintaan pasar, perusahaan dituntut untuk mampu merespons secara cepat dan tepat. Kepuasan pelanggan menjadi prioritas utama yang tidak dapat diabaikan, mengingat pelanggan masa kini cenderung menilai produk tidak hanya dari kualitas, tetapi juga dari ketepatan waktu pengiriman [2]. Di era modern ini, waktu merupakan komoditas penting dalam proses produksi dan distribusi [3]. Oleh karena itu, pengelolaan antrian yang efisien tidak hanya membantu meningkatkan efektivitas operasional, tetapi juga menjadi strategi penting dalam mempertahankan loyalitas pelanggan dan memenangkan persaingan pasar.

Antrian merupakan salah satu aktivitas yang berpotensi menyita waktu secara signifikan dalam proses produksi [4]. Untuk mengatasi permasalahan ini, penerapan simulasi sistem antrian menjadi metode yang efektif dalam menganalisis serta mengevaluasi kinerja operasional produksi. Antrian bisa disebut juga kumpulan nasabah yang menunggu giliran untuk dilayani oleh satu atau lebih fasilitas layanan dalam suatu proses pelayanan [5]. Dalam sistem antrian, sejumlah orang atau barang ditempatkan dalam urutan tertentu untuk menunggu sesuai urutan kedatangan [6]. Rangkaian proses antrian melibatkan masuknya pelanggan ke sistem, menunggu berdasarkan aturan disiplin antrian, dan keluar dari sistem setelah menerima layanan [7]. Proses ini dapat menghambat aliran produksi, menurunkan efektivitas mesin, serta meningkatkan waktu tunggu dan biaya operasional. Sistem antrian ini terdiri dari komponen utama seperti pelanggan, pelayan, dan prosedur pelayanan yang mengelola waktu kedatangan serta proses layanan [8].

Arena adalah perangkat lunak simulasi berbasis Windows yang dikembangkan oleh Rockwell Software Inc dan terdiri dari sejumlah modul blok (*block modules*) sebagai komponen utamanya [9]. Dalam penelitian ini, Arena akan digunakan untuk memodelkan sistem antrian pada proses produksi mesin spinning di PT. ABC. Pemilihan Arena dibandingkan software simulasi lainnya didasarkan pada keunggulannya dalam efisiensi pemodelan, antarmuka yang intuitif (UI/UX), serta fleksibilitas dalam mengintegrasikan

data input-output secara langsung. Simulasi sendiri merupakan metode untuk memproyeksikan proses dalam suatu sistem menggunakan komputer, yang dibangun berdasarkan asumsi-asumsi tertentu dan kemudian dijalankan secara virtual [10]. Melalui simulasi, perusahaan dapat mengidentifikasi titik kemacetan dan mengeksplorasi solusi perbaikan tanpa mengganggu proses aktual di lapangan [11]. Dalam penelitian ini, plug in dan modul utama Arena seperti *Process Module*, *Create Module*, *Dispose Module*, dan *Record Module* akan digunakan untuk membangun model antrian dan mengukur parameter kinerja, seperti waktu tunggu dan tingkat utilisasi sumber daya. Selain itu, fitur *Arena Input Analyzer* akan dimanfaatkan untuk menganalisis distribusi data waktu proses dan waktu antar kedatangan, sehingga model yang dibangun lebih akurat dan sesuai dengan kondisi nyata. Melalui pendekatan ini, berbagai skenario operasional dapat diuji untuk melihat dampaknya terhadap waktu tunggu dan output produksi [12]. Analisis berbasis simulasi ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih komprehensif, didukung oleh data empiris dan evaluasi yang objektif [13].

PT. ABC yang bergerak di sektor manufaktur beton pracetak, baik jenis centrifugal maupun non-centrifugal. Produk yang dihasilkan meliputi tiang pancang, PC Poles, PC Pipes, PC Cylinder Pile, PC Wall, bantalan rel dan beton jembatan. Seluruh proses produksi dijalankan melalui kombinasi penggunaan mesin dan tenaga kerja manusia. Salah satu tahapan penting adalah proses *spinning*, yang bertujuan untuk memadatkan tiang pancang dan menghilangkan gelembung udara di dalamnya. Namun, jika terjadi antrian pada tahap ini, alur produksi dapat terganggu, efektivitas mesin menurun, serta waktu tunggu dan biaya operasional meningkat. Proses ini dilakukan dengan mesin yang menghasilkan gaya sentrifugal [14]. Antrian ini dapat menghambat aliran produksi, menurunkan efektivitas mesin, serta meningkatkan waktu tunggu dan biaya operasional [15].

