

Productivity Improvement through Line Balancing Measurement in the Loom Section Using the Ranked Positional Weight (RPW) Method: Peningkatan Produktivitas Melalui Pengukuran Line Balancing Pada Section Loom Menggunakan Metode Ranked Positional Weight (RPW)

Abiyan Falih Fauzi

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Joumil Aidil Saifuddin Z.S

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

General Background: The textile industry's productivity hinges significantly on the efficiency of its production lines. **Specific Background:** At PT XYZ, the section loom area has persistently failed to meet monthly production targets, achieving less than 80% output. **Knowledge Gap:** Existing work distribution methods lack optimization, resulting in unbalanced workloads and excessive idle time. **Aim:** This study aims to enhance productivity through line balancing using the **Ranked Positional Weight (RPW)** method. **Results:** Initial conditions with three workstations yielded a line efficiency of 58.92%, a balance delay of 41.08%, and 422.48 minutes of idle time. Reconfiguring the system into four workstations using the RPW method increased line efficiency to 72.12%, reduced balance delay to 27.88%, and decreased idle time to 310.34 minutes. **Novelty:** The application of RPW in this specific section loom context provides a quantifiable strategy for balancing workloads and improving flow. **Implications:** These findings confirm the RPW method as an effective tool for optimizing production lines, offering a replicable solution for similar industrial settings to boost overall productivity.

Highlights:

- Highlights the use of RPW to solve production inefficiency.
- Demonstrates measurable gains in efficiency and idle time reduction.
- Offers a replicable model for workload balancing in manufacturing.

Keywords: Line Balancing, Ranked Positional Weight, Productivity Improvement, Textile Industry, Workload Optimization

Pendahuluan

Dalam industri manufaktur, pencapaian efisiensi proses produksi merupakan aspek krusial untuk meningkatkan daya saing perusahaan di tengah kondisi pasar yang dinamis [1]. Salah satu pendekatan utama untuk mencapai efisiensi tersebut adalah melalui perencanaan dan pengaturan stasiun kerja secara optimal [2]. Stasiun kerja yang dirancang dengan baik memungkinkan distribusi beban kerja yang seimbang, pengurangan waktu tunggu, serta pemanfaatan sumber daya manusia dan mesin secara maksimal [3]. Efisiensi proses ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan produktivitas dan kualitas *output*, sekaligus menurunkan biaya produksi [4].

Salah satu tantangan utama dalam produksi massal adalah terjadinya *bottleneck* dan *idle time* yang tinggi akibat ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun [5]. Ketidakseimbangan ini menyebabkan sebagian stasiun mengalami beban berlebih, sementara stasiun lain mengalami waktu menganggur, sehingga aliran produksi terganggu dan target *output* tidak tercapai secara optimal [6]. Untuk mengatasi permasalahan ini, metode *line balancing* digunakan sebagai teknik penyeimbangan lini produksi agar beban kerja pada setiap stasiun dapat dibagi secara proporsional [7]. *Line balancing* bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan waktu kerja di seluruh stasiun guna mencapai efisiensi dan produktivitas yang maksimal [8].

PT XYZ, perusahaan manufaktur kemasan berbahan dasar *polypropylene* (PP), menghadapi masalah serupa pada proses *section loom* yang merupakan tahapan penting dalam menghasilkan kain tenun (*woven fabric*) sebagai bahan dasar kemasan. Proses ini melibatkan serangkaian aktivitas mulai dari pemasangan benang, penenunan dengan mesin *circular loom*, hingga penggulungan hasil tenunan. Namun, dalam praktiknya, proses tersebut masih menunjukkan adanya ketidakseimbangan antar stasiun yang berdampak pada rendahnya efisiensi lini dan tidak tercapainya target produksi. Hal ini diperparah oleh kendala teknis seperti putusnya benang, pergantian gulungan, serta waktu *setting* mesin yang mengganggu kelancaran proses produksi.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) sebagai teknik analisis *line balancing* yang berfokus pada penentuan urutan elemen kerja berdasarkan bobot posisi [9]. Metode RPW pertama kali diperkenalkan oleh Helgeson dan Birnie (1961), yang menghitung bobot posisi dengan menjumlahkan waktu dari suatu elemen kerja ditambah seluruh elemen kerja yang mengikuti dalam urutan proses [10]. Bobot ini kemudian digunakan untuk menentukan prioritas penempatan elemen kerja ke dalam stasiun, dengan mempertimbangkan keterkaitan dan ketergantungan antar tugas [11].

