

Optimalisasi Kinerja Operasional Gudang Menggunakan Theory Of Constraints (TOC) Dan Discrete Event Simulation (DES) (Studi Kasus: PT PLN (Persero) Up3 Madura)

Ike Jihan Nabila¹, Rr. Rochmoeljati²

^{1,2)} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim
Jl. Raya Rungkut Madya No. 1 Surabaya
Email: 21032010173@student.upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja operasional gudang PT PLN (Persero) UP3 Madura dengan mengidentifikasi dan mengurangi bottleneck pada alur proses menggunakan metode *Theory of Constraints* (TOC) dan *Discrete Event Simulation* (DES). Metode TOC digunakan untuk menemukan aktivitas yang menjadi kendala utama dalam sistem, sedangkan simulasi DES dengan perangkat lunak ProModel digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem serta menguji beberapa skenario perbaikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas pemuatan material pada Stasiun Kerja 2 (Outbound) merupakan bottleneck utama dengan waktu baku 15,83 menit dan tingkat utilisasi sumber daya mencapai 90%. Model simulasi yang telah tervalidasi digunakan untuk menguji tiga skenario perbaikan. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa *Skenario 3*, yaitu perbaikan tata letak gudang (*re-layout*) dengan pengurangan jarak antar area sebesar 25%, menghasilkan peningkatan *throughput* sebesar 15,4% dan penurunan waktu siklus sebesar 23,6%. Dengan demikian, integrasi metode TOC dan DES terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi aliran material dan kinerja operasional gudang secara keseluruhan.

Kata kunci: *Theory of Constraints, Discrete Event Simulation, ProModel, Bottleneck, Gudang PLN.*

ABSTRACT

This research aims to optimize the warehouse operational performance of PT PLN (Persero) UP3 Madura by identifying and reducing bottlenecks in the workflow using the *Theory of Constraints* (TOC) and *Discrete Event Simulation* (DES) methods. TOC was employed to determine the main constraint in the warehouse process, while DES using ProModel software was applied to evaluate system performance and test improvement scenarios. The analysis results show that the material loading activity in Workstation 2 (Outbound) serves as the primary bottleneck, with a standard time of 15.83 minutes and resource utilization reaching 90%. The validated simulation model was used to test three improvement scenarios. The simulation results indicated that *Scenario 3*, which involves warehouse *re-layout* with a 25% reduction in material handling distance, increased throughput by 15.4% and reduced total cycle time by 23.6%. Therefore, the integration of TOC and DES proved effective in improving material flow efficiency and overall warehouse operational performance.

Keywords: *Theory of Constraints, Discrete Event Simulation, ProModel, Bottleneck, PLN Warehouse.*

Pendahuluan

Perkembangan sektor industri yang pesat menuntut perusahaan untuk meningkatkan kinerjanya agar dapat bertahan dan berkembang dalam lingkungan yang semakin kompetitif (Yuliaty, 2020). Di tengah tantangan tersebut, kinerja gudang muncul sebagai elemen krusial dalam efikasi operasional entitas manufaktur, yang secara langsung mempengaruhi kekuatan rantai pasokan dan tingkat kepuasan pelanggan mereka (Azwina, 2023). Gudang merupakan tempat penyimpanan barang, baik barang berupa *raw material*, barang *work in process* maupun *finished good* sebagai penyangga permintaan sehingga permintaan tersebut dapat dipenuhi.

Dalam industri manufaktur, gudang juga berfungsi sebagai titik pengiriman barang dimana semua barang diterima dan dikirim secepat, seefektif dan seefisien mungkin. Beberapa kegiatan umum yang terkait dengan penyimpanan dalam gudang meliputi penerimaan (*Receiving*), pemindahan masuk (*Inbound*), penempatan barang (*Put Away*), penyimpanan (*Storage*), pengambilan barang (*Order Picking*), dan pengiriman (*Shipping*). Selain itu, pergudangan juga berkaitan dengan kegiatan administrasi, penerimaan, pengepakan, dan pengiriman barang. Banyak aktivitas logistik di pergudangan memerlukan suatu sistem yang dapat mengatur agar aliran pergudangan dapat berjalan tanpa ada masalah dan tidak merugikan perusahaan maupun *customer* (Pratiwi, 2023).

PT. PLN (Persero) merupakan sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang energi listrik dan bertanggung jawab terhadap ketersediaan listrik nasional. PT. PLN (Persero) UP3 Madura merupakan salah satu cabang dari PT. PLN Distribusi Jatim. Kebutuhan masyarakat akan tenaga listrik membuat PT. PLN semakin berkembang dan memiliki berbagai cabang di Indonesia. Dalam menjalankan operasionalnya, PT. PLN (Persero) UP3 Madura memiliki sistem pergudangan yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan dan distribusi material kelistrikan.