Studi pendahulu menunjukkan bahwa simulasi antrian menggunakan Arena berhasil mengefisiensi waktu tunggu dan meningkatkan kinerja proses produksi pada berbagai konteks industri. Analisis sistem antrian pada proses *log cutting* menemukan bahwa dua mesin yang digunakan memiliki rata-rata waktu kedatangan kayu log sebesar 0,4192 menit (minimum 0,2519 menit; maksimum 0,6118 menit), dengan rata-rata waktu tunggu 2,0815 menit dan puncaknya mencapai 4,3298 menit. Penerapan skenario ketiga, penambahan satu lini produksi terbukti mampu meminimalkan antrian dan memperlancar alur proses [10]. Studi lain pada pelayanan *Mixue Ice Cream and Tea* di Kota Serang mencatat total waktu tunggu 7.215 detik, atau rata-rata 510,59 detik per pelanggan, dengan rata-rata nomor tunggu 2,2371 dan utilisasi sumber daya sebesar 0,95, yang menunjukkan kasir beroperasi hampir

pada kapasitas penuh [16]. Hal ini mengindikasikan risiko penumpukan antrian, sehingga dibutuhkan strategi peningkatan kapasitas atau penambahan sumber daya. Pada studi produksi *brake drum coupling*, skenario penambahan satu mesin bubut dan satu mesin bor mengubah konfigurasi menjadi 3-2-1-1 mampu meningkatkan output dari 23 menjadi 26 unit/jam, menurunkan *lead time* dari 4,99 menjadi 4,80 jam, serta mengurangi antrian di stasiun bubut dari 2,72 menjadi 0,78 unit/jam, meskipun utilisasi peralatan sedikit menurun [17]. Selain itu, studi analisis risiko di Unit Rangka Bawah mengidentifikasi 11 risiko (5 rendah, 4 sedang, 2 tinggi) dan merekomendasikan penerapan kontrol berupa penggunaan APD sesuai SOP, pengendalian administratif (pengecekan alat, penjadwalan kerja, pelatihan), serta *engineering control* (penataan alat dan penambahan penerangan) sebagai strategi efektif untuk meminimalkan risiko dan mendukung kelancaran operasional. Berbeda dari penelitian terdahulu, studi ini secara spesifik menyoroti simulasi antrian pada satu titik kritis dalam proses produksi, yaitu mesin *spinning* elemen vital dalam pencapaian target output harian perusahaan [18].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan analisis sistem antrian pada lini produksi spinning dengan mengevaluasi berbagai skenario yang terjadi selama proses pada mesin tersebut. Fokus utama diarahkan pada penyusunan rekomendasi berbasis hasil pemodelan dan simulasi yang mampu meningkatkan efisiensi sistem antrian serta mengoptimalkan waktu proses produksi secara keseluruhan. Pemodelan dilakukan dengan mempertimbangkan parameter operasional yang relevan, seperti waktu pelayanan, kedatangan, kapasitas, dan pola penggunaan mesin, sehingga dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Hasil simulasi digunakan untuk mengidentifikasi potensi hambatan, seperti penumpukan antrian atau pemanfaatan mesin yang kurang optimal, serta menguji dampak perubahan yang diusulkan, misalnya penyesuaian jumlah sumber daya, modifikasi urutan kerja, atau perbaikan tata letak. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya memberikan gambaran kinerja sistem antrian dalam kondisi eksisting, tetapi juga memproyeksikan hasil dari penerapan strategi perbaikan yang telah dirancang. Melalui analisis menyeluruh, penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang konkret, terukur, dan aplikatif, yang pada akhirnya membantu perusahaan dalam meningkatkan produktivitas, mengurangi waktu tunggu, serta memaksimalkan pemanfaatan fasilitas produksi pada lini mesin spinning.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif menggunakan metode simulasi menggunakan perangkat lunak Arena simulasi untuk menganalisis terjadinya antrian pada proses mesin *spinning* produk beton, dengan menggunakan 2 rancangan simulasi antrian menggunakan perangkat lunak arena simulasi [19]. Dalam studi ini, data yang pakai yaitu data waktu kedatangan cetakan beton saat langkah *spinning* pada mesin pertama dan mesin kedua. Setelah itu data diolah menggunakan perangkat lunak arena guna melakukan analisis simulasi antrian.

2.2 Populasi dan Sampel

Studi ini dengan populasi pada proses mesin *spinning* semua produk beton yang diproduksi di PT. ABC selama periode bulan Maret 2025. Proses produksi ini mendata semua variasi produk. Proses pengambilan data sampel yang diteliti yaitu sejumlah 30 sampel dengan pengamatan secara langsung [20] di PT. ABC pada bulan Maret 2025.

2.3 Instrumen Penelitian

Pengembangan instrumen penelitian melibatkan dua primer pendekatan, diantaranya pengumpulan data primer kemudian data sekunder [21]. Didapat data primer melalui observasi terhadap aktivitas produksi secara langsung guna mencatat waktu kedatangan, jumlah unit yang menunggu di mesin *spinning*, waktu proses setiap unit, kapasitas mesin. Selain observasi, wawancara terstruktur dengan operator mesin, pengawas produksi, dan staf perencanaan digunakan untuk menggali informasi tambahan yang tidak tercatat secara formal, seperti hambatan teknis yang sering terjadi serta kebijakan operasional yang memengaruhi aliran produksi. Data sekunder diperoleh dari dokumentasi internal perusahaan, termasuk laporan produksi harian, catatan jadwal kerja mesin, dan data historis terkait waktu proses. Informasi ini digunakan untuk melengkapi dan memverifikasi hasil pengamatan di lapangan. Seluruh data yang terkumpul kemudian diolah dan dimasukkan ke dalam perangkat lunak simulasi Arena [22].

