

Implementation of the Line Balancing Concept in Steel Fabrication Processes Using the Rank Positional Weight (RPW) Method **[Penerapan Konsep Line Balancing Dalam Proses Fabrikasi Baja Dengan Metode Rangked Positional Weight (RPW)]**

Yudhi Amsyar Reza¹⁾, Atikha Sidhi Cahyana²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: atikhasidhi@umsida.ac.id

Abstract. *A steel frame manufacturing company experienced an unbalanced production line characterized by unequal workload distribution among workstations, resulting in high idle time and low efficiency. This study aims to analyze and improve line balancing performance in the steel rafter fabrication process. The Ranked Positional Weight (RPW) method was applied to redistribute work elements based on positional weight, and the results were validated using ARENA simulation to evaluate system performance. The findings show that the number of workstations was reduced from 7 to 3, increasing line efficiency from 40.29% to 94%, decreasing balance delay from 59.71% to 6%, and significantly reducing the smoothness index. ARENA Simulation results indicate that although output remained constant, resource utilization became more balanced, demonstrating that the proposed method effectively improves production line efficiency and stability.*

Keywords – *Line Balancing, Rangked Positional Weight, ARENA Simulation, Line Efficiency, Steel Fabrication.*

Abstrak. Perusahaan manufaktur kerangka baja mengalami ketidakseimbangan lini produksi yang ditandai dengan distribusi beban kerja yang tidak merata antar stasiun kerja sehingga menyebabkan tingginya waktu menganggur dan rendahnya efisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan meningkatkan keseimbangan lintasan pada proses fabrikasi baja rafter. Metode *Ranked Positional Weight* (RPW) digunakan untuk mendistribusikan ulang elemen kerja berdasarkan bobot posisi, kemudian divalidasi menggunakan simulasi ARENA untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan jumlah stasiun kerja berkurang dari 7 menjadi 3, peningkatan *line efficiency* dari 40,29% menjadi 94%, penurunan *balance delay* dari 59,71% menjadi 6%, serta penurunan signifikan pada *smoothness index*. Hasil simulasi ARENA menunjukkan bahwa meskipun *output* tetap, utilisasi sumber daya menjadi lebih seimbang sehingga metode yang diusulkan efektif meningkatkan efisiensi dan stabilitas lini produksi.

Kata Kunci – *Line Balancing, Rangked Positional Weight, Simulasi ARENA, Efisiensi Lintasan, Fabrikasi Baja*

I. PENDAHULUAN

Perusahaan kerangka baja, yaitu sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam proyek konstruksi. Proses fabrikasi konstruksi baja nya sendiri terdiri dari beberapa tahapan utama seperti *cutting, drilling, fitting, welding, finishing, sandblasting*, dan *painting*. Dalam pelaksanaannya, lini fabrikasi tersebut belum berjalan secara seimbang, yang ditandai dengan adanya perbedaan waktu produksi yang efektif antar stasiun kerja. Berdasarkan hasil pengamatan sebelumnya di lapangan, menunjukkan adanya perbedaan waktu penyelesaian antar *hall* yang signifikan. Hasil pengamatan pada *hall* 4B, efisiensi lini fabrikasi mencapai 47,32% dan waktu tunggu hingga 52,68%. Sedangkan pada *hall* 5 waktu efisiensi lini mencapai 62,43% serta waktu tunggu 37,57%. Kondisi ini menunjukkan bahwa beban kerja antar stasiun belum terdistribusi secara seimbang, sehingga mengakibatkan waktu menganggur (*idle time*) yang tinggi dan efisiensi kerja yang rendah.

Perencanaan dan pengendalian produksi adalah elemen krusial dalam manajemen operasi, memastikan penggunaan sumber daya secara efisien, memenuhi keinginan pelanggan, serta mencapai tujuan perusahaan [1]. Peningkatan produktivitas pabrik berpengaruh terhadap kinerja pabrik hingga menjadi optimal. Produktivitas berfungsi sebagai indikator yang menilai efisiensi organisasi dalam rasio antara *output* dan *input* yang digunakan [2]. Perusahaan perlu terus mengoptimalkan kinerja dan produktivitasnya untuk tetap bersaing dan memenuhi permintaan pasar dengan sebaik mungkin. Pemborosan yang tinggi dalam proses fabrikasi mencerminkan bahwa konsep *line balancing* belum diterapkan secara efektif [3]. *Line balancing* diterapkan dengan cara membagi pekerjaan ke dalam berbagai stasiun kerja guna mengurangi waktu yang tidak terpakai. Dalam konteks ini, *line balancing* yang dihitung menggunakan metode *Ranked Position Weight* (RPW), dianggap paling unggul dibandingkan metode lain. Untuk menyelesaikan masalah *line balancing*, diperlukan informasi data awal seperti jam produksi, kapasitas produksi, data *cycle time*, dan data stasiun kerja [4]. Dalam penelitian ini juga menggunakan pendekatan simulasi *software* ARENA.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

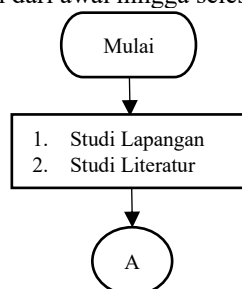
Pendekatan ini dapat membantu mengidentifikasi juga membuktikan faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan proses kerja. ARENA merupakan *software* simulasi yang menggunakan sistem aplikasi *microsoft windows*. Melakukan simulasi dengan ARENA berguna untuk mencapai efisiensi dan efektivitas pada mesin-mesin produksi [5]. Model simulasi dibuat untuk membantu mengetahui penumpukan yang terjadi selama proses produksi berlangsung, sehingga dapat ditemukan solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan yang ada dibantu dengan simulasi [6].