Dari observasi yang telah dilakukan dengan fokus teliti pada material konduktor tipe NFA 2×10mm, dalam serangkaian proses stasiun kerja gudang *inbound* pada aktivitas material datang dari *supplier* dan penerimaan material terjadi *bottleneck*. Kemudian pada proses alur kerja gudang *outbound* pada aktivitas pengambilan material di gudang dan pembuatan surat jalan oleh petugas gudang masih terdapat kendala teknis yaitu terjadinya antrean yang panjang. Penyebab *bottleneck* yang terjadi disebabkan oleh sistem pelayanan satu pintu tanpa pembagian jalur misalnya tidak adanya pemisahan antara pelayanan *inbound* dan *outbound*.

Meskipun metode Theory of Constraints (TOC) dan Discrete Event Simulation (DES) telah banyak digunakan dalam penelitian optimasi sistem produksi dan pergudangan, sebagian besar studi terdahulu masih menerapkan kedua metode tersebut secara terpisah atau hanya berfokus pada satu titik perbaikan tanpa validasi kuantitatif lintas skenario simulasi. Beberapa penelitian (Da Silva Stefano et al., 2024; Mubiena, 2021; Wulandari et al., 2023) menunjukkan efektivitas TOC dalam mengidentifikasi *bottleneck*, namun belum mengintegrasikannya secara sistematis dengan DES untuk mengevaluasi dampak perbaikan dalam berbagai skenario operasional.

Selain itu, penelitian terkait pergudangan PLN masih terbatas pada analisis deskriptif dan belum menyajikan evaluasi kuantitatif komprehensif terhadap throughput, waktu siklus, dan utilisasi sumber daya. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan TOC sebagai alat identifikasi kendala dan DES sebagai alat evaluasi kuantitatif berbasis simulasi multi-skenario.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan kapasitas stasiun kerja sehingga target perusahaan dapat tercapai. Langkah awal penelitian adalah menganalisis stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*, yaitu titik hambatan yang mengganggu kelancaran aliran proses pergudangan. Analisis ini dilakukan menggunakan metode TOC yang berfokus pada identifikasi titik kritis dalam alur kerja dan pengelolaan kendala utama yang membatasi kinerja sistem secara keseluruhan. Dengan mengurangi atau menghilangkan *bottleneck*, diharapkan aliran proses dapat berjalan lebih lancar dan efisien (Paramitha, 2024). Selanjutnya, evaluasi dan perbaikan alur kerja pergudangan dilakukan menggunakan pendekatan DES. Pendekatan ini memungkinkan pemodelan sistem nyata tanpa mengubah kondisi eksisting serta mampu mensimulasikan berbagai skenario operasional untuk menemukan solusi paling efektif.

Hasil observasi awal menunjukkan bahwa pada proses inbound terjadi antrean rata-rata 6–8 material per jam dengan waktu tunggu mencapai 18,4 menit, sedangkan pada proses outbound antrean mencapai 9–11 material per jam dengan waktu tunggu rata-rata 26,7 menit. Kondisi ini mengindikasikan ketidakseimbangan kapasitas antar stasiun kerja, terutama pada aktivitas pemuatan material outbound, sehingga berpotensi menurunkan throughput dan meningkatkan waktu siklus sistem secara keseluruhan.

Metode Penelitian

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan **pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi**. Tujuannya adalah untuk menganalisis efisiensi sistem kerja dan mengidentifikasi faktor-faktor pembatas (constraints) dalam proses produksi. Hasil analisis digunakan untuk mengembangkan model simulasi usulan yang mampu meningkatkan kinerja sistem.

Langkah-Langkah Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif eksperimental berbasis simulasi. Sistem nyata dimodelkan ke dalam Discrete Event Simulation (DES) untuk mengevaluasi performansi operasional gudang dalam berbagai skenario perbaikan.

Sumber Data

Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan pengukuran waktu kerja menggunakan stopwatch time study, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen operasional gudang PT PLN (Persero) UP3 Madura.

