

## Simulasi Sistem Produksi Robochop Dasar dengan ARENA: Alternatif Skenario Pengembangan

### *Basic Robochop Production System Simulation with ARENA: Alternative Development Scenarios*

Lasman Parulian Purba<sup>1✉</sup>, Desrina Yusi Irawati<sup>2</sup>, Lusi Mei Cahya Wulandari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika, Surabaya, Indonesia

[ukdcitlasman@gmail.com](mailto:ukdcitlasman@gmail.com)<sup>1</sup>, [desrina.yusi@gmail.com](mailto:desrina.yusi@gmail.com)<sup>2</sup>, [lusi.mei19@gmail.com](mailto:lusi.mei19@gmail.com)<sup>3</sup>

#### Penulis Korespondensi✉

Lasman Parulian Purba, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika, Indonesia

<i>Submission</i>	<i>Accepted</i>	<i>Published</i>
09/01/2026	04/02/2026	24/02/2026

#### *Abstract*

*The research gap that this study aims to fill is: increasing the reliability of the previously created simulation model and adopting a representation of uncertainty in the Basic Robochop production process time. This study analyzes the production process time of one basic Robochop unit using ARENA software-based simulation. The Basic Robochop (seven units) is modeled using an activity cycle diagram representing the arrival of its components based on historical data. The model then integrates the components into the production process until completion. The time between the arrival of 50 components of one Basic Robochop product is modeled with a random EXPO(1) minute, the 50 components are then assembled in the Basic Robochop production process which is modeled based on historical data of the previous manufacture of 7 Robochops with one worker, namely 129 + EXPO(1,380) minutes. The model produces a square error value of around 3%. The optimal number of replications obtained was 1,833, after five initial replications were carried out randomly. The simulation results show a decrease in process time from 24,670 minutes to 1,096 minutes in the alternative scenario.*

**Keywords:** ARENA, components of Robochop, production process, Basic Robochop, simulation.

### Abstrak

*Research gap* yang hendak ditutup oleh penelitian ini yaitu: meningkatkan reliabilitas dari model simulasi yang telah dibuat sebelumnya dan mengadopsi representasi ketidakpastian waktu proses produksi Robochop Dasar. Penelitian ini menganalisis waktu proses produksi satu unit Robochop dasar menggunakan simulasi berbasis perangkat lunak ARENA. Robochop Dasar (tujuh unit) dimodelkan menggunakan diagram *activity cycle* yang merepresentasikan kedatangan komponen-komponennya berdasarkan data historis. Model tersebut kemudian mengintegrasikan komponen-komponen tersebut ke dalam proses produksi hingga selesai. Waktu antar kedatangan 50 buah komponen penyusun satu produk Robochop Dasar dimodelkan dengan *random EXPO(1)* menit, ke-50 komponen lalu dirakit dalam proses produksi Robochop Dasar yang dimodelkan berdasarkan data historis pembuatan 7 buah Robochop sebelumnya dengan pekerja satu orang yaitu  $129 + EXPO(1.380)$  menit. Model menghasilkan nilai *square error* sekitar 3%. Jumlah replikasi yang baik ditemukan mencapai 1.833 setelah secara acak awalnya memakai 5. Hasil simulasi menunjukkan penurunan waktu proses dari 24.670 menit menjadi 1.096 menit pada skenario alternatif.

**Kata Kunci:** ARENA, komponen Robochop, proses produksi, Robochop Dasar, simulasi.



Copyright © 2025, Lasman Parulian Purba,  
Desrina Yusi Irawati, Lusi Mei Cahya  
Wulandari



10.30738/st.vol12.no1.a21785

## Pendahuluan

Penelitian ini dilaksanakan sebagai pengembangan lebih lanjut dari kajian yang telah dilakukan oleh penulis dan dipublikasikan pada artikel sebelumnya (Purba et al., 2025). Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan industri kreatif (INKRE), khususnya subsektor kuliner yang merupakan salah satu dari enam belas subsektor industri kreatif menurut Badan Ekonomi Kreatif Indonesia (Badan Ekonomi Kreatif Indonesia, 2026; Purba et al., 2020). Evaluasi terhadap produk hasil penelitian ini berpotensi memberikan dampak terhadap peningkatan produktivitas pada skala lokal.

Pada subsektor kuliner, material yang dipindahkan umumnya berupa makanan, minuman, serta peralatan pendukung yang telah dipesan oleh pelanggan dan harus diantarkan ke meja tujuan. Proses pengantaran tersebut umumnya melalui jalur operasional yang relatif tetap, baik pada restoran, kedai kopi, maupun kafe. Material yang ditangani pada umumnya memiliki massa relatif ringan, yaitu tidak lebih dari 1 kg, sehingga secara teknis memungkinkan untuk ditangani oleh sistem otomatis berbasis robot.

Industri kreatif menuntut tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi dalam proses produksinya, termasuk pada aktivitas *material handling*. Hingga saat ini, sebagian besar aktivitas *material handling* pada subsektor kuliner masih dilakukan oleh tenaga manusia. Namun demikian, pada pekerjaan pemindahan material yang bersifat berulang dan

terstandar, robot cenderung menunjukkan tingkat konsistensi dan kestabilan kinerja yang lebih tinggi dibandingkan manusia (Purba et al., 2021).