Alasan utama penggunaan metode RPW dalam penelitian ini adalah karena sifatnya yang sistematis, fleksibel, dan mempertimbangkan hubungan logis antar elemen kerja dalam proses produksi. Metode ini sangat efektif digunakan untuk proses manufaktur yang kompleks, seperti *section loom*, yang memiliki banyak tahapan kerja saling terkait. Dengan menyusun elemen kerja berdasarkan urutan prioritas bobot posisi, RPW memungkinkan pembagian tugas yang lebih seimbang di setiap stasiun kerja, sehingga mengurangi *idle time* dan memperbaiki aliran proses produksi secara keseluruhan. Penelitian sebelumnya oleh [12] juga menunjukkan bahwa penerapan metode RPW mampu meningkatkan efisiensi lini produksi hingga 18,7% pada industri sejenis.

Melalui penerapan metode RPW pada *section loom* di PT XYZ, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan distribusi beban kerja yang lebih merata antar stasiun, meningkatkan efisiensi lini, serta mempercepat aliran produksi menuju proses berikutnya [13]. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dan aplikatif terhadap permasalahan ketidakseimbangan lini produksi, serta menjadi acuan dalam perencanaan sistem kerja yang lebih efisien di industri manufaktur.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di PT XYZ, sebuah perusahaan manufaktur kemasan berbahan dasar *polypropylene* (PP) yang berlokasi di Jawa Timur. Proses pengumpulan data dilakukan pada bulan Januari 2025 hingga seluruh informasi yang diperlukan berhasil diperoleh. Penelitian difokuskan pada divisi *loom* (perajutan), yang menjadi bagian penting dalam proses produksi *woven bag* dan sering mengalami ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup elemen-elemen kerja, waktu penyelesaian setiap elemen dan waktu siklus. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap aktivitas operator serta wawancara kepada tenaga kerja dan pembimbing lapangan. Data waktu kerja diukur secara langsung menggunakan metode *time study* pada setiap elemen kerja di section *loom*, yang terdiri dari tiga kelompok besar aktivitas. Hasil pengamatan waktu kerja tersebut selanjutnya dianalisis untuk menghasilkan waktu normal dan waktu baku sebagai dasar perhitungan efisiensi.

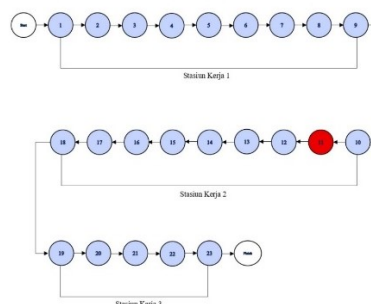
Untuk memperoleh waktu normal, digunakan metode penyesuaian berdasarkan faktor-faktor kinerja operator dengan pendekatan *Westinghouse* [14]. Faktor-faktor seperti keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi diamati dan diklasifikasikan ke dalam kategori penilaian tertentu. Dari hasil penilaian tersebut diperoleh nilai faktor penyesuaian (*performance rating*) sebesar +1,21. Selanjutnya, dilakukan penambahan nilai kelonggaran (*allowance*) sebesar 17%, yang dihitung berdasarkan beberapa kondisi di lapangan, seperti kerja dalam posisi berdiri dalam durasi lama, gerakan kerja yang terbatas, lingkungan yang bising, suhu kerja yang normal, serta kebutuhan pribadi pekerja. Nilai *allowance* ini digunakan untuk menghitung waktu baku, yang menjadi dasar dalam penerapan metode *line balancing*.

Dalam tahap pengolahan data, penelitian ini menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Metode RPW digunakan untuk menghitung bobot posisi dari setiap elemen kerja, dengan cara menjumlahkan waktu proses dari elemen tersebut beserta seluruh elemen yang mengikuti berdasarkan urutan kerja. Hasil perhitungan bobot ini dijadikan acuan untuk menyusun urutan elemen kerja dari prioritas tertinggi ke terendah. Dengan demikian, proses pembagian elemen kerja ke dalam stasiun kerja dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur, guna mencapai keseimbangan lintasan yang optimal. Metode ini dipilih karena mampu menangani proses produksi yang memiliki keterkaitan logis antar elemen kerja dan dapat meningkatkan efisiensi lini secara signifikan, sebagaimana telah dibuktikan dalam studi sebelumnya.