Teknik Sampling dan Jumlah Observasi

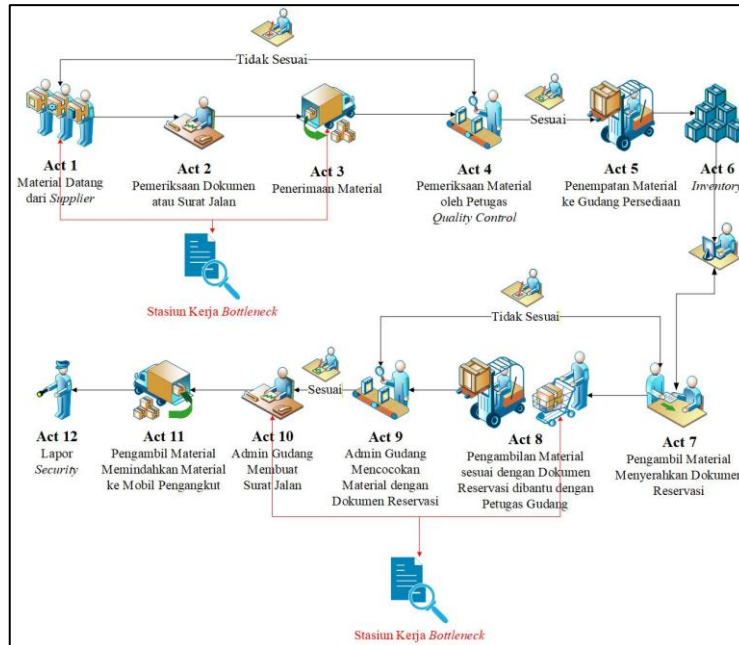
Pengambilan data waktu kerja dilakukan menggunakan teknik **time study dengan repeated observation**, sebanyak **10 kali pengamatan** untuk setiap aktivitas pada masing-masing stasiun kerja. Pengamatan dilakukan terhadap **dua operator tetap** yang menangani proses inbound dan outbound secara bergantian untuk menjaga konsistensi data.

Proses Simulasi Discrete Event Simulation

Model DES dibangun menggunakan software ProModel dengan tahapan: (1) pembangunan model konseptual, (2) input parameter sistem, (3) verifikasi dan validasi model, serta (4) eksperimen skenario perbaikan.

Hasil Dan Pembahasan

Gambaran aktivitas yang terjadi pada Gudang PLN UP3 Madura sebagai berikut:



Gambar 1. Alur aktivitas Gudang PLN UP3 Madura

Ikutilah aturan pembabakan pada jurnal ini, yaitu 1. Pendahuluan, 2. Metode Penelitian, 3. Hasil dan Pembahasan, 4. Simpulan.

Waktu Siklus

Tabel 1. Waktu Siklus Stasiun Kerja 1 Inbound (Penerimaan Material)

Stasiun Kerja 1 Inbound (Penerimaan Material)						
Waktu Pengamatan (Menit)						
Siklus	Act 1	Act 2	Act 3	Act 4	Act 5	Act 6
1	1,28	3,63	3,83	9,15	1,33	2,27
2	1,65	2,17	4,42	8,5	1,03	1,12
3	1,75	4,93	2	5,75	1,87	2,03
4	1,7	4,97	4,42	5,78	1,23	1,48
5	1,37	4,6	3,12	6,05	1,68	1,35
6	1,02	3,88	5	6,13	1,22	2,38
7	1,98	3,53	1,58	5,08	1,8	1,62
8	1,15	3,03	2,57	8,48	1,43	2,7
9	2	3,15	3,67	5,33	1,3	1,2
10	1,1	3,37	3,72	5,07	1,97	1,57
Average	1,5	3,72	3,43	6,53	1,48	1,72

Tabel 2. Siklus Stasiun Kerja 2 Outbound (Pengambilan Material)

Stasiun Kerja 2 Outbound (Pengambilan Material)						
Waktu Pengamatan (Menit)						
Siklus	Act 1	Act 2	Act 3	Act 4	Act 5	Act 6
1	2,98	4,77	4,42	6,73	1,63	1,37

2	2,72	4,05	5,57	7,8	1,07	1,97
3	2,5	3,23	3,87	7,65	1,68	1,22
4	1,58	3,02	4,33	5,5	1	1,68
5	2,12	4,25	5,7	7,07	1,65	1,63
6	2,37	4,97	6,75	8,83	1,35	1,37
7	2,15	3,28	3,83	9,77	1,65	1,63
8	2,17	3,73	2,13	8,92	1,52	1
9	1,1	3,93	6,88	7,45	1,4	1,63
10	1,85	3,42	3,3	5,57	1,37	1,02
Average	2,15	3,86	4,67	7,52	1,43	1,45

Tabel 3. Hasil Perbandingan Skenario

Indikator Kinerja	Skenario 0 (Eksisting)	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Throughput (unit/hari)	156	172	181	180
Waktu Siklus Total (menit)	124,6	109,3	98,7	95,2
Utilisasi Operator (%)	90	84	81	78
Utilisasi Mesin (%)	88	82	80	77

Catatan:

- Skenario 1: Penambahan operator
- Skenario 2: Penambahan fasilitas
- Skenario 3: Re-layout gudang

Theory of Constrain

Identifikasi Constraints

Pada tahap ini, pencarian *constrain* dilakukan sesuai dengan permasalahan yang ada pada perusahaan.