Simulasi dan pemodelan sistem dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan berbasis data historis, yaitu menggunakan rata-rata waktu proses dari tujuh data historis pembuatan tujuh unit Robochop Dasar sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Pendekatan ini digunakan untuk merepresentasikan karakteristik operasional sistem produksi secara lebih realistis dalam model simulasi yang dikembangkan.

Tabel 1 . Rataan Waktu Pembuatan 1 Robochop Dasar (RD) (Purba et al., 2021)

No	Rataan Waktu Produksi	
	(Detik)	(Menit)
1	61.714,29	1.028,57
2	144.000	2.400,00
3	9.000	150,00
4	8.700	145,00
5	324.000	5.400,00
6	7.800	130,00
7	7.795	129,92

Simulasi sistem produksi Robochop Dasar selanjutnya dianalisis berdasarkan empat aspek utama yang berkaitan dengan keluaran simulasi, yaitu: (1) analisis verifikasi dan validasi model, (2) analisis tipe model simulasi (terminating dan non-terminating), (3) analisis penentuan jumlah replikasi, serta (4) analisis statistik untuk membandingkan kinerja (performansi) sistem pada berbagai skenario yang diuji (Siswanto et al., 2018). Selain itu, konfigurasi tujuh stasiun kerja, yaitu S–A–B–I–U–C–K, dibandingkan dengan konfigurasi lima stasiun kerja A–B–C–D–E (Purba et al., 2024), khususnya dalam kemampuannya mengakomodasi karakteristik proses stokastik (acak) pada sistem produksi Robochop Dasar. Penelitian ini merupakan kelanjutan dan pengembangan dari studi yang telah dilakukan sebelumnya (Purba et al., 2021; 2025).

*State-of-the-art* (SOTA) penelitian yang berkaitan dengan kata kunci “ARENA”, “*production process*”, “*simulation*”, “*basic processes*”, dan “Robochop” pada basis data Scopus (melalui API) per 2 Desember 2025 dianalisis menggunakan Publish or Perish versi 8.18.5252.9447 dan VOSviewer versi 1.6.19 beserta Manual VOSviewer (van Eck & Waltman, 2023). Setiap kata kunci ditelusuri dalam rentang enam tahun (2020–2025) dengan batas maksimum 200 artikel terindeks Scopus. Hasil penelusuran menunjukkan bahwa kata “Robochop” belum muncul pada 200 judul artikel teratas untuk masing-masing kata kunci tersebut, sehingga mengindikasikan adanya kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini. Lebih lanjut, ketika keempat kata kunci utama digabungkan, tidak ditemukan kecenderungan penelitian yang signifikan sejak Agustus 2020, yang menunjukkan bahwa topik ini masih terbuka luas dan layak diteliti (Gambar 1). Dengan demikian, penelitian terkait simulasi proses produksi Robochop menggunakan ARENA tetap relevan untuk dilakukan.

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari studi sebelumnya (Purba et al., 2021; 2025), dengan penekanan pada peningkatan reliabilitas model simulasi yang telah

III

dikembangkan serta pengadopsian representasi ketidakpastian (uncertainty) pada waktu proses produksi Robochop Dasar. Adapun gap penelitian yang menjadi alternatif skenario pengembangan dari penelitian sebelumnya (Purba et al., 2025), disajikan pada Tabel 2. Tabel tersebut menegaskan aspek kebaruan penelitian ini, yaitu bahwa meskipun pengembangan proses produksi Robochop Dasar telah menghasilkan tujuh varian produk—Robochop  $\alpha$ , Robochop  $\beta$ , Robochop  $\beta.1$ , Robochop  $\beta.2$ , Robochop  $\gamma$ , Robochop  $\gamma.1$ , dan Robochop  $\gamma.2$ , serta telah dilakukan simulasi. Namun model simulasi yang ada masih memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diperbaiki.



Gambar 1. Overlay Visualization dari VOSviewer (Purba et al., 2025)

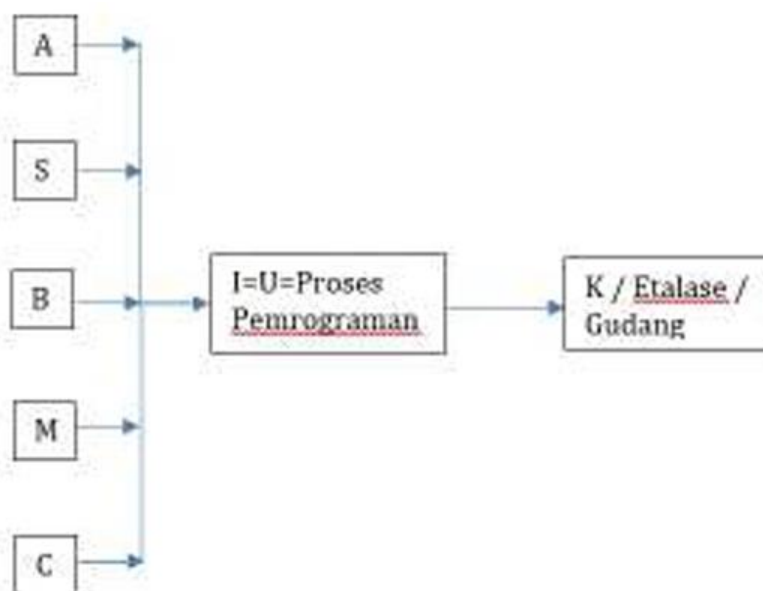
Tabel 2. Gap Penelitian yang dapat Dibahas