Hasil dan Pembahasan

A. Kondisi Awal Stasiun Kerja

Analisa kondisi awal dilakukan dengan menentukan waktu siklus yang diperoleh dari pengelompokan elemen-elemen kerja kedalam stasiun-stasiun kerja. Kondisi awal stasiun kerja pada section *loom* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Precedence Diagram Awal*

Waktu dari hasil pengelompokan elemen-elemen kerja ke dalam stasiun kerja awal dapat dilihat pada

Stasiun Kerja	No	Proses	Waktu Siklus	Waktu Normal	Waktu Baku	Total Waktu Baku
1	1	Mengambil <i>cone</i> benang dari rak penyimpanan	13,78	16,67	19,51	138,41
	2	Memasang benang di <i>creel</i>	17,90	21,66	25,34	
	3	Memasukkan benang ke <i>eyelet creel</i>	10,30	12,46	14,58	
	4	Memasukkan benang ke penyisiran	11,70	14,16	16,56	
	5	Penarikan benang ke <i>eyelet bow</i>	7,13	8,63	10,09	
	6	Memasukkan benang ke kompensator	8,45	10,22	11,96	
	7	Memasukkan benang ke <i>wear head</i>	8,37	10,13	11,85	
	8	Memasukkan benang ke <i>reed ring</i>	8,62	10,43	12,20	
	9	Memasang benang ke <i>shuttle</i>	11,53	13,95	16,32	
2	10	Setup mesin <i>circullar loom</i>	10,05	12,16	14,23	342,78
	11	Proses perajutan dengan mesin <i>circular loom</i>	151,75	183,61	214,82	
	12	Penggantian <i>shuttle</i> secara berkala	18,13	21,94	25,67	
	13	Mengambil <i>cone</i> pengganti (ganti benang)	4,18	5,06	5,92	
	14	Melepas <i>cone</i> lama	5,95	7,20	8,42	
	15	Memasang <i>cone</i> baru pada <i>creel</i>	7,22	8,74	10,22	
	16	Menyambungkan benang baru ke jalur lama (<i>splicing</i>)	8,55	10,35	12,10	
	17	Operasional dan kontrol berkala	31,03	37,55	43,93	
	18	Penyesuaian ketegangan benang saat proses berjalan	5,28	6,39	7,47	
3	19	Penggulungan hasil rajutan	44,32	53,63	62,74	124,67
	20	Penimbangan <i>roll woven</i>	10,20	12,34	14,44	
	21	Inspeksi dan QC hasil <i>woven roll</i>	13,02	15,75	18,43	
	22	Pencatatan hasil inspeksi (<i>passed/reject</i>)	7,30	8,83	10,33	

	23	Pengiriman ke gudang atau <i>section</i> selanjutnya	13,23	16,01	18,73	
--	----	---	-------	-------	-------	--

Tabel 1. Pengelompokkan Elemen Kerja dalam Stasiun Kerja Awal

Dari pengolahan data diatas selanjutnya menghitung *Line Efficiency*, *Balance Delay*, dan *Idle Time* sebelum dilanjutkan pengolahan dengan metode RPW.

Menghitung Line Efficiency Awal

$$LE = \frac{\sum T_i}{N \times C} \times 100\%$$

$$LE = \frac{605,86}{3 \times 342,78} \times 100\% = 58,92\%$$

Menghitung Balance Delay Awal

$$BD = 100\% - LE$$

$$BD = 100\% - 58,92\% = 41,08\%$$

Menghitung Idle Time Awal

$$Idle Time (IT) = (N \times C) - \sum T_i$$

$$Idle Time (IT) = 422,48 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan awal, diperoleh nilai *line efficiency* sebesar 58,92%. Nilai ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 58,92% dari total waktu yang tersedia pada lintasan produksi *section loom* di PT XYZ yang digunakan secara efektif untuk aktivitas kerja. Sementara itu, *balance delay* yang dihasilkan sebesar 41,08% menunjukkan tingginya ketidakseimbangan dalam pembagian beban kerja antar stasiun, yang berpotensi menyebabkan hambatan dalam alur produksi. Selain itu, total waktu menganggur (*idle time*) sebesar 422,48 menit semakin memperkuat indikasi bahwa lintasan produksi belum berjalan secara optimal. Kondisi ini menunjukkan perlunya upaya perbaikan melalui penerapan metode *line balancing*, seperti *Ranked Positional Weight* (RPW), untuk meningkatkan efisiensi kerja, meminimalkan *idle time*, serta mengoptimalkan hasil produksi.