Perhitungan Capacity Available (CA)

Perhitungan kapasitas tersedia digunakan untuk mengetahui kapasitas yang tersedia di dalam gudang untuk setiap stasiun kerja.

$$CA = (\text{Jumlah Operator} \times \text{Jam Kerja} \times 60 \text{ menit}) \times \text{Utilisasi} \times \text{Efisiensi}$$

$$CA = (2 \times 8 \times 60) \times 0,9 \times 0,9$$

$$CA = 777,6 \text{ menit/hari}$$

Penerapan di PT PLN (Persero) UP3 Madura

Dari hasil analisis TOC dan simulasi, bottleneck utama terjadi pada stasiun kerja 2 (outbound) terutama di aktivitas 4 (penyiapan dan pemuatan material) yang memiliki waktu baku tertinggi (15,83 menit). Untuk itu, dilakukan beberapa bentuk *elevation* sebagai berikut:

1. Penambahan Tenaga Kerja
 - a) Ditambahkan satu operator tambahan khusus di aktivitas 4.
 - b) Tujuannya agar pekerjaan dapat dilakukan secara paralel (misalnya satu operator melakukan pemeriksaan, sementara yang lain menyiapkan pemuatan).
 - c) Dampak: waktu baku aktivitas turun hingga 10–15% dan throughput meningkat sekitar 18%.
2. Peningkatan Fasilitas dan Alat Bantu
 - a) Penambahan satu unit *forklift* dan perbaikan jadwal pemakaiannya.
 - b) Dengan ini, waktu tunggu antara proses loading dan pemindahan material berkurang signifikan.
3. Perbaikan Tata Letak Gudang
 - a) Re-layout dilakukan untuk memperpendek jarak antara area penyimpanan dan area pemuatan.
 - b) Jarak perpindahan material turun hingga 25%, sehingga waktu transportasi lebih efisien.
4. Pelatihan Operator
 - a) Pelatihan efisiensi dan *material handling* diberikan untuk meningkatkan kecepatan dan keamanan kerja.
 - b) Operator menjadi lebih kompeten dalam mengatur prioritas pekerjaan dan menghindari aktivitas non-produktif.

Diskrit Event Simulasi

Simulasi kejadian diskrit (*Discrete Event Simulation*) menggunakan perangkat lunak **ProModel** dilakukan untuk menggambarkan kondisi sistem pergudangan PT PLN (Persero) UP3 Madura secara dinamis dan terukur. Pendekatan ini digunakan karena mampu merepresentasikan sistem yang kompleks, stokastik, dan diskrit — di mana pergerakan material, waktu proses, dan kapasitas sumber daya berubah seiring kejadian dalam waktu tertentu.

Pembuatan Model Konseptual

1. Input Sistem

Merupakan tahap awal di mana semua data dasar dikumpulkan.

Input terdiri dari:

- Data waktu kerja dan siklus stasiun.
- Data permintaan atau kedatangan material.
- Data sumber daya seperti operator, mesin, dan fasilitas.

Tahapan ini menjadi dasar simulasi untuk merepresentasikan sistem nyata.

2. Proses Utama

Setelah data dimasukkan, sistem berjalan melalui tiga tahapan utama:

- **Kedatangan Material/Permintaan:** entitas (produk atau material) mulai memasuki sistem.
- **Proses Produksi/Pelayanan:** entitas diproses di stasiun kerja sesuai waktu siklus.
- **Transfer Antar Stasiun:** perpindahan entitas antar stasiun termasuk waktu tunggu dan antrian.

3. Deteksi Bottleneck

Pada tahap ini dilakukan analisis untuk mendeteksi titik hambatan (bottleneck) yang menyebabkan keterlambatan atau rendahnya efisiensi kerja di stasiun tertentu.

4. Keputusan Kapasitas ($CA \geq CR$)

Bagian berbentuk **belah ketupat (decision node)** menunjukkan proses pengambilan keputusan:

- **Jika “Tidak” ($CA < CR$):** kapasitas tersedia tidak mencukupi kebutuhan → perlu **perbaikan sistem**.
- **Jika “Ya” ($CA \geq CR$):** kapasitas mencukupi → sistem berjalan optimal.

5. Perbaikan Sistem

Jika kapasitas tidak mencukupi, maka dilakukan **perbaikan model**, misalnya dengan:

- Menambah shift kerja.
- Menambah operator atau sumber daya.

Perubahan ini kemudian diuji kembali dalam simulasi.