No	Aspek	Kelemahan yang Ditemukan
1	Validasi dan Replikasi Model	Verifikasi dan validasi formal model simulasi belum dilakukan secara statistik, hanya dilakukan perbandingan hasil simulasi dan kondisi nyata tanpa uji distribusi karena dilakukan dengan satu data rerata. Replikasi simulasi dilakukan sekali (replikasi = 1) sehingga reliabilitas hasil masih terbatas.
2	Asumsi dan Parameter Waktu Proses	Waktu proses dalam hal ini merupakan nilai deterministik (konstanta, sesuai tujuan penelitian), bukan sebagai distribusi <i>probabilistic</i> . Akibatnya, model belum mengadopsi representasi variasi dan ketidakpastian waktu proses produksi sejak mulai pengadaan komponen/peralatan Robochop Dasar.
3	Keterbatasan Analisis Eksperimen Simulasi	Eksperimen simulasi hanya difokuskan pada 7 buah data rata-rata waktu proses produksi tiap satu Robochop Dasar pada satu konfigurasi/alur produksi. Analisis skenario alternatif ( <i>what-if analysis</i> ) seperti perubahan jumlah SDM, pengaturan <i>shift</i> , atau penambahan mesin belum dilakukan. Hal ini membatasi kemampuan model dalam mendukung keputusan strategis di bidang <i>production planning and control</i> .

Dalam penelitian ini, pembahasan difokuskan pada gap penelitian aspek pertama dan kedua, yaitu peningkatan kualitas validasi dan replikasi model simulasi serta pengembangan representasi waktu proses berbasis distribusi probabilitistik untuk meningkatkan reliabilitas dan realisme model.

## Metode

Sistem nyata telah diterjemahkan ke dalam model konseptual sebagaimana dijelaskan pada penelitian sebelumnya (Purba et al., 2025). Selanjutnya, model konseptual tersebut diimplementasikan ke dalam model simulasi menggunakan perangkat lunak ARENA melalui pendekatan *Activity Cycle Diagram* (ACD). Blok diagram sistem produksi Robochop Dasar disajikan pada Gambar 2.



Stasiun: A=Arduino, S=Sensor, B=Body, M=Motor, C=Cover, I=Integrasi, U=Uji, K=Kantor.

Gambar 2. Flow Diagram Pembuatan Robochop Dasar (Purba et al., 2025)

Proses verifikasi dilakukan pada model simulasi dengan menjalankan simulasi dan *debug* program pada piranti lunak ARENA yang mana dalam hal ini *Activity Cycle Diagram* (ACD) piranti lunak ARENA telah dibuat. Model simulasi dianggap tidak valid apabila simulasi tidak menghasilkan keluaran yang diharapkan atau simulasi mengalami *error* yang ketika dideteksi dengan *debug* program (Altiok & Melamed, 2007). Verifikasi model dianggap berhasil bila simulasi dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan *result* dari simulasi dimaksud (Hasad, 2011). Bagian validasi dari proses pembangunan sistem berfungsi untuk menilai dan meningkatkan struktur model fisik (simulasi), agar dapat mewakili sistem nyata sedemikian hingga jika sistem yang ada disimulasikan, *output* dari simulasi harus sesuai dengan *output* dari sistem nyata (*real*) (Hasad, 2011). Validasi dapat dilakukan dengan membandingkan *output* data aktual dengan data simulasi.

Dalam simulasi sistem diskrit yang dilakukan dalam penelitian ini, penentuan apakah suatu sistem sebaiknya dijalankan sebagai model simulasi *terminating* atau *nonterminating*, sangat bergantung pada tujuan utama dari simulasi (Kurniah & Hanik, 2008; Siswanto et al., 2018). *Terminating condition* adalah kondisi dimana pengamatan perilaku dari suatu sistem pada waktu-waktu tertentu atau waktu operasi yang spesifik. *Nonterminating condition* adalah suatu kondisi dimana pengamatan perilaku *steady state* dari sebuah sistem yang berjalan secara terus menerus (kontinyu), lebih tertarik

|||

mengamati pola perilaku *steady-state* dari sebuah sistem. Pada simulasi *nonterminating* terdapat tiga parameter utama yang perlu ditentukan yaitu lamanya waktu *warm-up period* (periode ketika sistem baru berjalan dan belum merepresentasikan kondisi sebenarnya), panjang waktu simulasi dalam satu replikasi, dan metode pengambilan sampel (replikasi) (Siswanto et al., 2018). Dalam penelitian ini dibahas *terminating condition* saja, sehingga tidak memerlukan penentuan nilai *warmup period* (pada ARENA, *Run-Setup: warm-up period* ditulis 0.0).