B. Penerapan *Line Balancing* menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Aliran produksi di dalam proses produksi dan perakitan umumnya dibagi menjadi beberapa kelompok elemen dalam stasiun-stasiun kerja yang berbeda. Tiap-tiap stasiun kerja mempunyai benda kerja dan waktu operasi yang berbeda pula, sehingga kelancaran dan kemungkinan mencapai target produksi semakin bertambah kecil karena masalah ini [15]. Dalam memecahkan masalah keseimbangan lintasan pada PT XYZ digunakan Metode Heuristic, dimana metode ini yang digunakan dalam memecahkan keseimbangan lintasan ini adalah Metode *Rank Position Weight* (RPW) [16]. Metode RPW pada suatu operasi dinyatakan dengan jumlah waktu dan suatu operasi yang dicari bobot posisinya ditambah dengan semua waktu dari operasi-operasi yang mengikutinya pada *precedence diagram* proses pada *section loom*.

C. Penentuan Bobot Elemen Kerja

Bobot posisi dinyatakan sebagai jumlah waktu untuk semua elemen kerja yang mengikuti suatu elemen kerja ditambah dengan waktu elemen kerja [17]. Setelah itu, dilakukan perhitungan bobot posisi untuk masing-masing elemen kerja dalam suatu proses produksi. Elemen-elemen tersebut kemudian diurutkan berdasarkan nilai bobot posisi dari yang tertinggi hingga terendah. Metode RPW selanjutnya digunakan untuk menetapkan elemen kerja ke dalam stasiun kerja secara optimal, dengan mempertimbangkan urutan prioritas dan waktu proses masing-masing elemen. Nilai bobot posisi RPW dari setiap elemen ditentukan, dan elemen tersebut dialokasikan ke *workstation*. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk menentukan jumlah stasiun kerja yang paling optimal [18].

D. Mengelompokkan Stasiun Kerja

Setelah menentukan jumlah minimum stasiun kerja, langkah selanjutnya adalah mengelompokkan elemen kerja ke dalam stasiun menggunakan metode RPW untuk menghitung *line efficiency* dan *balance delay*. Diasumsikan jam kerja efektif perusahaan adalah 420 menit per hari dengan target produksi 1700 meter *woven roll*.

$$\text{Stasiun Kerja} = \frac{\text{Targer Perusahaan}}{\text{Waktu Kerja Sehari}}$$

$$\text{Stasiun Kerja} = \frac{1700}{420}$$

$$\text{Stasiun Kerja} = 4,04 = 4 \text{ Stasiun kerja}$$

Berikut adalah hasil pengelompokan stasiun kerja berdasarkan metode RPW:

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Baku	Bobot	Waktu Total (Menit)
Stasiun 1	1	19,51	605,86	138,41
	2	25,34	580,52	
	3	14,58	565,94	
	4	16,56	549,38	
	5	10,09	539,29	
	6	11,96	527,33	
	7	11,85	515,48	
	8	12,20	503,28	
	9	16,32	486,96	
Stasiun 2	10	14,23	472,73	229,05
	11	214,82	257,91	
Stasiun 3	12	25,67	232,24	113,73
	13	5,92	226,32	
	14	8,42	217,9	
	15	10,22	207,68	
	16	12,10	195,58	
	17	43,93	151,65	
	18	7,47	144,18	
Stasiun 4	19	62,74	81,44	124,67
	20	14,44	67	
	21	18,43	48,57	
	22	10,33	38,24	
	23	18,73	19,51	
Jumlah		605,86		

Tabel 2. Hasil Pengelompokan Stasiun Kerja Berdasarkan Metode RPW

Dari pembobotan elemen kerja diatas selanjutnya menghitung Line Efficiency, Balance Delay, dan Idle Time setelah dilakukan pengolahan dengan metode RPW.