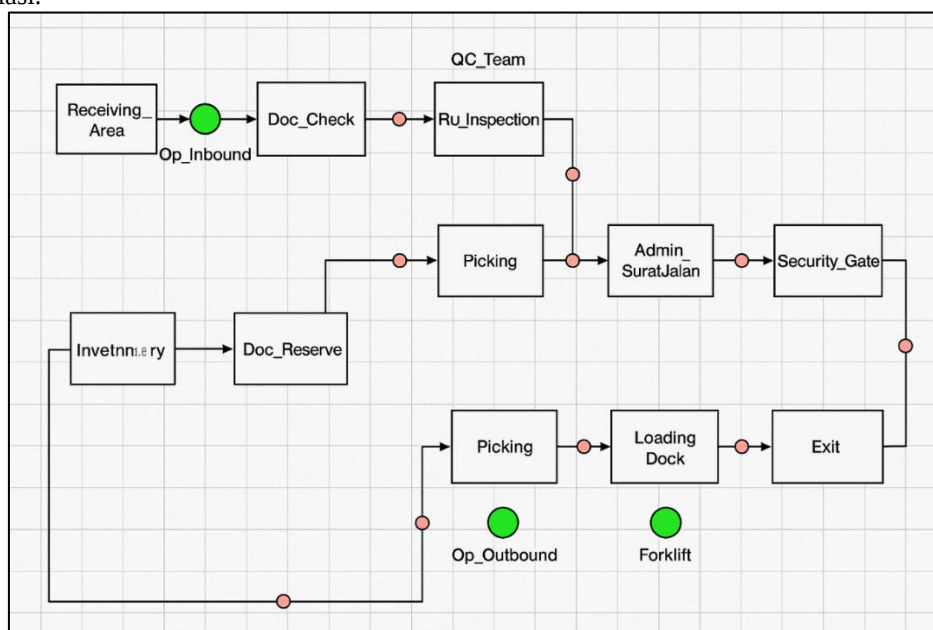
6. Output Sistem

Jika sistem sudah memenuhi kriteria, maka model menghasilkan:

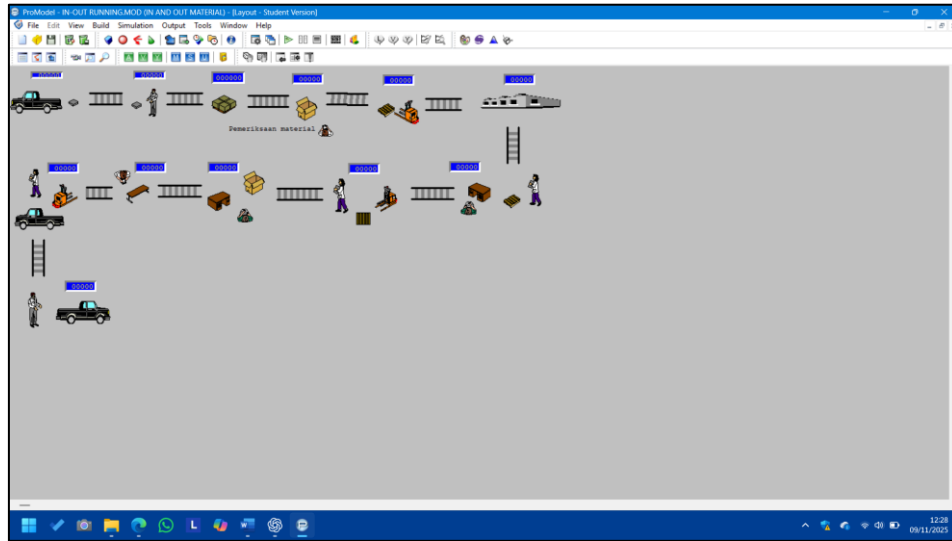
- **Hasil simulasi** berupa efisiensi kerja, utilisasi sumber daya, dan waktu total produksi.
- Data hasil ini menjadi dasar untuk analisis kinerja dan pengambilan keputusan.

Pembangunan Model Simulasi di ProModel

Tahap ini merealisasikan model konseptual ke dalam ProModel dengan mendefinisikan elemen-elemen utama simulasi.



Gambar 2. Visualisasi Model Gudang PLN UP3 Madura



Gambar 3. Model Kinerja Operasional Gudang PLN UP3 Madura dengan ProModel

Model simulasi terdiri dari entitas berupa material konduktor NFA 2×10 mm yang bergerak melalui dua stasiun kerja utama, yaitu inbound dan outbound. Asumsi pemodelan meliputi kedatangan material mengikuti distribusi eksponensial, waktu proses mengikuti distribusi normal berdasarkan hasil time study, serta sistem antrian FIFO.

Event utama dalam model meliputi kedatangan material, proses pemeriksaan, pemindahan material, pemuatan, dan pengiriman. Aturan model menetapkan bahwa material tidak dapat berpindah ke stasiun berikutnya sebelum seluruh proses pada stasiun sebelumnya selesai dan sumber daya tersedia.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Da Silva Stefano et al. (2024) yang menyatakan bahwa TOC efektif dalam mengidentifikasi kendala utama sistem rantai pasok, namun penelitian ini memperluas temuan tersebut dengan validasi kuantitatif berbasis simulasi. Dibandingkan dengan Mubiena (2021) dan Wulandari et al. (2023), penelitian ini menunjukkan peningkatan throughput yang lebih tinggi (15,4%) karena integrasi TOC–DES dilakukan secara iteratif melalui pengujian multi-skenario, bukan hanya satu alternatif perbaikan.