Penentuan jumlah replikasi dilakukan menggunakan pendekatan *half-width* pada interval kepercayaan 95% (Byrne, 2009; Siswanto et al., 2018). Nilai *half-width* awal dihitung berdasarkan lima replikasi awal dan digunakan untuk mengestimasi jumlah replikasi baru yang memenuhi batas kesalahan 5% sesuai Persamaan (1) dan (2) (Bernandhi et al., 2022; Byrne, 2009). Pendekatan ini digunakan untuk mengendalikan tingkat ketidakpastian hasil simulasi (Stokes, 2004).

Rumus *half-width*:

$$h_w' = \frac{(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}})s}{\sqrt{n}} \tag{1}$$

dengan:  $h_w'$ =*half-width* baru,

$n$ =jumlah replikasi (jumlah sampel),

$s$ =standar deviasi dari sampel,

$\alpha$ =tingkat signifikansi statistik (5%).

Rumus jumlah replikasi:

$$n' = \left[ \frac{(Z_{\alpha/2})s}{\left(\frac{e\%}{100 + e\%}\right) \bar{x}} \right]^2 \tag{2}$$

dengan:  $n'$ =jumlah replikasi baru,

$e\%$ =*error* simulasi yang dapat diterima (5%).

## Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 3 disajikan data acuan yang digunakan sebagai parameter dalam pembangunan model simulasi penelitian ini. Data tersebut mengacu pada hasil penelitian sebelumnya (Purba et al., 2025) dan menjadi dasar dalam penentuan waktu proses pada setiap stasiun kerja.

**Skenario Acuan:** Masukan sistem berupa proses Poisson dengan waktu antar kedatangan (*time between arrival*, TBA) komponen dimodelkan dengan ACD Create lalu setelah seluruh komponen (50 komponen penyusun Robochop Dasar) diproses pembuatannya menjadi satu buah Robochop Dasar dengan 32 aktivitas dan durasi masing-masing aktivitas pada ACD Batch. Proses produksi dibangun dengan ACD Process berdasarkan data historis pembuatan 7 buah Robot sebelumnya (Purba et al., 2021). ACD Dispose akan menampilkan jumlah Robochop yang berhasil dibuat.

|||

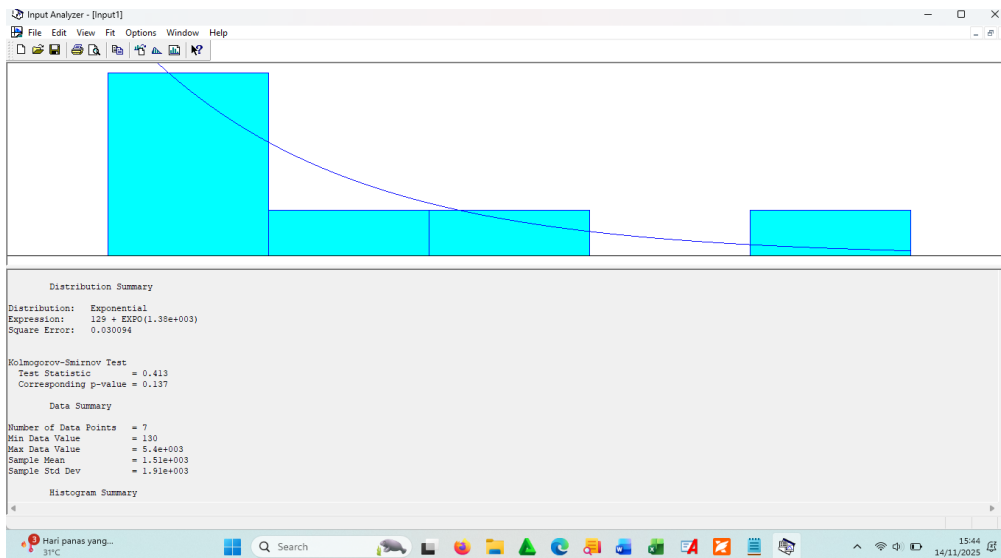
Tabel 3. Data Acuan dalam Simulasi (Purba et al., 2025)

Stasiun kerja	Modul ACD	Rataan Waktu Operasi (Detik)
Persiapan Alat & Bahan (50 Komponen)	Create + Batch	64.800
Perakitan Arduino		108.653
Pemasangan Sensor		810
Perakitan <i>Body</i>	Process	7.786
Pemasangan Motor		688
Pembuatan <i>Cover</i>		1.296.630
Integrasi dan Pengujian		796
Kantor	Dispose	-
Total Rataan Waktu Produksi (Kumulatif) Satu Produk Robochop Dasar		1.480.163