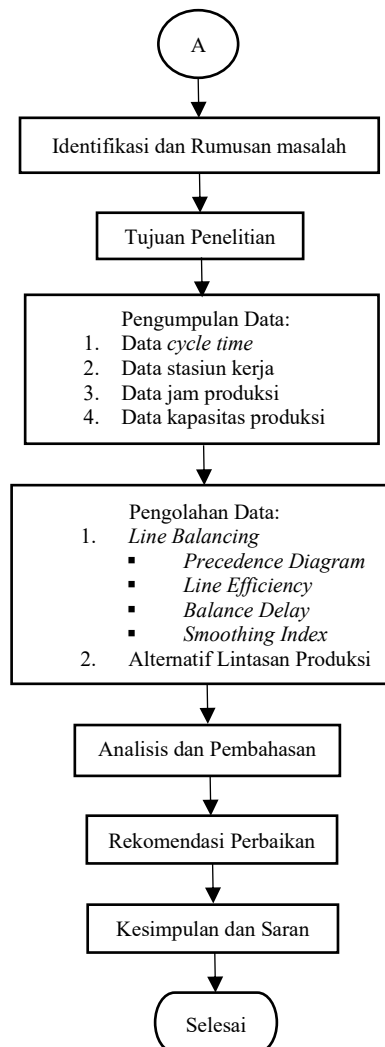
Penelitian terdahulu yang dijadikan acuan dalam penelitian ini antara lain dilakukan oleh Defitria Sabrina Firdaus Arifin (2025) yang membahas tentang produktivitas proses produksi *box aspect* melalui penerapan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) dan *Region Approach*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan metode tersebut mampu efisiensi lini produksi. Perusahaan juga dapat mengurangi waktu *idle* saat proses produksi. Dengan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum diperoleh 3 stasiun kerja yang sebelumnya 12 stasiun kerja. Hal ini dapat mempengaruhi nilai kelancaran produksi sehingga mengalami penurunan nilai yang sangat drastis yaitu dari 4839,79 menjadi 611,25 [7]. Penelitian yang dilakukan oleh Abiyan Falih Fauzi (2025) membahas tentang penerapan metode *line balancing* dengan pendekatan *Ranked Positional Weight* (RPW) pada produksi *section loom* mampu meningkatkan efisiensi lintasan produksi Dapat dibuktikan dengan bantuan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) nilai *line efficiency* menjadi meningkat dan nilai *balance delay* serta nilai *idle time* menurun. [8].

Berdasarkan penelitian terdahulu, *line balancing* banyak dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan ketidakseimbangan pada lini produksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi *line balancing* pada Industri baja dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) dan pendekatan simulasi ARENA. Metode *Ranked Positional Weight* (RPW) digunakan untuk mengatur prioritas elemen kerja berdasarkan bobot waktu terbesar, sedangkan simulasi ARENA dimanfaatkan untuk memvisualisasikan aliran proses, mengidentifikasi *bottleneck* serta *idle time*, serta mengevaluasi pemanfaatan stasiun kerja. Penerapan konsep *line balancing* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi lini produksi, memperlancar aliran proses, serta mengurangi waktu menganggur. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis keseimbangan lintasan produksi (*Line Balancing*) untuk mengetahui tingkat efisiensi pada proses fabrikasi baja dan juga untuk memberikan usulan perbaikan yang efektif dalam meningkatkan efisiensi waktu produksi melalui penerapan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) dan pendekatan simulasi ARENA.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan selama enam bulan mulai bulan Januari 2025 sampai dengan bulan Juni 2025 di perusahaan kerangka baja. Menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder untuk proses mengumpulkan data. Data primer yaitu meliputi observasi dan juga wawancara. Observasi dilakukan dengan cara mengamati setiap langkah dalam proses fabrikasi baja, mencatat data dari hasil pengamatan, dan mengidentifikasi objek yang menjadi fokus penelitian untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan, termasuk data proses fabrikasi baja meliputi data *cycle time*, jumlah operator atau stasiun kerja, urutan proses kerja, dan kapasitas produksi setiap proses fabrikasi. Observasi yang dilakukan selama proses produksi bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menghambat lini fabrikasi sehingga tidak tercapainya target produksi. Wawancara dilaksanakan langsung melalui wawancara langsung dengan pihak-pihak terkait, seperti departemen PPIC, produksi, dan operator produksi. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi mendalam mengenai waktu kerja aktual, pembagian tugas pada setiap stasiun kerja, hambatan yang sering muncul, serta langkah-langkah yang telah diterapkan dalam upaya menyeimbangkan lintasan kerja. Wawancara dilakukan dengan menyajikan pertanyaan-pertanyaan terkait proses produksi, dan data yang didapat dari wawancara akan dicatat sebagai informasi yang relevan. Sedangkan data sekunder yang diperlukan melibatkan studi pustaka, yang dilaksanakan dengan menghimpun seluruh informasi terkait dengan permasalahan penelitian ini dari berbagai teori dan literatur yang bisa dijadikan sebagai acuan. Adapun alur penelitian digunakan untuk mengetahui proses penelitian dari awal hingga selesai. Diagram alir dapat dilihat pada gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari gambar 1 diketahui penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu: (1). Tahapan awal yaitu titik awal dilakukan penelitian dimulai. (2). Pada tahap studi literatur melalui buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang relevan. Sedangkan pada tahap studi lapangannya dilakukan observasi langsung di perusahaan fabrikasi baja untuk memahami alur proses produksi mulai dari *cutting*, *drilling*, *fitting*, *welding*, *finishing*, *sandblasting*, hingga *painting*. (3). Pada tahap identifikasi dan rumusan masalah, ditemukan bahwa terjadi ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun kerja yang menyebabkan tingginya waktu menganggur (*idle time*) dan rendahnya efisiensi lini produksi. Permasalahan tersebut kemudian dirumuskan secara sistematis untuk dicari solusi perbaikannya. (4). Tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu menganalisis keseimbangan lintasan produksi pada kondisi aktual serta memberikan usulan perbaikan menggunakan metode RPW yang divalidasi melalui simulasi ARENA guna meningkatkan efisiensi lini produksi. (5). Pada tahap pengumpulan data meliputi pengumpulan data primer dan sekunder, seperti data cycle time setiap elemen kerja, jumlah stasiun kerja, jam produksi efektif, serta kapasitas produksi. Data diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait seperti operator dan bagian produksi. (6). Tahap pengolahan data yaitu penerapan metode ini metode RPW adalah untuk melakukan pemetaan terhadap seluruh tahapan aliran lini produksi, mulai dari bahan mentah hingga menjadi bahan baku. Dalam pelaksanaan analisis RPW, dilakukan beberapa aktivitas meliputi identifikasi permasalahan pada setiap elemen kerja, perhitungan waktu proses pada setiap elemen kerja, penyusunan diagram *precedence*, menghitung nilai bobot posisi setiap elemen kerja, mengelompokkan elemen berdasarkan RPW dari yang terbesar hingga yang terkecil, mengalokasikan elemen ke stasiun kerja, menghitung nilai kinerja lini produksi yang meliputi *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothness index* serta juga melakukan simulasi menggunakan *software* ARENA guna memvalidasi hasil *line balancing* dengan metode RPW untuk memastikan rancangan lini produksi efisien, termasuk tidak adanya *idle time* maupun *bottleneck* dan juga layak diterapkan secara nyata. (7). Analisa dan pembahasan, hasil perhitungan dan simulasi kemudian dianalisis dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan. Analisis menunjukkan peningkatan *line efficiency*, penurunan *balance delay*,