Menghitung Line Efficiency Awal

$$LE = \frac{\sum T_i}{N \times C} \times 100\%$$

$$LE = \frac{605,86}{4 \times 229,05} \times 100\% = 72,12\%$$

Menghitung Balance Delay Awal

$$BD = 100\% - LE$$

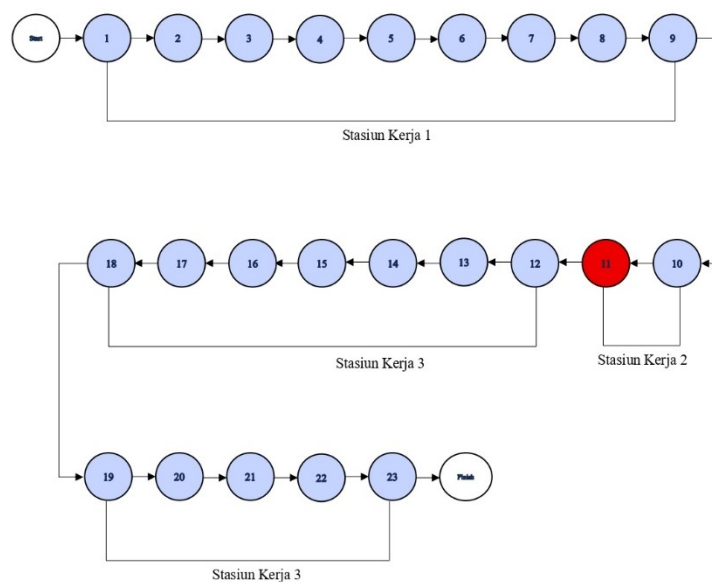
$$BD = 100\% - 72,12\% = 27,88\%$$

Menghitung Idle Time Awal

$$Idle\ Time\ (IT) = (N \times C) - \sum T_i$$

$$Idle\ Time\ (IT) = 310,34\ \text{menit}$$

Setelah dilakukan pengelompokan elemen kerja ke dalam empat stasiun menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), diperoleh nilai *line efficiency* sebesar 72,12%. Angka ini menunjukkan peningkatan efisiensi dibandingkan kondisi awal, yang berarti proporsi waktu kerja yang digunakan secara produktif semakin besar. Sementara itu, nilai *balance delay* turun menjadi 27,88%, yang menandakan bahwa ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun telah berhasil dikurangi. Total waktu menganggur (*idle time*) juga menurun menjadi 310,34 menit, memperlihatkan efisiensi penggunaan waktu kerja yang lebih baik pada lintasan produksi. Untuk menggambarkan alur kerja setelah dilakukan pengelompokan berdasarkan metode RPW, berikut ini ditampilkan *precedence diagram* hasil penerapan metode RPW.



Gambar 2. Precedence Diagram Setelah Penerapan Metode RPW

Setelah dilakukan pengelompokan elemen kerja ke dalam empat stasiun menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), terjadi peningkatan efisiensi pada lintasan produksi *section loom* di PT XYZ. Pengelompokan ini mempertimbangkan bobot posisi dari masing-masing elemen kerja berdasarkan *precedence diagram*, sehingga setiap stasiun kerja menerima beban yang seimbang dan terdistribusi secara lebih efektif. Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan bahwa penerapan metode RPW mampu

memberikan perbaikan nyata terhadap sistem produksi di *section loom*. Metode ini tidak hanya berhasil meningkatkan efisiensi dan menyeimbangkan beban kerja, tetapi juga memberikan arah aliran proses yang lebih optimal. Dengan lintasan kerja yang lebih teratur, produktivitas perusahaan dapat ditingkatkan dan pencapaian target produksi harian menjadi lebih realistis.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada *section loom* di PT XYZ, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *line balancing* dengan pendekatan *Ranked Positional Weight* (RPW) terbukti mampu meningkatkan efisiensi lintasan produksi. Pada kondisi awal, nilai *line efficiency* hanya mencapai 58,92% dengan *balance delay* sebesar 41,08% dan *idle time* sebesar 422,48 menit, yang menunjukkan adanya ketidakseimbangan alur kerja. Setelah dilakukan pengelompokan ulang elemen kerja ke dalam empat stasiun menggunakan metode RPW, nilai *line efficiency* meningkat menjadi 72,12%, *balance delay* menurun menjadi 27,88%, dan *idle time* turun menjadi 310,34 menit. Hasil ini mengindikasikan bahwa metode RPW efektif dalam menyeimbangkan beban kerja antar stasiun, mengoptimalkan alur proses kerja, dan mendorong peningkatan produktivitas di area produksi *section loom*.

Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar metode RPW diterapkan secara berkala untuk mengevaluasi dan menyempurnakan alur kerja, khususnya ketika terjadi perubahan target produksi, kapasitas kerja, atau konfigurasi mesin. Perusahaan juga perlu melakukan pelatihan dan penguatan koordinasi antar operator agar implementasi *line balancing* dapat berjalan optimal di lapangan. Selain itu, sebagai perbandingan dan validasi metode, perusahaan dapat mempertimbangkan pendekatan *line balancing* lainnya seperti COMSOAL atau Kilbridge & Wester. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar ruang lingkup diperluas dengan mempertimbangkan aspek efisiensi tenaga kerja, waktu *setup*, dan utilisasi mesin guna memperoleh gambaran produktivitas yang lebih menyeluruh.

References

- [1] E. Budiyo and L. Yuono, *Proses Manufaktur*, Lampung: Laduny Alifatama, 2021.
- [2] A. K. E. Adha and L. R. Adha, "Analisis Line Balancing untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi pada Industri Manufaktur," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 10, pp. 120–129, 2021.
- [3] D. S. Budi and R. W. Wibowo, "Penerapan Line Balancing dengan Metode Ranked Positional Weight untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 21, no. 1, pp. 45–53, 2022.
- [4] R. A. Putra and S. A. B. Putra, "Analisis Perhitungan Waktu Siklus untuk Peningkatan Output Produksi," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 3, no. 2, pp. 103–110, 2022.
- [5] D. Ardiansyah and H. R. Amelia, "Optimalisasi Produksi Melalui Analisis Idle Time dan Line Efficiency," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, vol. 5, no. 1, pp. 33–41, 2023.
- [6] M. N. M. Ramadhan and D. Astuti, *Manajemen Kinerja*, Ponorogo: CV Nata Karya, 2021.
- [7] J. Heizer and B. Render, *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*, 13th ed. Boston: Pearson Education, 2020.
- [8] A. Kurniawan, *Manajemen Produksi Tekstil Modern*, Jakarta: Erlangga, 2023.
- [9] H. Munir, *Teknik Industri dan Perancangan Sistem Kerja*, Yogyakarta: Andi Publisher, 2023.
- [10] M. Munizu, *Manajemen Operasi dan Produksi Modern*, Yogyakarta: Deepublish, 2023.
- [11] S. Wignjosoebroto, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Surabaya: Guna Widya, 2006.
- [12] F. Ramadhan and S. T. Ramadhan, "Analisis Keseimbangan Lini Produksi Loom dengan Metode RPW untuk Mengurangi Idle Time," *Jurnal Sistem Produksi*, vol. 4, no. 3, pp. 230–240, 2023.

- [13] D. Sari and W. T. Sari, "Optimasi Line Balancing pada Industri Tekstil dengan Pendekatan RPW," *Jurnal Teknik Industri Indonesia*, vol. 11, no. 2, pp. 112–125, 2022.
- [14] A. Y. Pradana and F. Pulansari, "Analisis Pengukuran Waktu Kerja Dengan Stopwatch Time Study untuk Meningkatkan Target Produksi di PT. XYZ," *Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 13–24, 2021.
- [15] S. L. Virdiani and K. A. Astuti, "Perhitungan Waktu Standar untuk Menentukan Jumlah Tenaga Kerja dan Kebutuhan Mesin/Alat pada Proses Produksi Reagen Alat/Asat (GPT) FS (IFCC mod) di PT. PDL," *Jurnal KaLIBRASI*, vol. 5, no. 1, pp. 1–19, 2020.
- [16] Nasution, "Evaluasi Efisiensi Energi pada Proses Tenun Serat Sintetik," *Jurnal Rekayasa Material dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 30–48, 2024.
- [17] A. D. S. Nugroho, W. Kurniawan, and T. W. Puspita, *Desain dan Analisis Eksperimen untuk Rekayasa Kualitas*, Malang: Universitas Brawijaya Press, 2017.
- [18] M. Prasetyo, "Manajemen Logistik dan Transportasi di Era Digital," *Jurnal Logistik Indonesia*, vol. 2, no. 2, pp. 50–58, 2021.