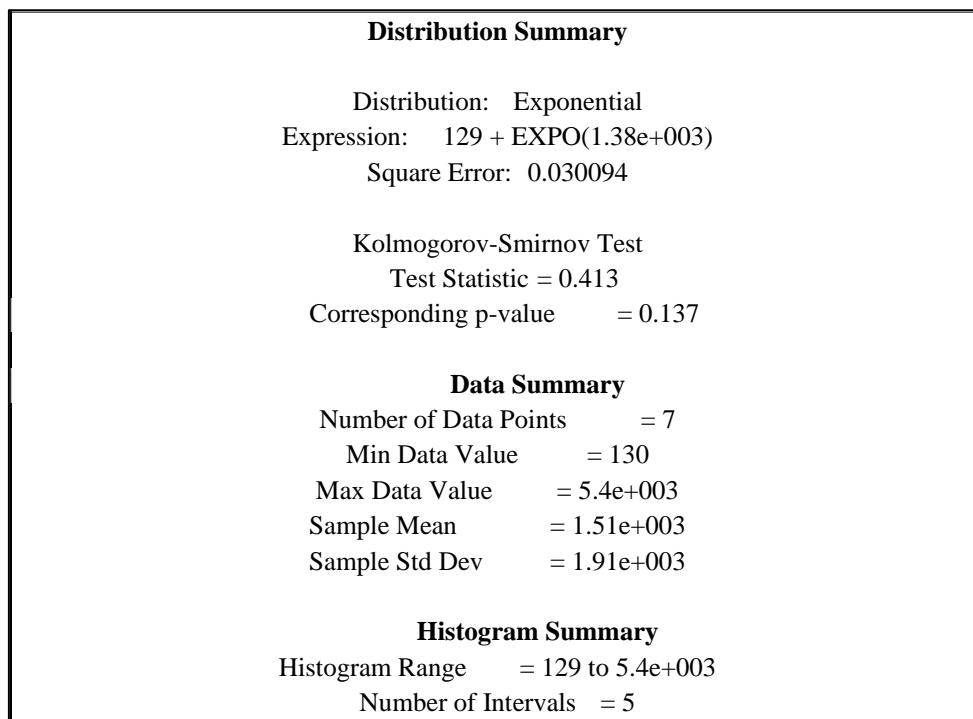
Dengan menggunakan *setting* sebagaimana pada Tabel 3, model simulasi ARENA diintegrasikan untuk memproduksi satu unit Robochop Dasar. Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 4. Lima puluh (50) buah komponen yang datang di rak persiapan produksi, dapat dimodelkan dengan distribusi *random* eksponensial 1 menit. Proses produksi Robochop Dasar dimodelkan (*curve fitting*) terhadap 7 buah Robot yang dihasilkan. Waktu proses produksi satu Robochop Dasar yaitu: *random (stochastic)*. Luaran dari *Input Analyzer* dengan mengakomodasi jumlah *man.hour* yang diperlukan untuk proses produksi Robochop Dasar ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 4. *Setting* pada Skenario/Alternatif 1 (Purba et al., 2025)

Kategori Parameter	Atribut	Nilai / Ekspresi	Satuan
Entitas & Kedatangan	<i>Time Between Arrival (TBA)</i>	EXPO(1)	Menit
	<i>Max Arrival</i>	50	Unit
Proses Produksi	Ekspresi Waktu ( <i>Fit-All</i> )	129 + EXPO(1.38e+003)	Menit
	<i>Square Error</i>	~ 3%	-
Parameter Replikasi	<i>Number of Replications</i>	1.833	Kali
	<i>Replication Length</i>	1.000	Jam
	<i>Warm-up Period</i>	0,0	Jam
Hasil Simulasi	Rataan Waktu Alternatif 1	24.669,38	Menit



Gambar 3. Tampilan *Fit-All* dari Lama Waktu Proses Produksi 7 Robochop Dasar (Purba et al., 2025)



Gambar 4. Tampilan *Distribution Summary* dari Gambar 3 (Purba et al., 2025)

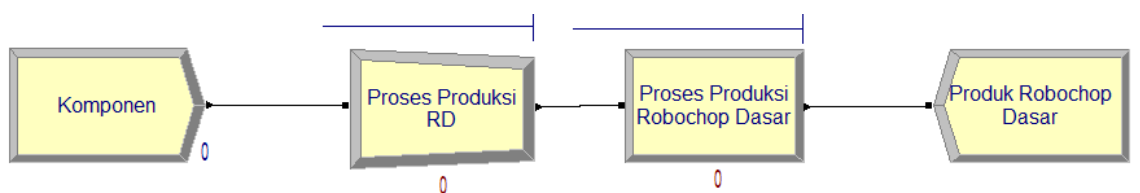
Material berupa alat, bahan, serta komponen/*equipment* dimasukkan ke dalam sistem melalui modul *ACD Create*. Total equipment yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit Robochop Dasar adalah 23 jenis, dengan jumlah keseluruhan komponen sebanyak 50 unit (Purba, 2020; Purba et al., 2021). Apabila ditinjau per entitas komponen, waktu antar kedatangan komponen (*time between arrival*) dimodelkan menggunakan distribusi eksponensial pada perangkat lunak ARENA, yaitu EXPO(1). Parameter tersebut merepresentasikan laju kedatangan sekitar 50 komponen dalam 4 jam, atau ekuivalen dengan rata-rata 1 komponen per menit. Pemodelan ini mengasumsikan

|||

bahwa kedatangan komponen mengikuti proses Poisson dengan interval antar kedatangan yang bersifat acak dan saling bebas. Setelah seluruh 50 komponen masuk melalui modul ACD *Create*, simulasi dihentikan sesuai dengan kondisi terminasi (*terminating simulation condition*). Dengan demikian, model yang dikembangkan termasuk dalam kategori *terminating system*, karena memiliki batas akhir simulasi yang jelas, yaitu ketika seluruh komponen untuk satu unit Robochop Dasar telah tersedia dan diproses (Kurniah & Hanik, 2008; Purba et al., 2021; Siswanto et al., 2018). Diagram ACD secara lengkap yang merepresentasikan alur sistem produksi Robochop Dasar ditunjukkan pada Gambar 6.