serta distribusi utilisasi yang lebih merata, yang menandakan sistem menjadi lebih stabil dan efisien. (8). Rekomendasi perbaikan, setelah diperoleh alternatif terbaik, diberikan rekomendasi perbaikan berupa penerapan pembagian 3 stasiun kerja, penyesuaian tata letak produksi, serta peningkatan kemampuan operator melalui sistem multi-*skilling* agar keseimbangan lini dapat dipertahankan. (9). Kesimpulan dan saran, tahap ini berisi penarikan kesimpulan bahwa metode *Ranked Positional Weight* (RPW) yang divalidasi menggunakan simulasi ARENA terbukti efektif dalam meningkatkan keseimbangan lini produksi. Selain itu, diberikan saran untuk implementasi perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya. (10). Tahap akhir menandakan bahwa seluruh rangkaian penelitian telah dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga diperoleh solusi optimal untuk meningkatkan efisiensi lini fabrikasi baja.

1. Langkah – Langkah Penerapan *Line Balancing* dengan Metode RPW

Definisi *line balancing* sebuah metode yang tepat untuk meningkatkan tingkat efisiensi dari suatu sistem kerja [9]. Tujuan utama dari *line balancing* untuk mendukung peningkatan jumlah produksi yang dihasilkan dengan menggunakan fasilitas serta sumber daya perusahaan. Menyelesaikan masalah *bottleneck* yang muncul dalam tahapan proses agar jalannya fabrikasi bisa lebih efektif dan efisien. Biasanya perancangan keseimbangan dalam suatu jalur ditujukan untuk mencapai kapasitas yang paling optimal, di mana tidak ada pemborosan sumber daya (waktu, tenaga, dan material). Tujuan ini dapat dicapai jika [10]:

- Lintasan memiliki karakteristik seimbang, di mana setiap stasiun kerja menerima beban kerja dengan nilai yang serupa yang diukur dalam bentuk waktu.
- Waktu tunggu minimum dari operator pada proses sebelumnya (*idle*) di setiap stasiun kerja sepanjang jalur proses.
- Total stasiun yang terletak di lintasan memiliki waktu yang seimbang.

Salah satu metode dari *line balancing* yaitu *Ranked Positional Weight* (RPW), adalah teknik dalam penyeimbangan lintasan produksi yang dimanfaatkan untuk mengelola dan menyebarkan beban kerja di berbagai stasiun kerja secara efektif [11]. Penyeimbangan lintasan produksi ini dilakukan untuk mengalokasikan beban kerja pada setiap stasiun kerja yang dilalui bahan dengan diketahui terlebih dahulu waktu-waktu yang ada dalam proses perakitan dengan tujuan agar proses produksi berjalan dengan baik [12]. Berikut adalah langkah-langkah tentang metode ini [11]:

- Membuat *Diagram Precedence*** dengan menyusun diagram yang menunjukkan urutan dan ketergantungan antar elemen pekerjaan.
- Menentukan Bobot Posisi** setiap elemen pekerjaan berdasarkan *diagram precedence*. Bobot ini biasanya ditentukan dengan mengakumulasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan elemen pekerjaan dan semua elemen pekerjaan yang mengikuti.
- Mengurutkan Elemen Berdasarkan Bobot Posisi** yang paling tinggi ke posisi yang paling rendah. Elemen yang memiliki berat posisi tertinggi akan diutamakan untuk penempatan di tempat kerja.
- Mengalokasikan Elemen ke Stasiun Kerja** dengan mempertimbangkan bobot tugas dan kapasitas stasiun tersebut, agar beban kerja dapat seimbang.
- Menilai Hasil dan Penyesuaian** jika diperlukan untuk mencapai keseimbangan yang lebih baik dan efisiensi produksi.

Sebelum membahas mengenai operasional dari metode-metode dalam *line balancing*, perlu dipahami terlebih dahulu beberapa istilah yang ada dalam *line balancing*, diantaranya yaitu [13]:

- Elemen kerja (*work element*) merupakan bagian dari seluruh pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu kegiatan produksi atau perakitan.
- Waktu operasi (t_i) adalah waktu yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk dengan cara standar dan efisien.
- Stasiun kerja (*work station*) merupakan tempat pada lini produksi atau perakitan dimana proses tersebut dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun efisien dapat diterapkan dengan rumus berikut:

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{CT} \dots\dots\dots (1)$$

Sumber: [13], [14], [15].

Keterangan :

K_{min} : jumlah stasiun kerja minimal
 n : jumlah elemen kerja
 t_i : waktu operasi
 CT : waktu siklus

- Waktu siklus (*cycle time*) merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk pada satu stasiun kerja. Waktu siklus dapat diketahui dari hasil bagi waktu produksi dan target produksi yang telah ditentukan, waktu siklus harus sama atau lebih besar dari waktu operasi terbesar yang merupakan penyebab terjadinya

bottleneck (kemacetan) dan waktu siklus harus sama atau lebih kecil dari jam kerja efektif per hari dibagi dari jumlah produksi per hari yang secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$WS = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Sumber: [16].

Keterangan :

X_i : jumlah waktu penyelesaian yang ter amati

n : jumlah pengamatan yang telah dilakukan

5. Waktu stasiun kerja (STk) merupakan jumlah waktu sebuah stasiun kerja untuk mengerjakan semua elemen kerja yang didistribusikan pada stasiun kerja tersebut.
6. *Idle Time* (IT) merupakan waktu menganggur yang terjadi pada setiap stasiun kerja. Besarnya *idle time* dapat dihitung dengan cara mengurangi *Cycle Time* (CT) dan waktu stasiun kerja (STk).
7. *Precedence diagram* merupakan gambaran secara grafis dari urutan kerja dan keterkaitan antar elemen kerja dalam perakitan sebuah produk. Pendistribusian elemen kerja pada setiap stasiun kerja harus memperhatikan *precedence diagram*.
8. *Line Efficiency* (LE) adalah rasio antara waktu yang digunakan dengan waktu yang tersedia. Pendistribusian elemen kerja yang ada membentuk stasiun kerja yang dilakukan berdasarkan waktu siklus. *Line efficiency* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$LE = \frac{T_{wc}}{n.TC} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Sumber: [14], [15], [17].

Keterangan :

T_{wc} : total waktu siklus

T_c : waktu siklus tertinggi

n : jumlah stasiun kerja

9. *Balance Delay* (D) adalah rasio antara waktu menganggur (*idle time*) dalam lintasan perakitan dengan waktu yang tersedia. *Balance delay* dari lini perakitan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{(n \times TC) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times TC)} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Sumber: [18], [14], [17].

Keterangan :

D : *balance delay* (%)

TC : waktu siklus tertinggi

n : jumlah stasiun kerja

$\sum t_i$: jumlah semua waktu operasi (menit)

10. *Smoothing index* adalah *index* yang merupakan kelancaran relatif pada keseimbangan lini perakitan. *Index* perakitan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$SI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (ST_i \max - ST_i)^2}{K}} \dots\dots\dots (5)$$

Sumber: [18], [14], [15].

Keterangan :

SI : indeks perataan

St_{max} : waktu maksimum pada stasiun kerja

St_i : waktu stasiun kerja ke- i

2. Pendekatan Simulasi ARENA

Perangkat lunak ARENA adalah salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk memprediksi dan menganalisis lini produksi secara visual [19]. Simulasi dan pemodelan sistem diharapkan menolong menemukan rekomendasi akan model matematika yang dapat mendeskripsikan kondisi sesungguhnya dari sistem (Industri) yang ditinjau. Dengan simulasi menggunakan *software* ARENA yang sesuai akan dapat membantu menemukan permasalahan yang ada, dan pada tahap selanjutnya akan dapat memberikan solusi untuk mengatasi permasalahan yang ditemukan atau diidentifikasi [20]. Langkah - langkah simulasi menggunakan ARENA melibatkan beberapa tahap [21]:

1. **Pengumpulan dan pengolahan data.** Data utama yang dikumpulkan meliputi waktu proses setiap elemen kerja, hubungan ketergantungan antar elemen kerja (*precedence relationship*), serta kapasitas sumber daya yang digunakan. Data waktu proses kemudian diuji keseragaman dan kecukupannya, serta dianalisis distribusinya menggunakan fitur *Input Analyzer* pada ARENA agar variasi waktu proses dapat dimodelkan secara realistis.
2. **Pembangunan model simulasi menggunakan ARENA.** Setiap stasiun kerja dimodelkan sebagai modul proses sesuai pembagian elemen kerja hasil perhitungan *line balancing*. Aliran produk dimodelkan menggunakan modul *create*, aktivitas pemrosesan menggunakan modul *process*, dan keluaran sistem

- menggunakan modul *dispose*. Parameter waktu proses dimasukkan sesuai distribusi data yang telah dianalisis sebelumnya, sehingga model mampu merepresentasikan dinamika sistem produksi secara akurat.
3. **Verifikasi dan validasi model simulasi.** Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa model berjalan sesuai logika sistem tanpa kesalahan pemrograman, sedangkan validasi dilakukan dengan membandingkan *output* simulasi dengan data aktual, seperti jumlah *output* produksi dan waktu siklus. Model dinyatakan valid apabila hasil simulasi mendekati kondisi sistem nyata.
 4. **Eksperimen simulasi dan analisis skenario (*what-if analysis*).** Pada tahap ini, beberapa alternatif perbaikan *line balancing* diuji, seperti perubahan jumlah stasiun kerja, penambahan elemen kerja atau penambahan operator. Setiap skenario dijalankan melalui simulasi untuk mengetahui dampaknya terhadap kinerja sistem, terutama terhadap *throughput*, utilasi stasiun kerja, *idle time*, dan kemunculan *bottleneck*.
 5. **Analisis kinerja *line balancing*.** Indikator yang digunakan meliputi efisiensi lini, *balance delay*, *cycle time*, serta tingkat utilasi masing-masing stasiun kerja. Perbandingan dilakukan antara kondisi awal, hasil perhitungan *line balancing* dan hasil simulasi usulan perbaikan untuk mengetahui peningkatan kinerja yang diperoleh.
 6. **Penentuan alternatif terbaik dan penyusunan rekomendasi.** Alternatif terbaik dipilih berdasarkan kriteria efisiensi tertinggi, *idle time* terendah, serta tidak menimbulkan *bottleneck* baru. Alternatif ini kemudian direkomendasikan sebagai solusi perbaikan keseimbangan lini produksi yang paling optimal dan layak diterapkan pada sistem nyata.

Penerapan simulasi ARENA pada metode *line balancing* diawali dengan identifikasi sistem dan pengumpulan data waktu proses, dilanjutkan dengan perhitungan *line balancing* menggunakan metode RPW. Hasil pembagian elemen kerja kemudian dimodelkan ke dalam *software* ARENA untuk dilakukan verifikasi dan validasi. Selanjutnya dilakukan eksperimen skenario perbaikan melalui simulasi guna mengevaluasi kinerja lini berdasarkan indikator efisiensi, *idle time*, dan *throughput*, sehingga diperoleh alternatif keseimbangan lini yang optimal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Berdasarkan pengumpulan data fabrikasi baja rafter yang digunakan dalam perhitungan *line balancing* Januari 2026 dapat dilihat pada tabel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Jam kerja bersih} &= \text{Total waktu kerja} - \text{Waktu istirahat} \\
 &= 9 \text{ jam} - 1 \text{ jam} \\
 &= 8 \text{ jam} \\
 \text{Total waktu tersedia} &= 48 \text{ minggu} \times 5 \text{ hari} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1.920 \text{ jam/tahun} \\
 \text{Target Produksi} &= 12.000 \text{ ton/tahun} \\
 \text{CT} &= \frac{\text{Waktu tersedia}}{\text{Perkiraan jumlah produksi per tahun}} \\
 &= \frac{1.920 \text{ jam}}{12.000 \text{ ton}} \\
 &= 0,160 \frac{\text{jam}}{\text{ton}} \approx 9,6 \text{ menit/ton} \\
 \text{Jumlah stasiun kerja} &= 7 \text{ stasiun kerja (kondisi aktual)}
 \end{aligned}$$

B. Pengolahan Data

1. Kondisi Aktual

Dari hasil pengumpulan data operasi kerja fabrikasi baja rafter bulan Januari 2026 pada gambar 2 grafik *line balancing* akan di analisa dan dijelaskan pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Analisa Operasi Kerja Kondisi Aktual

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Target CT (menit)	Aktual Proses (menit)	Predecessor
1	Cutting	180	205	-
2	Drilling	90	102	a
3	Fitting	90	113	b
4	Welding	300	428	c
5	Finishing	90	109	d
6	Sandblasting	90	104	e
7	Painting	120	146	f
Total		960	1.207	