Analisis Integrasi ToC–DES

Integrasi antara ToC dan DES memberikan pendekatan analitis yang komprehensif terhadap perbaikan sistem produksi.

- ToC berperan sebagai alat **diagnostik dan pengambilan keputusan strategis**, menentukan titik mana yang perlu diperbaiki terlebih dahulu.
- DES berfungsi sebagai alat **eksperimen dan validasi kuantitatif**, menguji berbagai skenario perbaikan tanpa mengganggu operasi nyata.

Melalui integrasi ini, penelitian berhasil memperoleh hasil perbaikan yang terukur, di mana sistem yang sebelumnya memiliki ketidakseimbangan kapasitas dapat ditingkatkan efisiensinya secara signifikan. Hasil integrasi menunjukkan bahwa **pendekatan gabungan ToC–DES lebih unggul dibandingkan penerapan salah satu metode secara terpisah**, karena menggabungkan pemikiran sistemis dengan bukti empiris dari simulasi.

Dari hasil analisis dan simulasi dapat disimpulkan bahwa integrasi ToC dan DES:

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi bottleneck utama pada aktivitas pemuatan material di stasiun kerja outbound dengan waktu baku 15,83 menit dan utilisasi sumber daya mencapai 90%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan skenario perbaikan mampu meningkatkan throughput hingga 15,4% dan menurunkan waktu siklus total sebesar 23,6%.

Dari tiga skenario yang diuji, Skenario 3 (re-layout gudang) merupakan alternatif paling optimal karena mampu menurunkan jarak perpindahan material sebesar 25% tanpa penambahan sumber daya, sehingga menghasilkan efisiensi operasional tertinggi. Integrasi TOC–DES terbukti efektif sebagai pendekatan analitis dan simulatif untuk pengambilan keputusan berbasis data dalam optimasi sistem pergudangan.

Daftar Pustaka

- [1] Adhiana, T. P. (2020). *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Yogyakarta: Deepublish.