Function	Sq Error
Erlang	0.0301
Exponential	0.0301
Gamma	0.0321
Lognormal	0.0415
Weibull	0.0421
Triangular	0.142
Normal	0.162
Uniform	0.188
Beta	0.397

Gambar 5. Tampilan dari *Fit-All Summary* dari Gambar 3 (Purba et al., 2025)

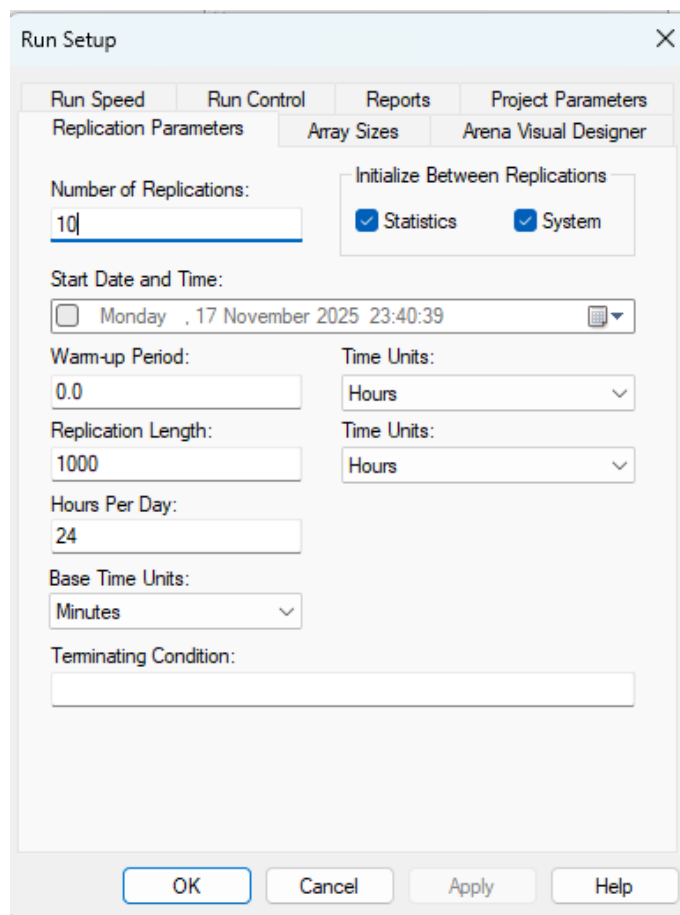


Gambar 6. ACD dari Proses Produksi dari Robochop Dasar Keseluruhan (Purba et al., 2025)

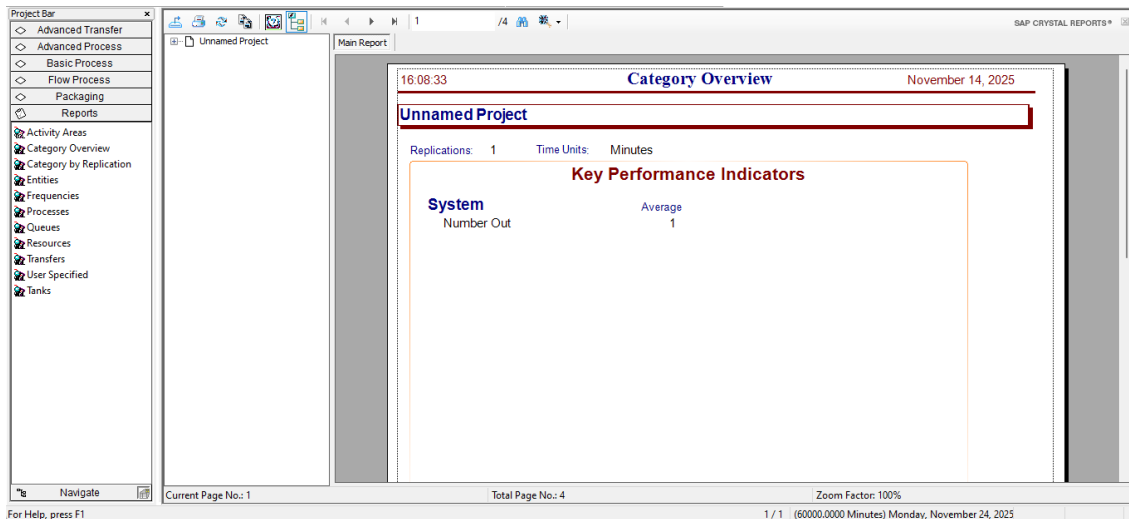
Karakter dari input yang *random* dalam simulasi menyebabkan simulasi dilakukan secara berulang (Siswanto et al., 2018). Satu kali percobaan dengan suatu model simulasi mewakili suatu sampel. Dengan banyaknya proses dan entitas dalam suatu model simulasi, ditambah dengan bilangan *random* sebagai input simulasi, maka hampir bisa dipastikan bahwa *output* suatu percobaan (*run*) akan berbeda dengan percobaan lainnya. Untuk mendapatkan hasil yang representatif, maka model simulasi harus dijalankan sebanyak *n* kali. Tanpa pengulangan (replikasi), *output* suatu model simulasi tidak akan dapat membentuk suatu rentang estimasi. Untuk mendapatkan estimasi pada interval yang dapat diterima, maka *n* harus ditentukan sedemikian rupa. Semakin kecil rentang suatu estimasi, semakin baik kualitas informasi yang diberikan. Pada prinsipnya, penentuan kecukupan jumlah replikasi dalam simulasi sama dengan penentuan kecukupan data atau sampel dalam suatu observasi.