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan identifikasi permasalahan di lapangan melalui observasi terhadap proses produksi beton pracetak, khususnya pada mesin *spinning* di PT. ABC. Observasi ini bertujuan untuk memahami alur kerja, mengenali titik-titik kemacetan dalam sistem antrian, serta mencatat data waktu yang dibutuhkan dalam setiap tahapan proses [23]. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder yang diperlukan untuk membangun model simulasi. Data primer dikumpulkan dengan wawancara terstruktur

dan observasi langsung dengan pihak terkait di perusahaan, seperti operator dan supervisor produksi. Data sekunder didapat dari data internal perusahaan, seperti laporan produksi, jadwal kerja, dan rekап waktu proses sebelumnya. Setelah data terkumpul, tahap berikutnya adalah pemodelan sistem antrian menggunakan perangkat lunak Arena. Proses ini meliputi pembangunan model yang merepresentasikan kondisi aktual proses antrian pada mesin *spinning*, dengan parameter-parameter input berdasarkan data lapangan [24]. Model kemudian diuji untuk memastikan tidak terjadinya *error* sistem. Setelah model tervalidasi, dilakukan simulasi seperti perubahan jumlah mesin guna mengevaluasi dampak terhadap waktu tunggu serta efisiensi alur produksi secara keseluruhan [25].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Produksi dan Distribusi Data

Pengamatan di lapangan proses pembuatan beton mempunyai proses tahapan produksi yaitu proses, pembukaan produk, pembersihan cetakan dan pelumasan cetakan, kemudian perakitan tulangan, pengadukan beton, pengecoran dan spinning. Penelitian ini berfokus pada proses antrian dalam langkah penggerjaan *spinning*. Didapatkan data waktu kedatangan cetakan beton, kedatangan di mesin 1 dan mesin 2 (Tabel 1).

Tabel 1. Waktu dan Proses Produksi

Waktu	Proses	(Menit)	Waktu	Proses	(Menit)
0	20	25	14	23	21
12	24	21	12	26	24
12	21	20	14	21	21
14	20	20	12	20	20
12	22	24	14	20	21
14	25	23	12	22	21
12	20	21	14	26	23
14	20	25	12	25	24
12	24	24	14	21	20
14	23	22	12	24	20
12	22	23	14	22	23
14	22	24	12	20	22
12	21	21	14	24	22
14	24	23	12	21	21
12	25	25	14	22	24

(Sumber: Olah Data, 2025)

Data waktu kedatangan yang telah diperoleh kemudian dianalisis dalam *input analyzer* dalam *software* arena guna menentukan distribusi serta probabilitas data waktu kedatangan [26]. Distribusi data terhadap waktu kedatangan, terlihat adanya perbedaan pola distribusi pada masing-masing entitas. Untuk Rak Kedatangan, distribusi yang paling sesuai adalah

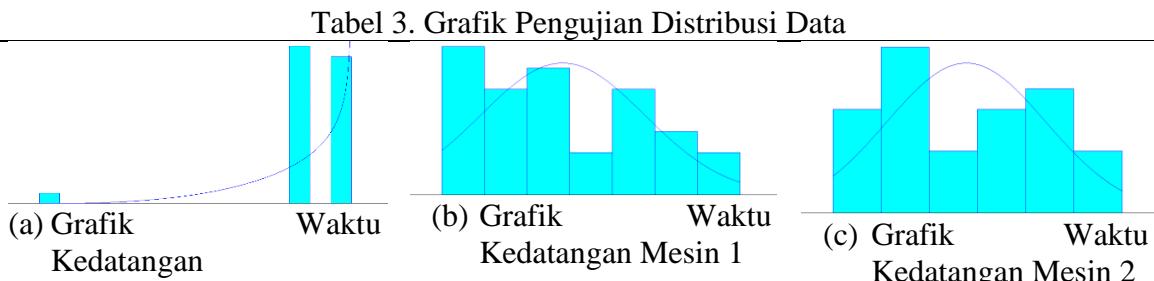
Beta dengan parameter $BETA(3.39; 0.716)$. Data menunjukkan nilai rata-rata sebesar 12,05 dengan standar deviasi 2,57, serta rentang data antara 0 hingga 14. Uji *Chi-Square* menghasilkan *Test Statistic* 12,06 dengan nilai $p = 0,005$, yang berarti distribusi Beta cukup tepat menggambarkan pola kedatangan, meskipun tingkat kesalahan (*Square Error*) relatif tinggi yaitu 0,203987. Hal ini menandakan bahwa variasi kedatangan masih cukup berfluktuasi, namun tetap bisa dimodelkan dengan distribusi Beta sebagai representasi yang mendekati realitas sistem (Tabel 2, Tabel 3).

