

Analisis Simulasi Sistem Pada Proses Pengantongan di Gudang PT. ABC Dengan Menggunakan *Software* ARENA

Abba Chudsi Assidiq*, Hafid Syaifullah

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: abbachudsiassidiqq@gmail.com

Diterima: 29 Desember 2025

Disetujui: 06 Januari 2026

Abstract

The urea fertilizer bagging process at PT ABC's Urea II Warehouse is an important part of the warehousing system that influences the smooth flow of materials and operational efficiency. Fertilizer pallet transfer activities use forklifts as the main material handling facility, but under certain conditions the forklift utilization rate is still high, potentially causing queues and inefficiencies. This study aims to evaluate the performance of the bagging system by emphasizing the analysis of forklift utilization levels through a system simulation approach. The method used is discrete event simulation using ARENA software which was developed based on actual data from field observations and through a verification and validation process with the Welch Confidence Interval method. The simulation results show that the use of two forklift units is more optimal under normal operational conditions, while the addition of forklifts is recommended situationally during periods of increased bagging activity.

Keywords: *fertilizer bagging, system simulation, forklift, arena software, utilities*

Abstrak

Proses pengantongan pupuk urea di Gudang Urea II PT ABC merupakan bagian penting dalam sistem pergudangan yang berpengaruh terhadap kelancaran aliran material dan efisiensi operasional. Aktivitas pemindahan pallet pupuk menggunakan *forklift* sebagai fasilitas utama *material handling*, namun pada kondisi tertentu tingkat utilitas *forklift* masih tinggi sehingga berpotensi menimbulkan antrean dan inefisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengantongan dengan menitikberatkan pada analisis tingkat utilitas *forklift* melalui pendekatan simulasi sistem. Metode yang digunakan adalah *discrete event simulation* menggunakan *software* ARENA yang dikembangkan berdasarkan data aktual hasil observasi lapangan serta melalui proses verifikasi dan validasi dengan metode *Welch Confidence Interval*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan dua unit *forklift* lebih optimal pada kondisi operasional normal, sedangkan penambahan *forklift* disarankan secara situasional pada periode peningkatan aktivitas pengantongan.

Kata Kunci: *simulasi sistem, forklift, software arena, utilitas, pengantongan pupuk*

1. Pendahuluan

PT ABC merupakan salah satu perusahaan produsen pupuk berskala nasional yang berperan penting dalam mendukung keberlanjutan sektor pertanian serta ketahanan pangan di Indonesia. Dalam rangka menjamin kelancaran proses produksi hingga distribusi, perusahaan ini mengoperasikan sejumlah fasilitas pergudangan yang berfungsi sebagai penghubung utama antara kegiatan produksi dan penyaluran produk kepada konsumen akhir [1]. Salah satu fasilitas tersebut adalah Gudang Urea II, yang dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan pupuk urea setelah melalui proses pengantongan sebelum didistribusikan ke wilayah pemasaran. Aktivitas yang berlangsung di Gudang Urea II tidak hanya terbatas pada penyimpanan produk, tetapi juga mencakup pengelolaan dan pengendalian aliran material dari area pengantongan menuju lokasi penyimpanan. Dalam hal ini, *forklift* digunakan sebagai sarana utama untuk memindahkan pallet pupuk, sehingga tingkat kinerja *forklift* sangat memengaruhi kelancaran aliran material, produktivitas operasional, serta kestabilan sistem pergudangan secara keseluruhan [2].

Dalam pelaksanaan operasional sehari-hari, proses pemindahan produk dari area pengantongan ke area penyimpanan di Gudang Urea II masih menghadapi berbagai permasalahan yang berkaitan dengan sistem *material handling* berbasis *forklift*. Permasalahan yang kerap muncul antara lain terjadinya akumulasi pallet pupuk hasil pengantongan, meningkatnya waktu tunggu sebelum *forklift* melakukan pemindahan, serta adanya selisih antara waktu proses aktual dengan standar waktu yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Kondisi tersebut semakin diperburuk oleh ketidakseimbangan antara kapasitas keluaran mesin pengantongan dan kemampuan *forklift* dalam menangani aliran material, yang pada akhirnya memicu

terjadinya *bottleneck* pada sistem pergudangan [3]. Dampak dari kondisi ini antara lain terganggunya kelancaran proses produksi, meningkatnya beban kerja operator, serta menurunnya tingkat efisiensi dan efektivitas operasional gudang [4]. Penelitian [5] mengemukakan bahwa sistem pergudangan pupuk yang tidak dievaluasi secara komprehensif berpotensi mengalami *bottleneck* akibat keterbatasan kinerja fasilitas *material handling*, khususnya pada aktivitas pemindahan menggunakan alat angkut seperti *forklift*.