Simulasi dijalankan menggunakan perangkat lunak ARENA dengan pengaturan parameter replikasi sesuai karakteristik model. Model menggunakan kondisi *terminating* sehingga nilai *warm-up period* ditetapkan nol (Siswanto et al., 2018). Durasi simulasi ditetapkan selama 1000 jam sesuai konfigurasi eksperimen (Clarke, 2005).

|||



Gambar 7. Pengaturan Sistem Awal dari Simulasi (Purba et al., 2025)



Gambar 8. Hasil simulasi dari alternatif skenario pengembangan pertama (Purba et al., 2025)

Dengan  $n=5$ ,  $n-1=5-1=4$  yaitu derajat kebebasan,  $\alpha=0.05$  maka  $\alpha/2=0.025$ , dan berdasarkan Persamaan (1) akan diperoleh nilai  $s=1874.92$ .

III

Replications: 5      Time Units: Minutes

Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1245.79	192,03	1125.59	1501.95	1125.59	1501.95
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1044.51	1.411,35	213.25	3013.60	213.25	3013.60
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1095.88	1.415,23	266.42	3069.80	266.42	3069.80

Gambar 9. Total waktu memproses satu Robochop Dasar dengan replikasi awal sembarang, n=5 (rata-rata=1095.88 menit, hw=1415.23 menit)

Lalu,  $n'$  dihitung berdasarkan Gambar 9, menggunakan Persamaan (2). Maka diperoleh nilai  $n' = 1832,7$ . Karena jumlah replikasi yang baru lebih besar dari jumlah replikasi sebelumnya, maka replikasi yang lebih besar yang akan dipakai. Langkah yang dipakai sebagai panduan dalam penelitian ini dalam penentuan jumlah replikasi yaitu:

1. Menentukan nilai standard deviasi,  $s$  dengan menggunakan nilai  $hw$  yang diperoleh dengan  $n$  sembarang (dalam hal ini dipakai  $n=5$ )
2. Menentukan *error* yang dikehendaki (yang diterima), dalam hal ini dipakai 5%
3. Menemukan nilai tabel statistik  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$
4. Menghitung nilai replikasi yang direkomendasikan,  $n'$  yakni: 1833.

Hasil simulasi dengan jumlah replikasi 1833 ditunjukkan pada Gambar 10. Verifikasi dan validasi dilakukan untuk mengurangi dan mengeliminasi *error* yang mungkin dapat terjadi antara model simulasi dan sistem yang sebenarnya (*real system*) (Siswanto et al., 2018). Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model simulasi telah menggambarkan model konseptual dengan benar. Validasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model konseptual telah menggambarkan *real system*. Validasi model dalam penelitian ini terbatas terutama hanya terkait penggunaan data historis yang terbatas (7 data), oleh sebab itu implikasinya terhadap keandalan hasil simulasi juga terbatas.

III

Replications: 1.833 Time Units: Minutes

Entity						
Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1225.68	< 8,90	724.20	1994.08	724.20	1994.08
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1489.11	< 62,43	129.15	10708.07	129.15	10708.07
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1538.03	< 62,43	178.66	10758.85	178.66	10758.85

Gambar 10. Hasil simulasi dengan n=1833 (Purba et al., 2025)

Pada penelitian sebelumnya dilakukan satu kali replikasi tanpa *terminating condition* pada *simulation setup* (Purba et al., 2025). Pada penelitian ini dilakukan replikasi sebanyak lima kali. Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang ada maka diperoleh replikasi yang baik sebanyak 1833 replikasi. Robochop sebelumnya dengan pekerja satu orang yaitu:  $129 + EXPO(1380)$  menit dengan *Square error* terkecil sekitar 3%. Jumlah replikasi optimal diperoleh sebanyak 1.833, setelah sebelumnya dilakukan 5 replikasi awal secara acak. Kinerja dari alternatif skenario pengembangan dalam artikel ini berupa waktu proses dari 24670 menit dapat lebih cepat yakni menjadi 1096 menit saja dengan penyederhanaan pada kedatangan komponen ke dalam sistem produksi. Selama ini kedatangan komponen tidak terjadwal, kurangnya perencanaan membeli komponen apa dan di mana lokasi pembelian. Akibatnya pasti menghasilkan waktu proses yang lebih lama dengan ketika daftar komponen yang dibeli dan lokasi pembelian dan alternatifnya telah disiapkan sebelumnya. Selain itu ada proses yang sebelumnya seri, sekarang dapat dilakukan secara paralel.