Untuk Mesin 1, distribusi data paling sesuai adalah Normal (22,3; 1,92) dengan rata-rata data empiris 22,03 dan standar deviasi sekitar 0,108. Hasil uji *Chi-Square* memperlihatkan *Test Statistic* 0,252 dengan nilai $p = 0,1347$, lebih besar dari taraf signifikansi 5%. Artinya, distribusi normal dapat diterima sebagai representasi yang valid untuk waktu antar kedatangan di Mesin 1. Tingkat kesalahan (*Square Error*) juga relatif kecil yaitu 0,036002, sehingga dapat disimpulkan bahwa performa distribusi normal cukup akurat untuk menggambarkan pola data. Histogram pengujian dengan rentang 19,5–26,5 dan 7 interval juga mendukung kesesuaian pola sebaran normal ini. Sementara itu, Mesin 2 juga menunjukkan pola distribusi Normal (22,3; 1,65) dengan rata-rata empiris 22,03 dan deviasi standar 0,089. Hasil uji *Chi-Square* menampilkan *Test Statistic* 0,3083 dengan p -value 0,00918, yang berada di bawah taraf signifikansi 5%. Hal ini mengindikasikan ada perbedaan signifikan antara data aktual dengan distribusi yang dipilih, meskipun *Square Error* tercatat sangat kecil (0,00918) yang biasanya menandakan tingkat kecocokan tinggi. Rentang histogram berada pada 19,5–25,5 dengan 6 interval, sehingga masih cukup mendekati pola normal (Tabel 2, Tabel 3).

Tabel 2. Distribusi Data Terhadap Waktu Kedatangan

Distribusi Summary Rak	Kedatangan	Mesin 1	Mesin 2
<i>Distribution</i>	<i>Beta</i>	<i>Normal</i>	<i>Normal</i>
<i>Expression</i>	$BETA(3.39, 0.716)$	$NORM(22.3, 1.92)$	$NORM(22.3, 1.65)$
<i>Chi Square Test</i>			
<i>Square Error</i>	0.203987	0.036002	0.00918
<i>Number of Interval</i>	4	4	4
<i>Degree of Freedom</i>	1	1	1
<i>Test Statistic</i>	12.06	0.252083333	0.308333333
<i>Corresponding p-value</i>	0.005	0.134722222	0.00918
<i>Number of data points</i>	30	30	30
<i>Min Data Value</i>	0	20	20
<i>Max Data Value</i>	14	26	25
<i>Sample Mean</i>	12.05	22.03	22.03
<i>Sample Std Dev</i>	2.57	0.107638889	0.088888889

<i>Histogram Test</i>		
<i>Histogram Range</i>	-5 to 14.5	19.5 to 26.5
<i>Number of Interval</i>	15	7
(Sumber: Olah Data, 2025)		



(Sumber: Olah Data, 2025)

3.2 Desain Simulasi

Data pada produksi proses pada mesin *spinning* yang sudah dianalisis berdasarkan alur lini produksi dan jenis distribusinya. Simulasi menggunakan modul-modul pemodelan yang disediakan *software* arena pada kegiatan produksi PT. ABC (Tabel 4).

Sistem yang digunakan oleh Sistem yang digunakan oleh PT. ABC, menggunakan 2 mesin *spinning* cetakan beton dengan 2 *output* permesin yang sedang beroperasi, tiap-tiap mesin mempunyai kapasitas memutar cetakan beton sejumlah 10 unit produk perhari dengan waktu kerja 8 jam perhari. Setelah melakukan verifikasi model arena, berikut merupakan *output* dari simulasi arena (Table 4, gambar (a)). Waktu tunggu durasi antrian mesin 1 yaitu sebesar 34 menit, sedangkan pada mesin 2 yaitu sebesar 6 menit. Pada *resources* waktu tunggu maksimal saat proses antrian produksi pada mesin *spinning* yaitu sebesar 1 menit dengan waktu tunggu minimumnya 0 menit. Didapat rata-rata *number utilization* sebesar 0,592 menit.

Usulan perubahan perbaikan kedua, adanya tambahan mesin *spinning* sebanyak 3 unit mesin yang digunakan guna mengurangi proses antrian dan dapat terjadi di mesin 1 dan mesin 2. Menggunakan *record output* di tiap keluaran dan *cycle time* tiap-tiap mesin hingga memudahkan diketahui data *output* yang diperoleh pada tiap mesin *spinning* (Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6).

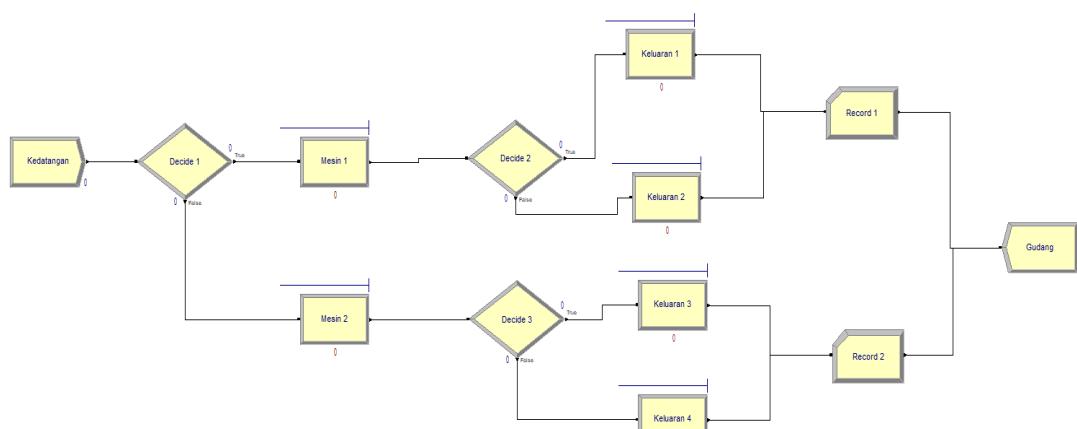
Perbedaan signifikan antara kondisi eksisting dan hasil replikasi usulan. Pada kondisi eksisting, waktu tunggu paling tinggi terjadi pada Keluaran 2.Queue sebesar 71,98 jam dengan jumlah antrean rata-rata 1,35 orang, diikuti Keluaran 1.Queue dengan 68,52 jam dan 0,95 orang. Mesin 1 juga masih menunjukkan beban antrian dengan waktu tunggu 34,57 jam meski jumlah antrian relatif kecil (0,39 orang). Namun, pada replikasi pertama terjadi penurunan drastis, misalnya pada Keluaran 1.Queue yang turun menjadi 4,89 jam dan 0,91