Permasalahan dalam sistem pergudangan tersebut tidak dapat dianalisis secara optimal dengan pendekatan konvensional, mengingat sistem yang ada bersifat dinamis dan kompleks serta melibatkan interaksi yang berkelanjutan antara sumber daya manusia, peralatan, dan aliran material. Perubahan kecil pada salah satu komponen sistem dapat menimbulkan dampak yang signifikan terhadap kinerja sistem secara keseluruhan [6]. Sistem pergudangan yang melibatkan aktivitas pemindahan dan penentuan lokasi penyimpanan memiliki tingkat kompleksitas tinggi sehingga memerlukan pendekatan simulasi untuk mengevaluasi pengaruh tata letak dan lokasi penyimpanan terhadap kinerja operasional gudang, sebagaimana ditunjukkan pada studi evaluasi lokasi container yard menggunakan metode simulasi *discrete event* [7]. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu menggambarkan kondisi nyata sistem secara detail dan akurat. Pendekatan simulasi sistem dengan metode *discrete event simulation* menggunakan *software* ARENA dipilih karena mampu merepresentasikan aliran proses, waktu pelayanan, aktivitas *forklift*, serta pembentukan antrian berdasarkan data aktual yang diperoleh dari lapangan [8]. Peneliti [9] menyatakan bahwa simulasi *discrete event* sangat efektif diterapkan dalam analisis sistem pergudangan karena memungkinkan evaluasi berbagai skenario operasional tanpa mengganggu aktivitas operasional yang sedang berlangsung.

Melalui penyusunan dan analisis model simulasi menggunakan *software* ARENA, kinerja proses pengantongan hingga penyimpanan di Gudang Urea II dapat dievaluasi secara objektif dan terukur menggunakan indikator kinerja utama (*key performance indicators*). Simulasi memungkinkan pengamatan terhadap berbagai parameter, seperti waktu tunggu pallet, waktu siklus pemindahan, tingkat pemanfaatan *forklift*, serta karakteristik antrian yang terbentuk selama proses operasional berlangsung [10]. Selain itu, simulasi juga dapat dimanfaatkan untuk menganalisis keterkaitan antara waktu proses dan kapasitas sistem dalam mendukung aktivitas pergudangan secara menyeluruh [11]. Selain digunakan untuk menganalisis aliran material dan utilisasi sumber daya, simulasi juga dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi strategi penyimpanan guna meningkatkan efisiensi operasional gudang, seperti penerapan metode *class based storage* yang terbukti mampu mengurangi waktu pencarian dan penumpukan produk di area penyimpanan [12]. Dengan demikian, hasil analisis simulasi diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kinerja operasional Gudang Urea II serta menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pengantongan hingga penyimpanan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

2. Metode Penelitian

2.1 Simulasi

Simulasi telah menjadi pendekatan yang penting dalam berbagai penelitian dan kajian, khususnya sebagai teknik untuk memecahkan permasalahan sistem, seperti permasalahan antrian dan proses produksi. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan, memprediksi, dan menganalisis sistem antrian maupun produksi secara komprehensif adalah *software* ARENA [13].

Simulasi merupakan pendekatan analitis yang digunakan untuk merepresentasikan perilaku suatu sistem atau proses dalam bentuk model yang menyerupai kondisi nyata. Model simulasi disusun menggunakan variabel dan pendekatan statistik untuk menggambarkan karakteristik utama sistem sehingga memungkinkan evaluasi dan pengambilan keputusan melalui perubahan parameter sebelum diterapkan pada sistem sebenarnya [14].

2.2 Software Arena

Arena merupakan perangkat lunak simulasi berbasis kejadian diskrit yang dikembangkan oleh Systems Modeling sebelum akhirnya diambil alih oleh Rockwell Automation pada tahun 2000. Perangkat lunak ini menggunakan SIMAN sebagai bahasa dan prosesor simulasi dalam pemodelannya. Secara umum, perangkat lunak simulasi dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu simulator dan bahasa simulasi. Simulator atau simulator tingkat tinggi memiliki keunggulan pada kemudahan penggunaan karena didukung antarmuka grafis yang intuitif, sedangkan bahasa simulasi menuntut kemampuan pemrograman yang lebih tinggi. ARENA mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut, di mana simulator digunakan untuk memodelkan sistem dengan tingkat kompleksitas rendah hingga menengah, sementara bahasa