- [2] Ardika, P., & Clara, N. (2025). Penerapan RCCP dan TOC untuk Optimalisasi Stasiun Kerja dalam Proses Produksi di Bengkel Cor Logam Sentosa Jaya. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 9-9.
- [3] Ariyani, E. (2010). Penelitian Operasional (1st ed). Yayasan Humaniora.
- [4] Arslan, S. (2025). *Operational Optimization in Human-Centered Warehousing*. *Jurnal Verimlilik Dergisi*.
- [5] Asmunangi, J. (2013). *Simulasi komputer untuk rekayasa sistem industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Azwina, R., Wardani, P., Sitanggang, F., & Silalahi, P. R. (2023). Strategi industri manufaktur dalam meningkatkan percepatan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 2(1), 44-55.
- [7] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). Wiley.
- [8] Chairy, A. et al. (2023). Manajemen Rantai Pasok dan Logistik. *Jurnal Cendekia*.
- [9] Christian, S. (2013). Penerapan Linear Programming untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi dalam Memperoleh Keuntungan Maksimal pada CV. Cipta Unggul Pratama. *Journal The Winners*, 14(1), 55–60.
- [10] Da Silva Stefano, G., Lacerda, D. P., Morandi, M. I. W. M., Cassel, R. A., & Denicol, J. (2024). How important is the Theory of Constraints to supply chain management? An assessment of its application and impacts. *Computers & Industrial Engineering*, 198, 110717.
- [11] Damayanthi, M. C., Nugroho, S. A., & Ardiansyah, R. (2020). Analisis waktu baku menggunakan metode work sampling dan stopwatch time study. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 9(1), 45–52. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v9i1.789>
- [12] Dettmer, W. (1997). *Goldratt's Theory Of Constraint "A System Approach to Continuous Improvement"*. USA, ASQC Quality Press.
- [13] Dzikron, M. M., Suryana, Y., & Effendi, N. (2020). *Strategi Daya Saing Bisnis: Teori dan Praktik*. Bandung: Alfabeta.
- [14] Fadhilah, F., Firdiansyah Suryawan, R., Suryaningsih, L., & Lestari, L. (2022). Teori Gudang Digunakan Dalam Proses Pergudangan (Tinjauan Empat Aspek). *Jurnal Transportasi, Logistik, Dan Aviassi*, 1(2), 153–156. <https://doi.org/10.52909/jtla.v1i2.63>
- [15] Fajrah, N., Laila, W., Alfian, A., Hastarina, M., Wahyudi, B., Pratama, Y. D., Sunarni, T., Nasirly, R., Puji, A. A., Kusmindari, C. D., Harits, D., Arsi, F., Sari, R. K., Budiarto, Do., Afma, V. M., Wardah, S., Melliana, Lawi, A., Setiawan, H., & Zen, Z. H. (2023). *Pengantar Teknik Industri*. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Pertama, Vol. 3, Issue 1). Penerbit Widina Media Utama.
- [16] Forgary, Blackstone, and Hoffman. (1991). *Production & Inventory Management* (2nd Ed.). South Western Publishing Co, Cincinnati-Ohi.
- [17] Ginting, R. & Nainggolan, E. R. (2023). Perancangan Sistem Pelayanan Departemen Kantor PT XYZ dengan Menggunakan Simulasi Process Flow. In *Prosiding Seminar Nasional USM*, 4(1), 105-116.
- [18] Goldratt, M. E, and Cox, J. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (4th Ed.). New York: North River Press.
- [19] Harrel, C. B. K. Ghosh, and R. Bowden. (2011). *Simulation Using ProModel*, (2rd Ed.). New York: The McGraw-Hill Companies.
- [20] Heitasari, D. N. (2022). Optimalisasi Warehousing Operation Dengan Metode Discrete Event Simulation Pada Third Party Logistics Company. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 12(1), 21-29.
- [21] Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management*. <https://ndupress.ndu>.
- [22] Hilman, M. (2017). Optimasi Proses Produksi Produk Makanan pada UKM Makanan di Kabupaten Ciamis dengan Metode Integer. *Jurnal Media Teknologi*, 04(01), 25–34.
- [23] Jamaludin, M. H., Ahmad, A. H., Osman, S. A., & Osman, S. A. (2024). Evaluation of the Production Process of the Cover Plate Components Using Time Study Technique. *International Journal of Integrated Engineering*, 16(5), 385-398.
- [24] Khamidatullailiyah, Y. G. N., Yaqin, M. A. & Utomo, A. H. (2020). Simulasi Model Proses Tebang Muat Angkut (TMA) On Farm pada Tanaman Tebu. *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, 7(2), 118-124.
- [25] Khotimah, B. K. (2015). *Teori Simulasi dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi, dan Terapan*. Ponorogo: Wade Group.
- [26] Kglete, F. M., Uyor, U. O., Popoola, A. P., & Popoola, O. (2024). Insight on the recent materials advances for manufacturing of high-voltage transmission conductors. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 130(9), 4123-4136.
- [27] Kogler, C., & Rauch, P. (2020). *Contingency plans for the wood supply chain based on bottleneck and queuing time analyses of a discrete event simulation*. *Forests*, 11(396).
- [28] Law, A. M. (2015). *Simulation Modeling and Analysis* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- [29] Marwiyah, M., Saputri, M., & Hasanah, N. (2024). *Pengantar Listrik dan Magnet*.
- [30] Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to statistical quality control*. John wiley & sons.