orang, serta Keluaran 2.Queue menjadi hanya 3,46 jam dengan antrean 0,32 orang. Replikasi kedua semakin memperlihatkan perbaikan karena waktu tunggu hampir mendekati nol, terutama pada Keluaran 2.Queue yang tinggal 0,01 jam tanpa antrean. Kondisi ini mengindikasikan bahwa usulan model perbaikan berhasil menurunkan *bottleneck* secara signifikan di titik keluaran maupun mesin (Tabel 5, Tabel 6).

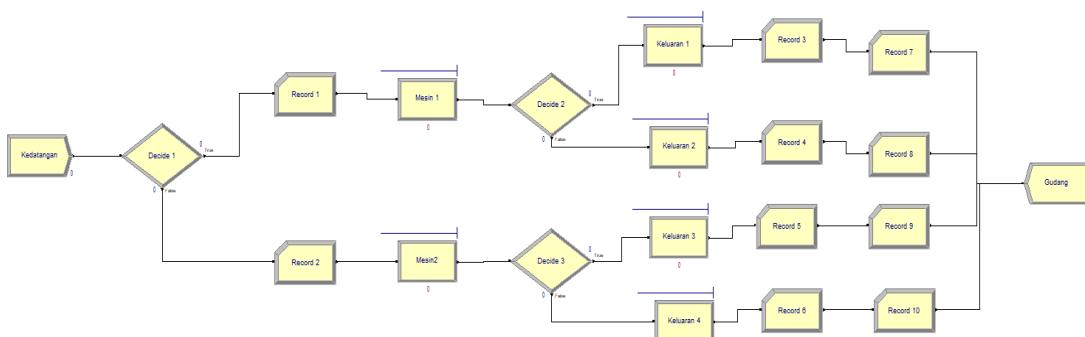
Efisiensi penggunaan sumber daya (*resources*). Pada model awal simulasi, baik *Resource 1* maupun *Resource 2* memiliki tingkat utilisasi mendekati penuh (0,9994 atau 99,94%) dengan jumlah sibuk (*Num Busy*) sama dengan 0,9994 dan beban tanggungan (*Num Seized*) 11 kali. Hal ini mengindikasikan kapasitas hampir jenuh dan berpotensi menciptakan antrian panjang. Pada model usulan perbaikan pertama, peningkatan jumlah *resource* terlihat signifikan. *Resource 1* hingga *Resource 3* memiliki utilisasi penuh (100%) dengan jumlah tanggungan masing-masing 20 kali, sementara *Resource* tambahan lain juga menunjukkan utilisasi tinggi, misalnya *Resource 4* dan *5* sebesar 0,99 dan *Resource 6* sebesar 0,98. Namun, terdapat variasi pada *Resource 7* dengan utilisasi hanya 0,57, mengindikasikan adanya alokasi yang lebih longgar untuk menyeimbangkan beban kerja (Tabel 5, Tabel 6).

Pada model usulan perbaikan kedua, terlihat pergeseran strategi dengan penurunan tingkat utilisasi agar lebih seimbang antar *resource*. Utilisasi pada *Resource 1* hingga 3 rata-rata berada di kisaran 0,61 (61%), dengan beban tanggungan antara 10–12 kali, sementara *Resource 4* dan *5* berada pada kisaran 0,59–0,58 dengan tanggungan 9–10 kali. Kondisi ini berbeda jauh dari model awal yang terlalu jenuh. *Resource 6* turun menjadi 0,52 dengan beban hanya 5 kali, sedangkan *Resource 7* bahkan berada di angka 0,00 (tidak aktif). Perubahan ini menunjukkan strategi redistribusi beban yang lebih merata antar *resource*, meskipun sebagian kapasitas dibiarkan *idle* untuk menghindari kepadatan ekstrem. Dengan demikian, model perbaikan kedua berhasil menciptakan keseimbangan utilisasi dan mengurangi risiko *bottleneck*, meskipun dengan konsekuensi adanya *resource* yang kurangermanfaatkan (Tabel 5, Tabel 6).