simulasi dimanfaatkan untuk memodifikasi dan mengembangkan model pada sistem yang lebih kompleks. Selain itu, ARENA memungkinkan penambahan logika menggunakan bahasa pemrograman umum seperti Visual Basic for Applications (VBA), C, dan C++, sehingga memberikan fleksibilitas dalam pengembangan model. Struktur model simulasi dalam ARENA terdiri atas modul *flowchart* yang berfungsi merepresentasikan alur dan logika sistem, serta modul data yang digunakan untuk mendefinisikan elemen dan parameter sistem [15].

2.3 Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui kegiatan observasi atau pengamatan langsung di PT ABC dengan data yang dibutuhkan yaitu:

- a. Waktu Mesin 1
- b. Waktu Mesin 2
- c. Waktu Mesin 3
- d. Jarak Area Pengantongan ke Penyimpanan
- e. Jumlah *Forklift*
- f. Data Pengamatan Langsung di Lapangan seperti **Tabel 1** di bawah:

Tabel 1. Data Pengamatan Langsung di Lapangan

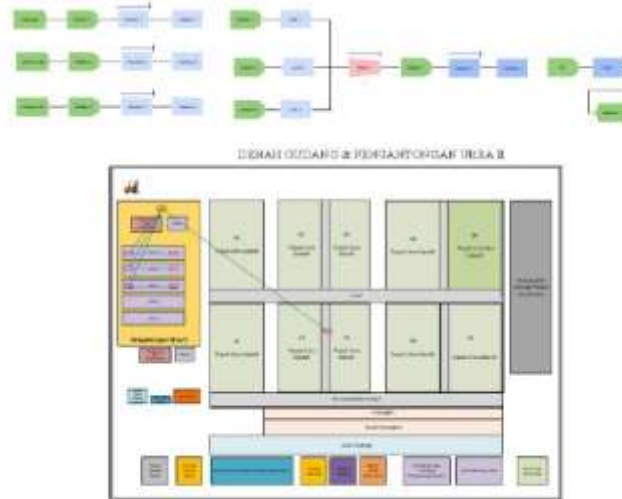
No	Jenis Kegiatan	Hasil
1	Waktu Mesin 1	2,20 Menit
2	Waktu Mesin 2	2,20 Menit
3	Waktu Mesin 3	2,20 Menit
4	Jarak Area Pengantongan ke Penyimpanan	10 Meter
5	Jumlah <i>Forklift</i>	2 Transportasi

Data yang disajikan pada **Tabel 1** menggambarkan kondisi operasional proses pengantongan di Gudang Urea II, di mana ketiga mesin pengantongan memiliki waktu proses yang seragam sebesar 2,20 menit. Proses pemindahan pallet dilakukan dari area pengantongan ke area penyimpanan dengan jarak 10 meter menggunakan dua unit *forklift*. Kondisi tersebut mencerminkan adanya permasalahan pada sistem *material handling*, khususnya dalam pengelolaan aktivitas pemindahan oleh *forklift*. Data ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pembangunan model simulasi sistem menggunakan *software* ARENA untuk merepresentasikan kondisi operasional yang berlangsung. Model simulasi yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk menilai kinerja sistem, terutama tingkat utilitas *forklift*, guna menentukan konfigurasi operasional yang paling optimal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Model Berbasis Simulasi

Model pemodelan simulasi yang digunakan pada proses pengantongan di Gudang Urea II dengan menggunakan *software* arena yang menggambarkan alur perpindahan material mulai dari tahap pengantongan hingga tahap penyimpanan pupuk urea di dalam gudang. Denah ini merepresentasikan kondisi eksisting di lapangan, sehingga dapat digunakan sebagai gambaran awal dalam memahami sistem pergudangan yang sedang berjalan. Pada sisi kiri denah ditunjukkan area pengantongan yang berfungsi sebagai titik awal aliran material. Di area ini, pupuk urea yang berasal dari proses produksi dialirkan ke mesin pengantongan untuk dikemas ke dalam karung dengan ukuran dan berat tertentu sesuai standar perusahaan. Karung-karung pupuk yang telah terisi selanjutnya disusun secara sistematis di atas pallet sehingga membentuk satuan muatan yang siap untuk dipindahkan. Setelah proses penyusunan pallet selesai, pallet pupuk urea memasuki tahap pemindahan dari area pengantongan menuju area penyimpanan. Pada tahap ini, *forklift* berperan sebagai sumber daya utama dalam sistem *material handling*. *Forklift* melakukan aktivitas pengambilan pallet, pengangkutan, serta penempatan pallet ke area penyimpanan sesuai dengan prosedur operasional yang berlaku.