Dari hasil pengamatan serta pengumpulan data pada tabel 1, Data menunjukkan bahwa total waktu proses aktual mencapai 1.207 menit, yang melampaui target waktu siklus sebesar 960 menit. Ketidakseimbangan yang paling menonjol ditemukan pada stasiun kerja *welding* (pengelasan) dengan waktu proses mencapai 428 menit, yang diidentifikasi sebagai penyebab utama *idle time* atau *bottleneck* karena jauh melampaui target. Setelah melakukan pengamatan dan perhitungan, maka dapat dihitung nilai dari performansi kondisi aktual. Berikut merupakan perhitungan nilai *Line Efficiency*, *Balance Delay* dan *Smoothing Index* pada kondisi awal sebelum perbaikan:

Perhitungan *Line Efficiency*:

$$LE = \frac{T_{wc}}{n \cdot TC} \times 100\% = \frac{1,207}{7 \times 428} \times 100\% = 40,29\%$$

Perhitungan *Balance Delay*:

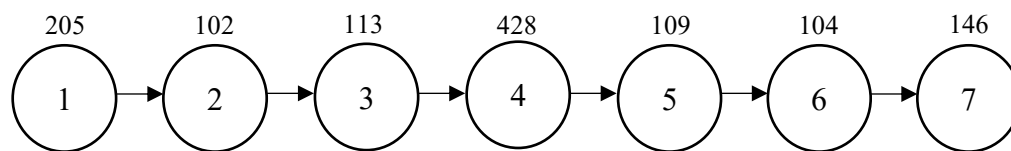
$$D = \frac{(n \times TC) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times TC)} \times 100\% = \frac{(7 \times 428) - 1,207}{(7 \times 428)} \times 100\% = 59,71\%$$

Perhitungan *Smoothing Index*

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (STi \max - STi)^2} = \sqrt{(428 - 205)^2 + \dots + (428 - 146)^2} = \sqrt{541,491} = 735,86$$

2. Pembobotan

Penelitian menghasilkan waktu operasi dari masing-masing stasiun kerja, maka langkah selanjutnya membuat *precedence diagram* dari operasi-operasi yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar 2. *Precedence Diagram* Fabrikasi Baja Rafter

Gambar 2 menggambarkan ketergantungan urutan kerja antar elemen dalam proses fabrikasi. Diagram ini menunjukkan aliran fabrikasi mulai dari elemen 1 hingga 7, lengkap dengan durasi waktu masing-masing elemen kerja, dan ditemukan waktu keterlambatan terbesar proses fabrikasi pada stasiun kerja ke-4 dengan waktu 428 menit. Hasil analisis kondisi aktual menunjukkan bahwa lini fabrikasi baja rafter belum mencapai performa optimal. Oleh karena itu, melakukan perbaikan berbasis metode RPW (*Ranked Positional Weight*). Tahap awal melibatkan penghitungan waktu siklus dan penentuan bobot setiap operasi kerja, yang kemudian diikuti dengan penyusunan operasi berdasarkan bobot posisi. Berikut adalah tahapan usulan atau perbaikan menggunakan metode RPW.

Tabel 2. Nilai *Ranked Positional Weight* (RPW) Tiap Pekerjaan

Elemen Kerja		Total	Rank
<i>Cutting</i>	205 + 102 + 113 + 428 + 109 + 104 + 146	1207	1
<i>Drilling</i>	102 + 113 + 428 + 109 + 104 + 146	1002	2
<i>Fitting</i>	113 + 428 + 109 + 104 + 146	900	3
<i>Welding</i>	428 + 109 + 104 + 146	787	4
<i>Finishing</i>	109 + 104 + 146	359	5
<i>Sandblasting</i>	104 + 146	250	6
<i>Painting</i>	146	146	7

Nilai *Ranked Positional Weight* (RPW) pada tabel 2, dasar pengisian dalam melakukan perhitungan diambil dari waktu tiap pekerjaan yang sudah di *input* pada hasil pengumpulan data. Bobot ini dihitung dengan mengakumulasi waktu elemen tersebut dengan waktu elemen kerja yang mengikutinya. Selanjutnya melakukan penyusunan rangking bobot posisi. Elemen-elemen disusun dari bobot posisi terbesar hingga terkecil, dimulai dari *cutting* (Rank 1) hingga *painting* (Rank 7). Pengurutan ini berfungsi sebagai panduan utama dalam mengalokasikan tugas ke stasiun kerja yang baru guna mencapai keseimbangan beban kerja yang lebih baik.

3. Menentukan jumlah stasiun kerja minimum

Setelah menentukan bobot dari setiap operasi kerja, langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah minimal stasiun kerja yang diperlukan. Dalam perhitungan *line balancing*, jumlah stasiun kerja minimal yang dibutuhkan dihitung dengan membagi total waktu pengerjaan dengan target *cycle time* atau melalui optimasi efisiensi. Untuk mencapai efisiensi di atas 90%, dengan cara membagi total waktu tersebut ke dalam jumlah stasiun yang paling sedikit namun tetap memungkinkan secara teknis. Jika menggunakan 3 stasiun kerja, maka perhitungan beban rata-ratanya adalah:

$$K_{min} = \frac{\text{Total waktu}}{CT} = \frac{1.207 \text{ menit}}{428} = 2,82 \approx 3 \text{ stasiun kerja}$$

Setelah menentukan jumlah minimum stasiun kerja, pembagian operasi di setiap stasiun kerja akan bervariasi. Berikut ini adalah tabel waktu operasi untuk masing-masing stasiun kerja beserta selisih waktu operasional dengan waktu siklus:

Tabel 3. Perhitungan Stasiun Kerja Setelah Perbaikan

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Rank	Aktual Proses (menit)	Total Waktu (menit)	CT
1	Cutting	1	205	420	428
	Drilling	2	102		
	Fitting	3	113		
2	Welding	4	428	428	428
3	Finishing	5	109	359	428
	Sandblasting	6	104		
	Painting	7	146		

Berikut merupakan perhitungan nilai *line efficiency*, *balance delay* dan *smoothing index* pada kondisi setelah perbaikan:

Perhitungan Line Efficiency

$$LE = \frac{T_{wc}}{n \cdot TC} \times 100\% = \frac{1,207}{3 \times 428} \times 100\% = 94\%$$

Perhitungan Balance Delay

$$D = \frac{(n \times TC) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times TC)} \times 100\% = \frac{(3 \times 428) - 1,207}{(3 \times 428)} \times 100\% = 6\%$$