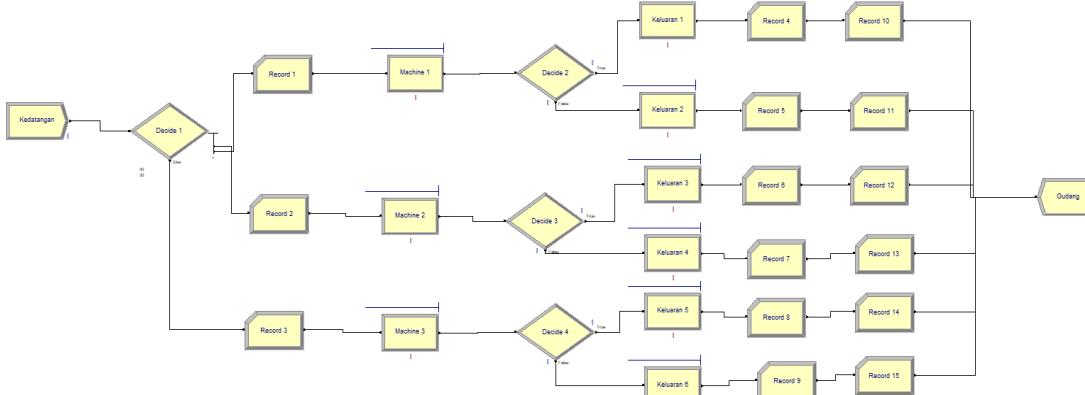
Tabel 4. Desain Simulasi



(a) Model Awal Simulasi



(b) Model Arena Usulan Perbaikan 1



(c) Model Arena Usulan Perbaikan 2

(Sumber: Olah Data, 2025)

Tabel 5. Replikasi Terhadap Parameter Menunggu

Queue	Replikasi Eksisting		Replikasi 1		Replikasi 2	
	Waiting Time	Number Waiting	Waiting Time	Number Waiting	Waiting Time	Number Waiting
Keluaran 1	68.52	0.95	4.89	0.91	5.1	0.13
Keluaran 2	71.98	1.35	3.46	0.32	0.01	0
Keluaran 4	63.07	0	8.94	0	0	0
Mesin 1	34.57	0.39	4.19	1.1	2.4	0.12
Mesin 2	6.47	1.08	3.35	1.25	0.65	0

(Sumber: Olah Data, 2025)

Tabel 6. *Resource* Terhadap Parameter Penjadwalan

Resource	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
Model Awal Simulasi					
Resource 1	0.9994	0.9994	1	11	0.9994
Resource 2	0.9994	0.9994	1	11	0.9994
Model Arena Usulan Perbaikan 1					
Resource 1	1	1	1	20	1
Resource 2	1	1	1	20	1
Resource 3	1	1	1	20	1
Resource 4	0.99	0.99	1	18	0.99
Resource 5	0.99	0.99	1	18	0.99
Resource 6	0.98	0.98	1	14	0.98
Resource 7	0.57	0.57	1	8	0.57
Model Arena Usulan Perbaikan 2					
Resource 1	0.61	0.61	1	10	0.61
Resource 2	0.61	0.61	1	10	0.61
Resource 3	0.61	0.61	1	12	0.61
Resource 4	0.59	0.59	1	10	0.59
Resource 5	0.58	0.58	1	9	0.58
Resource 6	0.52	0.52	1	5	0.52
Resource 7	0	0	1	2	0

(Sumber: Olah Data, 2025)

Simulasi antrian pada proses produksi beton dengan mesin spinning menggunakan Arena menunjukkan adanya *bottleneck* serius pada kondisi awal. Keluaran 2.*Queue* memiliki waktu tunggu rata-rata 71,98 jam dengan antrean 1,35 orang, sementara Keluaran 1.*Queue* mencapai 68,52 jam. Setelah dilakukan perbaikan, waktu tunggu turun drastis; pada Replikasi 1, Keluaran 2.*Queue* hanya 3,46 jam dengan antrean 0,32 orang, dan pada Replikasi 2 hampir hilang (0,01 jam, antrean nol). Hasil ini membuktikan bahwa usulan model mampu memperlancar aliran produksi dan mengurangi keterlambatan. Analisis *resource* juga menegaskan perbaikan. Pada kondisi awal, *Resource* 1–2 bekerja hampir penuh (99,94%) sehingga berpotensi menimbulkan antrian. Usulan perbaikan pertama meningkatkan kapasitas, dengan *Resource* 1–3 mencapai utilisasi 100% dan beban hingga 20 kali, meskipun *Resource* 7 hanya 57%. Perbaikan kedua menghasilkan utilisasi lebih seimbang, rata-rata 61% pada *Resource* 1–3, kisaran 58–59% pada *Resource* 4–5, dan 52% pada *Resource* 6, sedangkan *Resource* 7 tidak aktif. Kondisi ini menurunkan risiko *bottleneck* meski menyisakan kapasitas *idle*. Distribusi kedatangan memperlihatkan bahwa Rak Kedatangan mengikuti distribusi Beta(3.39; 0.716) dengan rata-rata 12,05 dan deviasi 2,57, meskipun uji *Chi-Square* memberi *p-value* 0,005. Mesin 1 dan 2 mengikuti distribusi normal dengan rata-rata 22,03; pada Mesin 2, *p-value* 0,00918 menunjukkan perbedaan signifikan, tetapi *square error* kecil (0,00918) mendukung pemakaian distribusi normal.

Distribusi ini memperkuat dasar statistik simulasi, sehingga hasil lebih representatif dalam menggambarkan variasi kedatangan pada sistem produksi beton (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil Simulasi PT. ABC

Aspek	Hasil Simulasi PT. ABC
Waktu tunggu dan antrian	Keluaran 2. <i>Queue</i> eksisting 71,98 jam (1,35 orang) → turun ke 3,46 jam (0,32) pada Perbaikan 1, dan 0,01 jam (0) pada Perbaikan 2.
Mesin 1 dan mesin 2	Mesin 1 menunggu 34 menit, Mesin 2 hanya 6 menit. Kapasitas berbeda memicu <i>bottleneck</i> .
Resource utilization	Kondisi awal 99,94% (R1–2) → Perbaikan 1 mencapai 100% (R1–3) meski R7 rendah (57%) → Perbaikan 2 lebih merata (61% rata-rata).
Strategi perbaikan	Perbaikan 1: optimasi <i>cycle time</i> meningkatkan output tanpa menambah mesin. Perbaikan 2: tambah 3 mesin, <i>bottleneck</i> hilang.
Distribusi kedatangan	Rak: Beta(3.39; 0.716), mean 12,05 (p=0,005). Mesin 1–2: Normal, mean 22,03 (p=0,134 & 0,00918).

(Sumber: Olah Data, 2025)

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa waktu tunggu pada mesin 1 adalah 34 menit, sementara pada mesin 2 hanya 6 menit, mereplikasi pola yang ditemukan pada literatur terkait parallel machine scheduling, di mana perbedaan kapasitas proses menghasilkan distribusi antrian yang tidak merata. Studi Ruiz-Torres et al. meneliti masalah penjadwalan pada mesin paralel yang tidak identik dan menemukan bahwa ketidaksesuaian kapasitas dapat berdampak signifikan terhadap waktu tunggu dan beban kerja mesin [1]. Namun, studi ini juga menemukan bahwa nilai rata-rata *resource utilization* hanya sebesar 0,592, lebih rendah dibandingkan hasil penelitian sebelumnya yang mendapati nilai hingga 0,75. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh konfigurasi lini produksi yang menerapkan dua mesin spinning dengan kapasitas terbatas, sehingga beban kerja terdistribusi tidak merata [2]. Penambahan parameter *cycle time* dalam model perbaikan 1 menunjukkan peningkatan kapasitas output tanpa perlu menambah jumlah mesin, hal ini sejalan dengan strategi optimasi waktu siklus yang banyak dibahas dalam literatur scheduling heuristik dan metaheuristik. Sementara itu, model perbaikan 2 yang melibatkan penambahan tiga unit mesin spinning berhasil mengurangi waktu tunggu secara signifikan. Hasil ini mendukung temuan dalam domain komputasi awan, di mana replikasi tugas (menambahkan redundansi) di beberapa server dapat menurunkan latensi, dengan catatan bahwa redundansi berlebih bisa meningkatkan total beban sumber daya, strategi yang perlu dikelola dengan cermat berdasarkan distribusi waktu layanan [3].



4. Kesimpulan

Studi ini membuktikan bahwa simulasi menggunakan Arena dapat menjadi alat analisis efektif dalam mengidentifikasi bottleneck, menguji skenario perbaikan, serta mengevaluasi utilisasi *resource* pada produksi beton. Hasil simulasi kondisi awal dengan keluaran 2.Queue 71,98 jam/1,35; perbaikan 1: 3,46 jam/0,32; perbaikan 2: 0,01 jam/0. *Resource* awal 99,94%, usulan seimbang 61%. Distribusi: Beta(3,39;0,716), Normal(22,03), menunjukkan bahwa perbaikan tata letak dan distribusi *resource* mampu menurunkan waktu tunggu hingga lebih dari 90%, sekaligus menciptakan keseimbangan kerja antar mesin. Kontribusi penelitian ini terhadap literatur adalah memberikan bukti empiris bahwa integrasi simulasi antrian dengan analisis distribusi kedatangan dapat menghasilkan keputusan perbaikan yang lebih akurat dan terukur dalam konteks industri manufaktur beton.

Daftar Pustaka

- [1] M. Z. Hermanto, I. Pratiwi, T. Tamalika, and I. Husin, “Analisis sistem antrian dengan metode simulasi,” *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 7, no. 1, 2019.
- [2] A. Miskiyah and F. Pulansari, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Ayam Utuh pada PT XYZ dengan Metode Statistical Quality Control (SQC),” *JURMATIC (Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri)*, vol. 7, no. 1, pp. 59–74, 2025.
- [3] A. Sugioko *et al.*, “Optimasi waktu tunggu dengan simulasi sistem antrian pada gerai F&B,” *Jurnal Teknik Industri dan Manajemen Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 81–93, 2024.
- [4] K. A. Makhrudy, “Usulan Perbaikan Sistem Pelayanan Pada Antrian Kasir Alfamidi Gkb Menggunakan Simulasi Software Arena,” *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, vol. 4, no. 2, pp. 166–173, 2024.
- [5] H. N. Al-Kholis, E. Nursanti, and T. Priyasmanu, “Analisis Sistem Antrian Pada Proses Pelayanan Konsumen di Rumah Makan,” *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, 2018.
- [6] E. Indra, S. Aminatunnisa, D. M. S. Sembiring, Y. Gultom, and E. Matondang, “Penerapan Metode Monte Carlo Untuk Simulasi Sistem Antrian Service Sepeda Motor Berbasis Web,” *Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 77–84, 2019.
- [7] G. Basuki *et al.*, “Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV) Surabaya,” 2024.
- [8] D. Nurmala and M. Akbar, “Penggunaan metode FIFO pada real-time monitoring antrian pendaftaran pasien puskesmas berbasis web,” *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 39–49, 2023.

- [9] A. Firdaus, R. Bagus I, M. I. Romadhoni, and D. Andesta, "Usulan Perbaikan Sistem Pelayanan Di Gerai Makan Mie Gacoan Dengan Menggunakan Software Arena," *JUSTI*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [10] M. N. I. Alfarizi and D. Andesta, "Analisis Simulasi Antrian Pada Proses Produksi Mesin Cutting di PT. Gloster Furniture Menggunakan Software Arena," *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, vol. 4, no. 1, pp. 17–22, 2023.
- [11] F. Mulyana, S. Sugiono, and I. P. Tama, "Redesign Layout Workstation Proses Injection Molding Berdasarkan Workload Analysis Dan Proses Simulasi Pada Pembuatan Komponen LCDTV," *JEMIS (Journal of Engineering & Management in Industrial System)*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [12] U. K. Umam and S. Luthfianto, *Prosiding Seminar Teknik Industri "Sistem Pemasaran Produk Home Industri diEra Digital"* SNaTIPs Perancangan Troli Sebagai Alat Bantu Angkut Galon Air Dengan Metode Antropometri.
- [13] O. A. W. Riyanto, "Simulasi Model Sistem Kerja Pada Departemen Injection Untuk Meminimasi Waktu Work-In-Process," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 15, no. 1, pp. 69–78, 2016.
- [14] F. F. Hanafi, "Pengaruh Kecepatan, Tekanan Cetakan, Dan Waktu Putar Pada Mesin Spin Casting Terhadap Kualitas Dan Keberhasilan Produk," 2021.
- [15] Fuad Dwi Hanggara and R. D. E. Putra, "Analisis Sistem Antrian Pelanggan SPBU Dengan Pendekatan Simulasi Arena," *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 6, no. 2, pp. 155–162, Dec. 2020, doi: 10.30656/intech.v6i2.2543.
- [16] S. Safitri, L. Perdananda, I. Nabilah, R. M. Azani, and M. J. Shofa, "Penerapan Model Simulasi Antrian Single Channel Singlephase Pada Antrian Pelayanan Mixue Ice Cream & Tea," *Metode: Jurnal Teknik Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 205–216, 2024.
- [17] T. A. R. Arungpadang, "Simulasi Sistem Manufaktur Studi Kasus: Proses Produksi Brake Drum Coupling," *Jurnal Tekno Mesin*, vol. 1, no. 3, 2015.
- [18] G. Basuki *et al.*, "Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV) Surabaya," 2024.
- [19] T. M. Redha, "Analysis of The Application of Lean Distribution on Urea Fertilizer Products in Minimizing Waste with Arena Simulation (Case Study: PT. Pupuk Iskandar Muda, North Aceh)," *Edy Fradinata*, p. 1, doi: 10.23917/jiti.v23i2.7581.
- [20] M. Marwan, S. Indrawan, I. Ismail, and A. Mayanda, "Analisa Produktivitas Divisi Produksi Pada Pt Jaya Tech Palmindo Dengan Menggunakan Metode Objective Matrix (OMAX)," *Jurnal ARTI (Aplikasi Rancangan Teknik Industri)*, vol. 17, no. 2, pp. 128–135, 2022.
- [21] M. F. Ismail, S. Rahayuningsih, and A. Komari, "Penentuan Waktu Standar dan Jumlah Tenaga Kerja Optimal pada Bagian Winding Primercurrent Transformer

(Travo Arus)," *JURMATIS (Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020.

- [22] R. Setyaningrum and P. N. Sari, "Organic waste management based on supply chain management using arena simulation and macro ergonomics approach," *OPSI*, vol. 16, no. 2, pp. 217–224, 2023.
- [23] D. M. R. D. U. Meminimalkan, "JATI UNIK," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Universitas Kadiri*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [24] A. S. M. E. Dias *et al.*, "Utilization of the Arena simulation software and Lean improvements in the management of metal surface treatment processes," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 140–147. doi: 10.1016/j.procs.2022.08.017.
- [25] V. Belvedere, F. Cuttaia, M. Rossi, and L. Stringhetti, "Mapping wastes in complex projects for Lean Product Development," *International Journal of Project Management*, vol. 37, no. 3, pp. 410–424, 2019.
- [26] S. M. Zahraee, R. Esrafilian, R. Kardan, N. Shiwakoti, and P. Stasinopoulos, "Lean construction analysis of concrete pouring process using value stream mapping and Arena based simulation model," *Mater Today Proc*, vol. 42, pp. 1279–1286, 2021.