Gambar 1. Hasil model simulasi yang diperoleh dari penggunaan *software* Arena

3.2 Verifikasi

Verifikasi adalah proses yang bertujuan untuk memeriksa dan memastikan kebenaran, ketelitian, dan kesesuaian dari informasi, data, atau hasil penelitian dengan standar tertentu atau dengan fakta yang dipercaya sebagai benar. Verifikasi dapat dilakukan dalam berbagai konteks, seperti dalam bidang ilmu pengetahuan, keuangan, perbankan, dan manajemen. Verifikasi memiliki tujuan untuk memastikan keakuratan dan kesesuaian dari informasi yang digunakan dalam proses keputusan, analisis, dan pengambilan ketepatan. Verifikasi merupakan tahapan krusial dalam pelaksanaan penelitian, analisis, serta proses pengambilan keputusan. Verifikasi dapat membantu untuk memastikan kesesuaian data dengan standar tertentu, memperbaiki kesalahan, dan memperluas pemahaman tentang masalah yang diujungkan.



Gambar 2. Hasil menggunakan *software* Arena

3.3 Validasi

Validasi adalah proses untuk memastikan bahwa suatu metode, prosedur, atau instrumen pengukuran dapat menghasilkan data atau informasi yang akurat, konsisten, dan dapat diandalkan. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran atau data yang dihasilkan dapat dipercaya dan dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Validasi dapat dilakukan dalam berbagai konteks, seperti dalam bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan industri. Validasi melibatkan pengujian dan evaluasi terhadap metode, prosedur, atau instrumen pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh telah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berdasarkan hasil verifikasi model, perhitungan yang dihasilkan oleh simulasi dinyatakan telah benar, sehingga proses penelitian dapat dilanjutkan ke tahap validasi model. Berikut merupakan pengujian validasi model dengan metode *Welch Confidence Interval*. Model dikatakan valid apabila antara output nyata dan output simulasi tidak berbeda secara signifikan.

- a) Menghitung Minimal Replikasi Aktual

Tabel 2. Hasil Replikasi pada *Real System*

Replikasi	Total Waktu	
	Jam	Konversi Menit
1	0.3933333	23.5999998
2	0.3933333	23.5999998
3	0.3933333	23.5999998
4	0.3933333	23.5999998
5	0.3933333	23.5999998
6	0.3933333	23.5999998
7	0.3933333	23.5999998
8	0.3933333	23.5999998
9	0.3933333	23.5999998
10	0.3933333	23.5999998
Rata- Rata	0.3933333	23.5999998
Standart Deviasi	0	3.74489
Variansi	0	1.40242

Dengan :

$$\begin{aligned}
 N &= 100 \\
 n-1 &= 99 \\
 \text{confidence level} &= 95\% \\
 \alpha = 1 - \text{confidence level} &= 5\% = 0,05 \\
 \text{Maka } Z_{\alpha/2} \text{ didapatkan dari tabel} &= 1,96 \\
 \text{Half width} &= \frac{(t.d.f. \frac{\alpha}{2}) \times s}{\sqrt{n}} \\
 &= \frac{(1,9842) \times 0}{\sqrt{10}} \\
 &= 0 \\
 \text{Betha} &= \text{half width} \\
 &= 0 \\
 n' &= \left\lceil \frac{(\frac{z_{\alpha}}{2}) \times s}{\beta} \right\rceil \\
 &= \left\lceil \frac{1,96 \times 0}{0} \right\rceil \\
 &= 0 \approx 0
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut nilai replikasi yang dihasilkan adalah 0, kondisi ini tidak menunjukkan adanya kesalahan pada model simulasi yang dibuat. Hal tersebut justru menunjukkan bahwa model berjalan secara stabil dan menghasilkan output yang konsisten pada setiap replikasi. Konsistensi ini terjadi karena data yang digunakan bersifat deterministik, sehingga hasil simulasi selalu sama. Dengan demikian, model simulasi yang dikembangkan telah mampu merepresentasikan kondisi sistem pengantongan dan aktivitas pemindahan di Gudang Urea II secara akurat sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, sehingga hasil simulasi dapat dijadikan sebagai dasar dalam analisis kinerja sistem.