Perhitungan Smoothing Index

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (STi \max - STi)^2} = \sqrt{(428 - 420)^2 + \dots + (428 - 359)^2} = \sqrt{4825} = 69,46$$

4. Perbandingan Kondisi Aktual dan Kondisi Perbaikan

Setelah dilakukan perbandingan pada kondisi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, maka didapat rekap tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan Keseimbangan Lintasan

No	Pengukuran	Keseimbangan Lintasan	
		Sebelum	Sesudah
1	Stasiun Kerja	7	3
2	Line Efficiency	40,29%	94%
3	Balance Delay	59,71%	6%
4	Smoothness Index	735,86	69,46

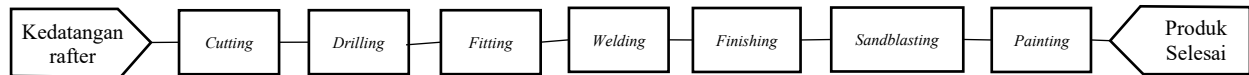
Tabel 4 menunjukkan bahwa setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), terjadi peningkatan keseimbangan lintasan yang signifikan. Jumlah stasiun kerja berkurang dari 7 menjadi 3, yang menunjukkan pengelompokan elemen kerja menjadi lebih efisien. Nilai *line efficiency* meningkat dari 40,29% menjadi 94%, menandakan waktu kerja menjadi lebih optimal dan produktif. Sementara itu, *balance delay* menurun dari 59,71% menjadi 6%, yang berarti waktu menganggur dalam sistem berhasil diminimalkan. Selain itu, *smoothness index* juga turun drastis dari 735,86 menjadi 69,46, menunjukkan distribusi beban kerja antar stasiun menjadi lebih merata. Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan bahwa metode RPW efektif dalam meningkatkan keseimbangan dan efisiensi lintasan fabrikasi.

5. Simulasi Software ARENA

Setelah dilakukan perhitungan *line balancing* menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), diperoleh pembagian stasiun kerja optimal sebanyak 3 stasiun. Untuk memvalidasi hasil perhitungan tersebut, dilakukan pemodelan sistem menggunakan *software* ARENA. Simulasi dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi aktual dengan 7 stasiun kerja dan kondisi usulan hasil metode RPW dengan 3 stasiun kerja. Tujuan simulasi adalah untuk mengetahui dampak perubahan jumlah stasiun kerja terhadap *output* produksi, tingkat penggunaan operator, waktu tunggu, dan jumlah produk dalam sistem.

a. Simulasi Kondisi Aktual

Model simulasi dibangun sesuai urutan proses *cutting*, *drilling*, *fitting*, *welding*, *finishing*, *sandblasting*, dan *painting*. Setiap proses dimodelkan menggunakan modul *process* dengan waktu proses sesuai data aktual pada tabel 1, yaitu total waktu 1.207 menit.



Gambar 3. Simulasi Software Arena Kondisi Aktual

Gambar 3 menunjukkan model simulasi sistem produksi sebelum dilakukan perbaikan. Model terdiri dari tujuh stasiun kerja yang merepresentasikan setiap elemen proses fabrikasi sesuai kondisi nyata di lapangan. Setiap stasiun menggunakan modul *process* dengan waktu pengerjaan sesuai data aktual. Model ini digunakan untuk menggambarkan performansi awal sistem sebelum dilakukan penyeimbangan lintasan menggunakan metode RPW. Simulasi dijalankan selama 20.000 menit dengan 5 replikasi untuk memperoleh hasil yang stabil dan representatif. *Cycle time* sistem mengikuti waktu proses terlama yaitu 428 menit pada stasiun *welding* sebagai *bottleneck*. Pola kedatangan entitas diatur menggunakan distribusi *constant* sebesar 428 menit agar sesuai dengan kapasitas sistem. Setiap stasiun menggunakan satu *resource* (operator) dengan kapasitas 1.

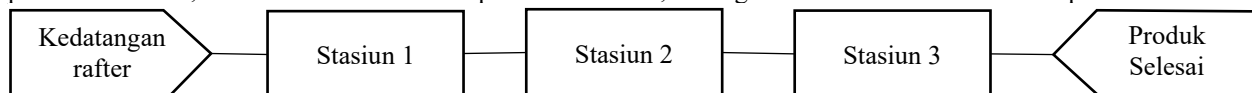
Tabel 5. Hasil Simulasi Kondisi Aktual

Indikator Utama	Nilai
Jumlah Stasiun	7
Output (Number Out)	44 unit
Rata-rata WIP	2,7664 unit
Total Waktu Produksi	1207 menit
Utilisasi Tertinggi	97,90% (Welding)
Utilisasi Terendah	23,40%

Tabel 5 ini menjelaskan hasil simulasi pada kondisi aktual, sistem produksi terdiri dari 7 stasiun kerja dengan total waktu produksi per *unit* sebesar 1207 menit. Selama periode simulasi 20.000 menit dengan 5 replikasi, sistem mampu menghasilkan 44 unit produk jadi dengan rata-rata *Work In Process* (WIP) sebesar 2,7664 unit. Perbedaan tingkat utilisasi antar stasiun cukup signifikan, di mana operator *welding* memiliki utilisasi sebesar 97,90% sehingga menjadi *bottleneck* sistem. Sebaliknya, beberapa stasiun lain memiliki utilisasi rendah hingga 23,40%, yang menunjukkan adanya *idle time* yang cukup besar. Hal ini membuktikan bahwa lini produksi pada kondisi aktual belum seimbang.

b. Simulasi Usulan Perbaikan

Model perbaikan dibangun berdasarkan hasil metode *Ranked Positional Weight* (RPW), di mana elemen kerja digabung menjadi tiga stasiun kerja untuk meningkatkan keseimbangan lini fabrikasi. Stasiun 1 memiliki total waktu proses 420 menit, stasiun 2 memiliki waktu proses 428 menit, sedangkan stasiun 3 memiliki waktu proses 359 menit.



Gambar 4. Simulasi Software Arena Perbaikan

Gambar 4 menunjukkan model simulasi setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Total waktu produksi tetap sebesar 1207 menit dan *cycle time* sistem tetap mengacu pada waktu terbesar yaitu 428 menit. Struktur proses tetap berurutan, namun elemen kerja telah dikelompokkan agar setiap stasiun tidak melebihi *cycle time*. Parameter simulasi seperti waktu simulasi (20.000 menit) dan jumlah replikasi (5 kali) tetap dipertahankan agar hasil dapat dibandingkan secara objektif dengan kondisi aktual.