Dalam konteks INKRE, alternatif skenario waktu proses produksi satu Robochop Dasar yang lebih efektif dan efisien bermanfaat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan masyarakat regional. Jika satu unit Robochop Dasar dapat diproduksi dalam waktu yang lebih singkat, maka potensi peningkatan produktivitas dalam sektor INKRE menjadi lebih terbuka. Alokasi jumlah pekerja INKRE dalam melaksanakan layanan *material handling* (misalnya memindahkan produk  $\leq 1.0$  kg pada INKRE kuliner yang telah disiapkan akan kehadiran otomasi layanan pada jalur Robochop Dasar tertentu) dapat dialihkan untuk tugas lainnya untuk meningkatkan INKRE yang sama atau INKRE lainnya misalnya untuk perluasan industri. Produk Robochop Dasar berpotensi digunakan untuk *material handling* barang-barang kuliner jika *cafe/coffee shop* yang sesuai telah siap.

## Kesimpulan

Waktu antar kedatangan 50 buah komponen penyusun produk Robochop Dasar dimodelkan dengan aproksimasi distribusi EXPO(1) menit (50 komponen / 1080 menit), ke-50 komponen lalu dirakit dalam proses produksi Robochop Dasar yang dimodelkan berdasarkan data historis pembuatan 7 buah Robochop sebelumnya dengan pekerja satu orang yaitu:  $129 + EXPO(1380)$  menit dengan *Square error* terkecil sekitar 3%. Jumlah replikasi optimal diperoleh sebanyak 1.833, setelah sebelumnya dilakukan lima replikasi awal secara acak. Kinerja dari alternatif skenario pengembangan dalam artikel ini berupa waktu proses dari 24670 menit dapat lebih cepat yakni menjadi 1096 menit saja dengan penyederhanaan pada kedatangan komponen ke dalam sistem produksi. Kontribusi utama penelitian terhadap pengembangan simulasi sistem produksi yang selama ini telah dilakukan sebanyak 7 kali yaitu bahwa pendekatan simulasi dapat mendukung perencanaan produksi Robochop Dasar ke depan dengan lebih baik. Implikasi praktis hasil simulasi dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi Robochop Dasar terutama terkait waktu proses dan kebutuhan tenaga kerja. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan jumlah data historis yaitu sebanyak 7 buah data dan skenario yang dianalisis.

## Daftar Pustaka

- Altiok, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Elsevier.
- Badan Ekonomi Kreatif Republik Indonesia (2026). Retrieved Januari 02, 2026, from <https://ekraf.go.id/>
- Bernandhi, B. D., Sarjono, A. W., & Maknun, M. (2022). *Laboratorium Decision Support System Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung* [Laporan internal]. Universitas Islam Sultan Agung.
- Byrne, M. (2009). *Statistical analysis for simulation experiments* [Lecture notes, modelling and simulation course]. Nottingham University Business School.
- Clarke, J. (2005). *Simulation modeling and analysis with Arena: A Business Student's Primer*. Thomson Learning.
- Hasad, A. (2011). *Verifikasi dan validasi dalam simulasi model*. <https://andihasad.com/wp-content/uploads/2011/11/verifikasi-dan-validasi-dalam-simulasi-model.pdf>
- Kurniah, W., & Hanik, R. U. (2008). *Laporan Tugas Besar Simulasi Sistem Industri* [Unpublished report].
- Purba, L. P. (2020). Robochop versi Gamma: Merangkai dan Menguji Sensor Garis dengan Program C Arduino. In L. P. Purba, R. P. Kristianto, & A. Hidayat (Eds.), *Bunga Rampai CSDS* (Vol. 2, pp. 13–28). Revka Prima Media.
- Purba, L. P., Bellanov, A., & Wulandari, L. M. C. (2024). Analysis of the Application of Line Balancing the Ranked Position Weighted Method in the Robochop- $\beta$  Production Process. In *Proceedings of the International Conference on Sustainable Development Studies & PJUTS 2024*.
- Purba, L. P., Irawati, D. Y., & Wulandari, L. M. C. (2021). *Simulasi Sistem Produksi Robochop Dasar dengan ARENA* [Research report].

|||

- Purba, L. P., Irawati, D. Y., & Wulandari, L. M. C. (2025). Simulasi Sistem Produksi Robochop Dasar dengan ARENA. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 9(1), 78–88. <https://doi.org/10.31289/jime.v9i1.14535>
- Purba, L. P., Laurence, R. S. A., & Cristian, A. (2020). Upcoming Industry 4.0: Development of ROBOCHOP with Embedded Control System to Strengthen Creative Industries in Surabaya. *International Journal Latest Engineering and Management Research*, 05(02), 13–18.
- Siswanto, N., Latiffianti, E., & Wiratno, S. E. (2018). *Simulasi Sistem Diskrit Implementasi dengan Software Arena*. ITS Press.
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual* (Version 1.6.1) [Software manual]. Leiden University. [http://www.vosviewer.com/documentation/Manual\\_VOSviewer\\_1.6.1.pdf](http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf)