

ANALISIS METODE RANKED POSITIONAL WEIGHT DAN KILLBRIDGE WESTER PADA KESEIMBANGAN LINTASAN PROSES PRODUKSI COIL WIRE ROD DI PT XYZ

ANALYSIS OF THE RANKED POSITIONAL WEIGHT AND KILLBRIDGE WESTER METHOD ON THE BALANCE OF THE COIL WIRE ROD PRODUCTION PROCESS TRAFFIC AT PT XYZ

Anisa Wulandari¹, Widya Spalanzani^{2*}, Haris Hamdani³

¹Teknik Industri, Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi, Indonesia

*Penulis korespondensi: widya.spalanzani@dsn.uharajaya.ac.id

Abstrak

PT XYZ adalah perusahaan swasta nasional yang bergerak dibidang pengolahan Baja. Salah satu produknya yaitu coil wire rod. Dalam proses produksinya, dari 12 stasiun kerja mengalami ketidakseimbangan lintasan kerja atau terjadi bottlemeck dan delay di 4 stasiun kerja. Melihat permasalahan yang terjadi untuk meminimalisir ketidakseimbangan pada lintasan kerja tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pada lintasan stasiun kerja proses produksi coil wire rod. Pada penelitian ini digunakan perbandingan metode line balancing yaitu dengan menggunakan metode Ranked Positional Weight (RPW) dan metode Killbridge-Wester. Tujuannya adalah untuk menyeimbangkan beban kerja di tiap stasiun kerja dan dapat mengetahui metode yang paling optimal untuk permasalahan di PT XYZ. Hasil dari temuan penelitian ini yaitu jika sebelumnya line efficiency hanya 62%, setelah menggunakan metode Ranked Positional Weight dan metode Killbridge-Wester terdapat peningkatan efektif menjadi 82%. Untuk balance delay yang awalnya 39% mengalami penurunan pesat menggunakan metode Ranked Positional Weight dan menggunakan metode Killbridge-Wester menjadi 19%. Pada idle time pun mengalami penurunan waktu yang signifikan yakni dari 672,43 detik setelah menggunakan metode Ranked Positional Weight dan metode Killbridge-Wester menjadi 236,71 detik. Sementara untuk smoothnes index dari 148,09 detik mengalami penurunan secara signifikan menggunakan metode Ranked Positional Weight dan metode Killbridge-Wester 83,64 detik.

Kata kunci: Ketidakseimbangan stasiun kerja, Line Balancing, Metode Killbridge Wester, Metode Ranked Positional Weight.

Abstract

PT XYZ is a national private company engaged in steel processing. One of the products is coil wire rod. In the production process, 12 work stations experienced an imbalance in work paths or bottlenecks and delays occurred at 4 work stations. Seeing the problems that occur to minimize imbalances in the work path, this research aims to increase efficiency in the work station path of the coil wire rod production process. In this research, a comparison of line balancing methods was used, namely using the (RPW) and the Killbridge-Wester method. The aim is to balance the workload at each work station and be able to find out the most optimal method for problems at PT XYZ. The results of the findings of this research are that previously line efficiency was only 62%, after using the (RPW) and the Killbridge-Wester method there was an effective increase to 82%. The balance delay, which was initially 39%, experienced a rapid decrease using the (RPW) and using the Killbridge-Wester method to 19%. Idle time also experienced a significant decrease in time, namely from 672.43 seconds after using the (RPW) and the Killbridge-Wester method to 236.71 seconds. Meanwhile, the smoothness index of 148.09 seconds decreased significantly using the (RPW) and the Killbridge-Wester method to 83.64 seconds.

Keywords: Killbridge Wester Method, Line Balancing, Ranked Positional Weight Method, Work station imbalance.

1. Pendahuluan

Situasi perindustrian manufaktur khususnya di bidang produksi baja mengalami persaingan yang sangat tinggi. Persaingan ini dapat dilihat dari data tingkat penjualan yang dimiliki perusahaan. Customer akan

memilih produk yang tinggi kualitasnya. Kualitas produk yang baik dapat dicermati dengan melihat proses produksinya. Karena proses produksi merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan guna menjaga kualitas. Hal ini menuntut setiap perusahaan untuk mengembangkan ide-ide inovatif agar dapat memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara optimal dan memberikan hasil *output* yang sebaik-baiknya dengan meningkatkan kualitas produk, baik secara kuantitas maupun kualitas.

Dalam meningkatkan kualitas produk perlu diidentifikasi "*Line Balancing*" nya. Karena *line balancing* merupakan suatu teknik untuk mendistribusikan pekerjaan pada stasiun-stasiun kerja yang terhubung pada suatu jalur produksi, sehingga setiap stasiun kerja tidak melebihi waktu siklusnya. Selain itu, dengan menyeimbangkan waktu kerja antar stasiun kerja dan dengan mengelompokkan setiap elemen tugas aktivitas produk dalam jumlah stasiun kerja yang telah ditentukan, dapat mencapai efisiensi tinggi dalam pemanfaatan peralatan dan tenaga kerja, maka keseimbangan kerja akan terjamin dan memiliki hasil yang bagus. Berbicara tentang keseimbangan kerja, salah satu perusahaan yaitu PT XYZ yang merupakan perusahaan penghasil baja, memiliki permasalahan di "*Line Balancing*". Karena kurangnya pengetahuan mengenai *line balancing* atau penyeimbangan lini, perusahaan masih belum mengetahui apakah proses produksi yang diterapkan pada lini produksi sudah efisien dan efektif. Maka dari itu, diperlukan analisis mengenai *line balancing* yang seimbang terhadap proses produksi di PT XYZ agar seimbang atau *quality rate*. *Quality rate* sendiri yaitu merupakan ukuran kemampuan suatu mesin dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang telah ditentukan (Erwin *et al.*, 2022)

PT XYZ memiliki permasalahan terkait dengan judul peneliti yang dapat diidentifikasi berdasarkan proses produksi pada *coil wire rod*, permasalahan yang terjadi yaitu adanya ketidakseimbangan lintasan pada proses produksi yang tidak efektif disebabkan karena terjadinya *bottleneck* dan *delay* pada proses produksinya. Tanpa adanya keseimbangan pada lintasan maka proses produksi tidak akan berjalan dengan efektif dan efisien, karena beberapa *workstation* dengan jalur stasiun yang besar akan terdapat antrian komponen yang perlu diproses. Adanya perbedaan waktu antara data waktu siklus perusahaan dan data waktu kapasitas tersedia mesin (*taket time*) di setiap prosesnya. Jika perbedaan waktu siklus dan waktu kapasitas tersedia mesin antar stasiun terlalu besar maka proses produksi akan terganggu sehingga mengakibatkan rendahnya efisiensi dari proses produksi tersebut (Achmadi, Harsanto and Yunani, 2021). Perbedaan waktu produksi membuat jalur produksi menjadi tidak efisien dan tidak berkelanjutan dalam hal kecepatan produksi akibat adanya penumpukan material antar stasiun kerja (Sibarani, Dewanto and Faujiyah, 2023). Perbedaan waktu tersebut mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan lintasan proses produksi dan terganggunya proses produksi *coil wire rod* di PT XYZ. Dari data observasi bahan baku yang diproses selama 12 bulan produksi *coil wire rod* terlihat adanya aktual produksi yang tidak pernah tercapai pada bahan baku yang diproses di bulan Januari sampai dengan Desember 2023. Perlu diketahui bahan baku berupa *billet* baja yang akan diproduksi menjadi produk jadi berupa *coil wire rod* akan mengalami proses penyusutan sebesar 1,3% (0,0273 ton) dari berat awal yaitu 2.1 ton (2.100 Kg).

Penurunan yang signifikan pada perusahaan dibulan April dan Desember yaitu mengalami penurunan proses produksi bahan baku hal ini disebabkan karena adanya *bottleneck*, *delay*, penumpukan *part*, serta adanya mesin mati, dan beberapa kasus yang dapat menyebabkan *reject*. Alur proses produksi *coil wire rod* di PT The Master Stell Mfc yaitu terdiri dari 12 stasiun kerja. Dari stasiun kerja awal yaitu proses *transfer billet* dari penyimpanan ke bagian *qualiti control* sampai ke proses akhir yaitu penimbangan dan pemasangan label, dengan total *man power* sebanyak 24 operator. Dengan total waktu siklus perusahaan sebesar 1.214,77 detik dan total Waktu kapasitas tersedia mesin (*Takt time*) sebesar 1.208,64 detik. Adanya proses produksi yang berlebih dari waktu kapasitas mesin yang lebih rendah mengakibatkan terjadinya *bottleneck* dan *delay* di stasiun kerja, Terdapat selisih waktu antara data siklus perusahaan dan data kapasitas tersedia mesin (*Takt time*). Rata-rata selisih waktu siklus perusahaan dan waktu kapasitas tersedia per produk yaitu 7,7 jam per bulan per produk, jika di kalkulasikan ke dalam bentuk produk maka waktu data siklus perusahaan dan data kapasitas tersedia mesin (*Takt time*) memiliki selisih 0,876 Ton. Terlihat adanya perbedaan yang sangat signifikan untuk 1 produk per bulannya. Sehingga perlu dilakukan analisis terkait "*Line Balancing*" pada stasiun kerja yang bermasalah. Dijelaskan produk yang dihasilkan didapat dari perhitungan aktual produksi dibagi berat