Tabel 6. Hasil Simulasi Usulan Perbaikan

Indikator Utama	Nilai
Jumlah Stasiun	3
Output (Number Out)	44 unit
Rata-rata WIP	2,7664 unit
Total Waktu Produksi	1207 menit
Utilisasi Tertinggi	98,16%
Utilisasi Terendah	80,58%

Tabel 6 menunjukkan hasil setelah dilakukan penyeimbangan lini menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), jumlah stasiun kerja berkurang menjadi 3 stasiun tanpa mengubah total waktu proses produksi sebesar 1207 menit. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *output* sistem tetap 44 unit dengan rata-rata WIP sebesar 2,7664 unit. Perubahan signifikan terlihat pada distribusi utilisasi. Tingkat utilisasi menjadi lebih merata dengan rentang antara 80,58% hingga 98,16%. Hal ini menunjukkan bahwa beban kerja antar stasiun telah terdistribusi secara lebih seimbang dibandingkan kondisi aktual.

c. Perbandingan Kinerja Sistem Simulasi ARENA

Tabel 7. Hasil Perbandingan Simulasi ARENA

Indikator	Aktual	Usulan	Perubahan
Jumlah Stasiun	7	3	Lebih efisien
<i>Output</i>	44 <i>unit</i>	44 <i>unit</i>	Tetap
WIP	2,7664	2,7664	Tetap
Utilisasi Terendah	23,40%	80,58%	Meningkat
Rentang Utilisasi	74%	17%	Lebih seimbang

Berdasarkan perbandingan kinerja sistem pada tabel 7, jumlah stasiun kerja berhasil dikurangi dari 7 menjadi 3 stasiun tanpa menurunkan *output* produksi. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan bersifat efisiensi struktur lini produksi, bukan peningkatan kapasitas. Perbedaan paling signifikan terlihat pada rentang utilitasnya. Pada kondisi aktual, selisih utilitas antar stasiun mencapai 74%, sedangkan pada kondisi usulan hanya sebesar 17%. Penurunan rentang ini menunjukkan peningkatan keseimbangan lini yang cukup signifikan. Dengan demikian, metode RPW yang diterapkan terbukti mampu memperbaiki distribusi beban kerja dan meningkatkan efisiensi operasional sistem produksi.

C. Analisis dan Pembahasan

Pada kondisi aktual, lini fabrikasi terdiri dari 7 stasiun kerja dengan *line efficiency* 40,29%, *balance delay* 59,71%, dan *smoothness index* 735,86. Hal ini menunjukkan distribusi beban kerja belum merata dan *idle time* masih tinggi. Stasiun *welding* menjadi *bottleneck* dengan waktu proses 428 menit sehingga menyebabkan ketidakseimbangan lintasan. Setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode RPW, jumlah stasiun berkurang menjadi 3 stasiun. Hasil perhitungan menunjukkan *line efficiency* meningkat menjadi 94%, *balance delay* turun menjadi 6%, dan *smoothness index* menurun menjadi 69,46, yang berarti beban kerja lebih seimbang dan aliran produksi lebih stabil.

Berdasarkan hasil simulasi ARENA, pada kondisi aktual *output* sebesar 44 *unit* dengan rata-rata WIP 2,7664 *unit*, namun terdapat ketimpangan utilitas yang besar dengan utilitas terendah 23,40% dan rentang utilitas mencapai 74%. Setelah perbaikan, *output* dan WIP tetap sama, tetapi utilitas menjadi lebih merata dengan utilitas terendah 80,58% dan rentang utilitas hanya 17%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa perbaikan tidak meningkatkan kapasitas produksi, tetapi secara signifikan meningkatkan keseimbangan kerja dan optimalisasi penggunaan sumber daya sehingga sistem menjadi lebih efisien dan stabil.

D. Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, beberapa rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan oleh perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan pembagian 3 stasiun kerja hasil metode RPW

Perusahaan disarankan untuk mengimplementasikan pembagian elemen kerja menjadi 3 stasiun sesuai hasil perhitungan RPW karena terbukti meningkatkan efisiensi lini dan menurunkan *idle time* secara signifikan.

2. Melakukan penataan ulang tata letak (*layout adjustment*)

Dengan pengurangan jumlah stasiun kerja, diperlukan penyesuaian tata letak agar aliran material tetap lancar dan tidak menimbulkan perpindahan yang tidak perlu.

3. Optimalisasi operator melalui multi-*skilling*

Operator sebaiknya diberikan pelatihan agar mampu menangani beberapa elemen kerja dalam satu stasiun sehingga fleksibilitas kerja meningkat dan risiko *bottleneck* baru dapat diminimalkan.

4. Monitoring berkala menggunakan indikator kinerja

Perusahaan perlu melakukan evaluasi berkala terhadap *line efficiency*, *balance delay*, *smoothness indeks* dan utilitas untuk memastikan sistem tetap berjalan seimbang.

5. Pengembangan simulasi lanjutan

Untuk penelitian berikutnya, model simulasi dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan variasi permintaan, *downtime* mesin, serta faktor gangguan produksi lainnya agar hasil semakin mendekati kondisi nyata.

Secara keseluruhan, penerapan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) yang didukung oleh simulasi ARENA dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan dalam perancangan ulang lini produksi fabrikasi baja, karena terbukti meningkatkan keseimbangan beban kerja, mengurangi waktu menganggur, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya perusahaan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi awal lini fabrikasi baja rafter menunjukkan ketidakseimbangan beban kerja dengan nilai *line efficiency* sebesar 40,29%, *balance delay* 59,71%, dan *smoothness index* 735,86 pada 7 stasiun kerja. Setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), jumlah stasiun kerja berkurang menjadi 3 stasiun dengan peningkatan *line efficiency* menjadi 94%, penurunan *balance delay* menjadi 6%,

serta penurunan *smoothness index* menjadi 69,46. Hasil simulasi ARENA menunjukkan bahwa meskipun *output* dan WIP tetap, distribusi utilisasi menjadi lebih merata sehingga sistem produksi lebih efisien dan stabil. Dengan demikian, penerapan metode RPW yang divalidasi melalui simulasi ARENA terbukti efektif dalam meningkatkan keseimbangan dan kinerja lini produksi.