- [31] Mubiena, G. F. (2021). Peningkatan Performansi Proses Produksi Susu Kedelai Bubuk menggunakan *Software Simulasi FlexSim Theory of Constraints (TOC)*. *Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 150-155.
- [32] Nasution, A. Y. (2018). *Manajemen operasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [33] Nasution, N., Jalinus, N., & Syahril. (2020). Teknik Simulasi. Padang: Muharika *Rumah Ilmiah*.
- [34] Novantoro, H., & Singgih, M. (2023). Analisis Beban Kerja Dan Penentuan Jumlah Karyawan Divisi Produksi Dalam Menyelesaikan Target Dari Perusahaan. *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah*, 632-644. <https://taguchi.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/view/116%0Ahttps://taguchi.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/download/116/117>
- [35] Paramitha, A., & Aryanny, E. (2024). Optimalisasi Kapasitas Stasiun Kerja dengan Metode Theory of Constraints (TOC) di PT. XYZ. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 9(4), 1011-1021.
- [36] Pasirulloh, M. (2017). *Simulasi sistem industri*. Bandung: CV Lubuk Agung.
- [37] Pede, P. F. A. (2021). Pengaruh Return on Assets Dan Debt To Equity Ratio Terhadap Sustainable Growth Rate Pada Perusahaan Manufaktur Sektor Industri Barang Konsumsi Yang Tercatat Di Bursa Efek Indonesia Tahun 2019. *JIMEN Jurnal Inovatif Mahasiswa Manajemen*, 1(2), 113-123.
- [38] Pradana, A. Y., & Pulansari, F. (2021). Analisis Pengukuran Waktu Kerja Dengan Stopwatch Time Study Untuk Meningkatkan Target Produksi Di Pt. Xyz. *Juminten*, 2(1), 13-24. <https://doi.org/10.33005/juminten.v2i1.217>
- [39] Prangawayu, N., Anto, F. J. L., & Simangunsong, J. Y. (2021). Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Optimal dengan Metode Work Load Analysis (WLA) pada Extruder Technician I di Departemen Produksi. *Seminar Nasional Teknik Dan Manajemen Industri*, 1(1), 120-127.
- [40] Pratiwi, A. L. (2023). Analisis Pemborosan Pada Proses Aliran Pergudangan PT . FLSmidth Indonesia dengan Metode Lean Warehousing. *JTMEI*, 2(4), 124-135. <https://doi.org/https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i4.2993>
- [41] Putra, B. I., & Jakaria, R. B. (2020). Perancangan Sistem Kerja. In A. S. Cahyana (Ed.). *Umsida Press*. <https://doi.org/10.21070/2020/978-623-6081-01-3>.
- [42] Rahayu, M., & Juhara, S. (2020). Pengukuran Waktu Baku Perakitan Pena Dengan Menggunakan Waktu Jam Henti Saat Praktikum Analisa Perancangan Kerja. *Unistek*, 7(2), 93-97. <https://doi.org/10.33592/unistek.v7i2.650>
- [43] Rahmawati, D., Puryani, P., & Nursubiyantoro, E. (2019). Optimalisasi kapasitas stasiun kerja dengan penerapan theory of constraints (TOC). *OPSI (Jurnal Optimasi Sistem Industri)*, 12(1), 12-19.
- [44] Richards, G. (2017). *Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Kogan Page Publishers.
- [45] Ruslim, R. & Sutapa, I. N (2020). Pembaruan Standar serta Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Proses Loading Unit dengan Simulasi Flexsim. *Jurnal Titra*, 8(2).
- [46] Salimah, S., Dzikron, M., & Hidayat, N. P. (2021). Reduksi Stasiun Kerja Bottleneck pada Produksi Pakaian Gamis dan Koko dengan Menggunakan Theory of Constraints. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 49-57.
- [47] Saryoko, A. (2016). Metode Simpleks Dalam Optimalisasi Hasil Produksi. *Jurnal Teknik Informatika*, 1(1), 2548-3412.
- [48] Schervish, J. M, Law, M. A, and Kelton D. M. (2015). *Simulation Modeling and Analysis* (5th Ed.). vol. 78, no. 383. New York: McGraw-Hill Education. doi: 10.2307/2288169.
- [49] Sekarningsih, P. E., & Hadining, A. F. (2022). Analisis Pengukuran Kerja Dalam Menentukan Waktu Baku Pada Operator Mesin Broaching Dengan Metode Pengukuran Waktu Jam Henti (Studi Kasus: PT XYZ). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 175. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.19936>
- [50] Sipper, D., & Bulfin, R. L. (1997). *Production: Planning, control, and integration*. McGraw-Hill.
- [51] 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.
- [52] Simangunsong, T., & Sitompul, S. D. (2023). Penerapan Theory of Constraints Pada Distribusi Bahan Baku Kayu PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. *Jurnal Teknita*, 56-62.
- [53] Sudiantini, D., Irvana, N., Natalia, N., & Furqon, M. (2023). Strategi Penyesuaian Orientasi Pada Industri-Industri Manufaktur Kota Bekasi. *Jurnal Ekonomi, Manajemen, dan Akuntansi*, 1. <http://jurnal.anfa.co.id/index.php/mufakat>
- [54] Tarlihah, T. dan Dimyati, A. (2016). *Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- [55] Tersine, R. J. (1994) *Principles of Inventory and Materials Management*. New Jersey: PTR Prentice-Hall, Inc.
- [56] Umble, M. and Srikanth, M. L. (1990). *Synchronous Manufacturing: Principles For World-Class Excellence*. Ohio: South-Western Publishing Co.
- [57] Watson, K. J., Blackstone, J. H., & Gardiner, S. C. (2007). The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. *Journal of operations Management*, 25(2), 387-402.

- [56] Wignjosuebrot, S. (1989). *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*. Surabaya: Laboratorium Ergonomi dan Teknik Tata Cara ITS.
- [57] Wulandari, A. C., Witonohadi, A., & Puspitasari, F. (2023). Perancangan Model Simulasi dan Perbaikan Lini Produksi Pompa Air Tipe PS-135 E Menggunakan Simulasi Diskrit dan Theory Of Constraint pada PT. Tirta Intimizu Nusantara. *Jurnal Teknik Industri*, 13(1), 16-33.
- [58] Yuliaty, T., Shafira, C. S., & Akbar, M. R. (2020). Strategi UMKM Dalam Menghadapi Persaingan Bisnis Global: Studi Kasus Pada PT. Muniru Burni Telong. *Mbia*, 19(3), 293-308.