b) Menghitung Jumlah Minimal Replikasi yang Dibutuhkan

Tabel 3. Hasil Replikasi pada *Real System*

Aktivitas	Akumulasi Waktu Pengamatan (Menit)
1	23
2	25
3	20
4	22
5	23
6	21
7	23
8	25
9	27
10	22

Tabel 4. Hasil *Output* Simulasi

Replikasi	Replay system (Menit)	Output Arena Menit
1	23	23.5999998
2	25	23.5999998
3	20	23.5999998
4	22	23.5999998
5	23	23.5999998
6	21	23.5999998
7	23	23.5999998
8	25	23.5999998
9	27	23.5999998
10	22	23.5999998

Karena jumlah sampel pada kelompok pertama (n_1) dan kelompok kedua (n_2) tidak sama, maka pengujian validasi model dilakukan menggunakan metode *Welch Confidence Interval*, yaitu:

Hipotesa:

- ❖ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ dinyatakan valid apabila nilai nol berada dalam rentang $\mu_1 - \mu_2$.
 - ❖ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ dianggap tidak valid jika nilai nol tidak termasuk dalam interval $\mu_1 - \mu_2$.
 - ❖ Setiap populasi, baik pada sistem simulasi, diasumsikan bersifat saling bebas dan memiliki distribusi normal, baik di dalam masing-masing populasi maupun antar populasi.
 - ❖ Jumlah sampel pada masing-masing populasi, yaitu n_1 dan n_2 , tidak diwajibkan memiliki ukuran yang sama.
 - ❖ variansi antara populasi pertama dan populasi kedua tidak disyaratkan memiliki nilai yang sama.
- c) Penentuan Validitas Model Menggunakan Metode *Welch Confidence Interval*
Tahapan penentuan dengan validasi model dilakukan menggunakan metode *Welch Confidence Interval*, sebagai berikut.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Sistem Aktual dan Simulasi Arena

Replikasi	Replay system (Menit)	Arena Menit
1	23	23.5999998
2	25	23.5999998
3	20	23.5999998
4	22	23.5999998
5	23	23.5999998
6	21	23.5999998
7	23	23.5999998
8	25	23.5999998
9	27	23.5999998
10	22	23.5999998
Rata-Rata	23.100	23.6000
Standar Deviasi	1.972308292	3.55271
Variansi	3.89	1.26218
N	10	10
n-1	9	9

Dengan:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0,05$$

Maka, didapatkan dari tabel distribusi t bahwa $t_{n-1} \cdot \alpha/2 = 2.2622$

$$\begin{aligned}
 Hw &= \frac{(tn-1 \times \frac{\alpha}{2}) \times s}{\sqrt{n}} \\
 &= \frac{2.2622 \times 1.972308292}{\sqrt{10}} \\
 &= 1.41093
 \end{aligned}$$

Sehingga, *confidence interval*-nya adalah:

$$\begin{aligned}
 (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + hw \\
 [(-0.5000) - (1.41093) \leq \mu_1 - \mu_2 \leq (-0.5000) + (1.41093)] \\
 -1.9109 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0.910931275]
 \end{aligned}$$

Analisis:

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima karena nilai nol berada dalam rentang $\mu_1 - \mu_2$. Dengan demikian, data yang diperoleh dinyatakan valid, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu pada sistem nyata dan hasil simulasi yang dihasilkan oleh *software* Arena

d) Usulan Perbaikan

Tabel 6. Perbandingan *Output Real System* dan Arena

Nilai Utilitas Transportasi <i>Forklift</i>			
Kondisi Saat Ini		Sesudah Perbaikan	
Dengan 2 Transportasi <i>Forklift</i>	0.805084746	Dengan 3 Transportasi <i>Forklift</i>	0.634615385

4. Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan Berdasarkan hasil output utilitas transportasi *forklift*, diketahui bahwa penggunaan 2 unit *forklift* memiliki nilai utilitas rata-rata sebesar 0,805 atau 80%, sedangkan penggunaan 3 unit *forklift* memiliki nilai utilitas rata-rata sebesar 0,635 atau 63%. Nilai ini menunjukkan bahwa pada kondisi 2 *forklift*, tingkat pemanfaatan fasilitas masih tergolong tinggi dan sistem transportasi dapat beroperasi secara efektif. Penambahan *forklift* menjadi 3 unit memang mampu menurunkan beban kerja per *forklift* dan berpotensi mengurangi waktu tunggu, khususnya pada saat aktivitas pemuatan sedang ramai atau terjadi lonjakan volume kerja. Dalam kondisi tersebut, penambahan *forklift* dapat diterima dan bermanfaat untuk menjaga kelancaran proses pemuatan serta mencegah terjadinya antrean yang berlebihan. Namun, pada saat kondisi pemuatan tidak ramai, penambahan *forklift* menjadi kurang efisien karena menurunkan tingkat utilitas dan menimbulkan biaya tambahan, baik dari sisi biaya operasional *forklift* maupun biaya tenaga kerja operator. Oleh karena itu, dari sudut pandang efisiensi dan pengendalian biaya, penggunaan 2 unit *forklift* sudah cukup optimal untuk kondisi normal, sedangkan penambahan *forklift* disarankan bersifat situasional, yaitu hanya dilakukan pada periode dengan tingkat aktivitas pemuatan yang tinggi.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada PT ABC atas kesempatan pelaksanaan kegiatan magang, dukungan yang diberikan, serta akses terhadap data dan informasi yang dibutuhkan dalam penyusunan penelitian ini. Seluruh bentuk dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak selama pelaksanaan magang dan proses penulisan penelitian ini menjadi kontribusi penting dalam tersusunnya publikasi ilmiah ini.

6. Referensi

- [1] H. Sutrisno and T. Wibowo, "Manajemen pergudangan dalam mendukung distribusi pupuk nasional," *Jurnal Manajemen Operasi*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [2] F. Rahman, E. Yuliana, and B. Nugroho, "Peran *forklift* terhadap efisiensi aliran material di gudang manufaktur," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 22, no. 3, pp. 193–202, 2021.
- [3] A. R. Putra and M. Sari, "Ketidakseimbangan kapasitas *material handling* pada gudang industri kimia," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 18, no. 2, pp. 89–98, 2019.
- [4] N. Lestari, A. Wijaya, and D. Saputra, "Analisis *bottleneck* pada sistem *material handling* gudang pupuk," *Jurnal Logistik dan Manajemen Industri*, vol. 11, no. 3, pp. 167–176, 2022.
- [5] I. Rohmawati, R. Prabowo, and H. Setiawan, "Identifikasi *bottleneck* sistem pergudangan pupuk berbasis simulasi," *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 55–64, 2023.
- [6] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, and D. M. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*, 6th ed. Boston, MA, USA: Pearson Education, 2020.
- [7] R. Simarmata, S. Sinulingga, and M. T. Sembiring, "Evaluation of container yard locations using

- discrete simulation method,” *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 26, no. 2, pp. 210–217, 2024.
- [8] W. D. Kelton, R. P. Sadowski, and N. B. Zupick, *Simulation with Arena*, 7th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2021.
- [9] D. Heitasari, “Analisis sistem pergudangan menggunakan metode simulasi discrete event,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 23, no. 1, pp. 45–54, 2022.
- [10] R. Hidayat and E. Prasetyo, “Evaluasi kinerja *forklift* dalam sistem pergudangan menggunakan simulasi ARENA,” *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 2, pp. 101–110, 2020.
- [11] N. Abd Ghafar and R. Mohamad, “*Discrete event simulation* for warehouse performance improvement,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 16, no. 2, pp. 215–228, 2023.
- [12] N. Lestari, A. Wijaya, and D. Saputra, “Analisis *bottleneck* pada sistem *material handling* gudang pupuk,” *Jurnal Logistik dan Manajemen Industri*, vol. 11, no. 3, pp. 167–176, 2022.
- [13] Purwanto, T.A. (2021). Analisis Sistem Antrian Menggunakan *Software* Simulasi Arena Pada PT Indomobil Trada Nasional (Nissan Depok). Universitas Indraprasta PGRI. Jurnal IKRA-ITH Informatika Vol 5 No 2 Bulan Juli.
- [14] Dewanto, S., & Santosa, A. (2020). Simulasi Sistem Pelayanan Rawat Jalan di Rumah Sakit Menggunakan Simulasi Kejadian Diskrit. Inaque : *Journal of Industrial and Quality Engineering*, 8(1), 25–36. <https://doi.org/10.34010/iqe.v8i1.2725>.
- [15] Fikri, M. A., & Andesta, D. (2023). Memanfaatkan Software Arena Untuk Analisis Sistem Antrian Bbm Pada Spbu Xyz. JUSTI (*Jurnal Sistem Dan Teknik Industri*), 4(1), 98. <https://doi.org/10.30587/justicb.v4i1.6716>.