Saran

Perusahaan disarankan untuk menerapkan pembagian stasiun kerja hasil metode RPW guna meningkatkan efisiensi dan mengurangi *idle time*. Selain itu, perlu dilakukan pengawasan pada stasiun yang berpotensi menjadi *bottleneck*, peningkatan keterampilan operator, serta evaluasi berkala menggunakan simulasi untuk menjaga keseimbangan lini. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mempertimbangkan variasi permintaan dan faktor gangguan produksi agar model yang dikembangkan semakin mendekati kondisi nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan Perusahaan Manufaktur Kerangka Baja sebagai tempat penelitian.

REFERENSI

- [1] P. P. Borthakur, *Industrial Engineering and Management: A Comprehensive Introduction*. 2023. doi: 10.22271/ed.book.2334.
- [2] M. R. Rabbani dan A. Mansur, "Design of Production System Improvement to Increase Productivity with Quality Control Circle Approach Perancangan Perbaikan Sistem Produksi untuk Peningkatan Produktivitas dengan Pendekatan Quality Control Circle," *Prozima*, vol. 8, no. 1, hal. 1–10, 2024, doi: 10.21070/prozima.v8i1.1669.
- [3] O. Mardanie, Suhendra, dan N. A. Khofiyah, "Implementasi *Lean Manufacturing* menggunakan Metode *Line Balancing* pada Proses *Assembly Cooling Fan* di PT YY," vol. 5, no. 1, hal. 33–38, 2025, doi: 10.51903/juritek.v5i1.3874.
- [4] A. V. Prasmoro *et al.*, "Analisis Waktu Proses Produksi Ransel Bagian Sewing dengan Metode *Line Balancing* Pada Perusahaan Garmen," *J. Ris. Tek. Komput.*, vol. 1, no. 2, hal. 31–42, 2024, doi: 10.69714/tzcy742.
- [5] A. Rokhmah, Probokusumo, Karyadi, dan R. Mulyani, "Perbaikan Tata Letak Fasilitas Departemen Produksi Cv. Decorus menggunakan *Systematic Layout Planning* untuk Meningkatkan Produktivitas dan Mengurangi Ongkos Material Handling," *J. Ilm. Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, 2024.
- [6] F. Wijaya dan H. Setiawan, "Penggunaan Software Arena untuk Meminimalisasi Waktu Tunggu Antrian Air Mineral Galon," vol. 4, no. 1, hal. 636–644, 2025.
- [7] D. S. F. Arifin dan J. A. Saifuddin, "Implementation of *Line Balancing* to Increase the Productivity of the Box Aspect Production Process," *J. LA MULTIAPP*, vol. 6, no. 3, hal. 677–688, 2025, doi: 10.37899/journallamultiapp.v6i3.2003.
- [8] A. F. Fauzi, "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)*," vol. 26, no. 4, hal. 1–9, 2025, doi: 10.21070/ijins.v26i4.1581.
- [9] H. I. Kusuma dan H. Purnomo, "Analisis Perancangan Stasiun Kerja dalam Memproduksi Produk Inalcafa Jacket dengan Lima Metode *Line Balancing*," *J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, hal. 546–553, 2024.
- [10] B. A. Rahayu Ningrum, W. T. Bhirawa, dan D. Yulianto, "Analisis Sistem Produksi *Two-Piece Beverage Can* dengan Metode *Line Balancing* di Pt XYZ," *J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 2, hal. 69–81, 2022.
- [11] N. K. F. Novarika, T. Lasalewo, dan H. Uloli, "Analisis Keseimbangan Lintasan dengan Metode *Ranked Positional Weight (RPW)* dan *Largest Candidate Rules (LCR)* di UD Sukamaju Furniture," *J. vokasi sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, hal. 6–14, 2024, doi: 10.56190/jvst.v4i1.63.
- [12] R. Moonti, H. Uloli, dan A. Rasyid, "Analisis Keseimbangan Lintasan Lini Produksi Tepung Kelapa dengan Metode *Ranked Positional Weight* dan *Region Approach*," vol. 2, no. 1, hal. 1–10, 2022, doi: 10.37905/jirev.v0i0.12849.
- [13] W. Poncotoyo, S. M. R. Puspita, M. F. Zain, dan S. A. Sholihah, "Penerapan Metode *Line Balancing* dengan Pendekatan *Ranked Position Weight*, *Regional Approach*, dan *Largest Candidate Rules*," vol. 2, no. 1, hal. 32–38, 2022, doi: 10.54324/jstl.v1i3.1088.
- [14] A. Septiadi, R. R. D. Satya, dan E. Wiratmani, "Line Balancing Analysis to Optimize Production line of *Bushing Rubber Using Theory of Constraints and Heuristics Method with Promodel Simulation* at PT . Madya Putera Teknik," *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 25, no. 1, hal. 97–111, 2023, doi: 10.32734/jsti.v25i1.9519.
- [15] E. Novianti dan D. Herwanto, "Penerapan *Line Balancing* Produksi Arm Rear Brake dengan Metode *Ranked*

- Positional Weight* di PT. Ciptaunggul Karya Abadi,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 2, hal. 5875–5882, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i2.5977.
- [16] M. Boy Isma Putra, ST. dan M. Ribangun Bamban Jakaria, ST., *Buku Ajar Analisan dan Perancangan Sistem Kerja*. 2015.
- [17] H. Kartika, M. E. Beatrix, dan C. S. Bakti, “*Analysis of Line Balancing to Increase Production Line Efficiency in the Car Battery Industry*,” *IJIEM (Indonesian J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 3, hal. 569–577, 2023, doi: 10.22441/ijiem.v4i3.21786.
- [18] E. Pratiwi dan A. Nurrokhman, “Perbaikan keseimbangan lini produksi dengan metode *Regional Approach*, *Largest Candidate Rule* dan *Ranked Positional Weight*,” *J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 6, no. 2, hal. 177–188, 2025, doi: 10.37373/jenius.v6i2.
- [19] A. A. Wahyudi, U. D. T. Astutik, M. Rizki, dan Hidayat, “Analisa Servis Motor di Dealer XYZ dengan Simulasi Arena,” *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.*, vol. 4, no. 3, hal. 1–6, 2023.
- [20] L. P. Purba, D. Y. Irawati, dan L. M. C. Wulandari, “Simulasi Sistem Produksi Robochop Dasar dengan ARENA Basic,” *JIME (Journal Ind. Manuf. Eng.*, vol. 9, no. 1, hal. 78–88, 2025.
- [21] N. W. Aulia dan Hidayat, “Usulan Perbaikan Sistem Pelayanan pada Antrian Locket Pembayaran Pajak Kendaraan Bermotor menggunakan Simulasi Software,” *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.*, vol. 5, no. 3, hal. 332–341, 2024.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.