awal bahan baku yaitu 2,1 Ton. Jumlah waktu siklus didapat dari perhitungan produk yang dihasilkan tiap bulan dikali waktu siklus perusahaan yaitu sebesar 1.214,77 detik dan diubah menjadi jam dengan dibagi 3.600 detik. Serta untuk jumlah data kapasitas tersedia mesin (*Take time*) didapat dari hasil perhitungan produk yang dihasilkan tiap bulan dikali waktu kapasitas tersedia mesin yaitu sebesar 1208,64 detik dan dibagi menjadi jam dengan dibagi 3.600 detik.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Ponda H, Fatma NF, 2022) menyatakan bahwa dengan menggunakan metode *Kilbirdge & Wester* dan RPW diperoleh bahwa metode RPW lebih efisien dibuktikan dengan memperkecil waktu henti, mengefisiensikan jalur, dan mengecilkan nilai *balance delay*. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Mughni and Sari, 2021) menyatakan bahwa dengan menggunakan metode RPW dan *Killbridge Western* diperoleh Kedua metode yang diusulkan memiliki hasil yang sama dalam indikator performansi *line efficiency* dan *balance delay*. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Nugrianto *et al.*, 2020) menyatakan bahwa dengan menggunakan Metode RPW (*Ranked Position Weight*) dapat mengurangi jumlah operator dan berkurangnya jumlah stasiun kerja. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Aryadi, 2020) menyatakan bahwa dengan menggunakan Metode RPW dan *Killbridge Western* diperoleh bahwa Ternyata perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan kedua metode yang digunakan memberikan nilai yang sama. Dengan menggunakan kedua metode dapat memberikan hasil yang lebih baik dari keadaan sebenarnya. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Sakiman, Arafah and Suliawati, 2022) menyatakan bahwa dengan menggunakan Metode RPW Perhitungan dengan metode *line balancing* lebih efisien dibandingkan perhitungan perusahaan sebelumnya. Maka peneliti juga ingin menerapkan metode *line balancing* dengan melakukan analisis peningkatan efisiensi keseimbangan lintasan kerja pada proses produksi *coil wire rod* untuk mengurangi terjadinya *bottleneck*, adanya ketidakseimbangan lintasan proses produksi yang tidak efektif. Oleh karena itu, efisiensi pada stasiun kerja *coil wire rod* dapat dikatakan masih dalam tahap pengembangan.

2. Metode

2.1 Metode *Line Balancing*

Line balancing merupakan suatu metode untuk meningkatkan efisiensi stasiun kerja dalam proses produksi sehingga satu atau lebih operator yang melayani setiap stasiun kerja mempunyai beban kerja yang tidak melebihi waktu siklus stasiun kerja tersebut (Sulistyo, 2022).

Metode penyeimbangan lini atau *Line Balancing* yaitu suatu analisis yang bertujuan untuk menghitung keseimbangan hasil produksi dengan cara mendistribusikan beban secara merata antar proses sehingga tidak ada proses yang tetap menganggur akibat menunggu terlalu lama produk meninggalkan lini proses sebelumnya. Tujuan utama penyeimbangan lini (*Line Balancing*) adalah untuk membantu meningkatkan jumlah produksi yang didedikasikan untuk fasilitas dan sumber daya perusahaan. Fitur Mengatasi kemacetan yang terjadi pada tahapan proses sehingga proses manufaktur dapat berjalan efektif dan efisien. Secara umum perancangan timbangan kereta api bertujuan untuk mencapai kinerja optimal tanpa membuang-buang struktur (material, waktu dan tenaga). Tujuan ini akan tercapai jika:

1. Jalurnya seimbang, setiap stasiun menerima beban yang sama dari waktu ke waktu.
2. Jumlah minimum waktu tunggu dari operator proses sebelumnya (*idle*) pada setiap *workstation* di jalur proses.
3. Jumlah stasiun pada jalur tersebut seimbang dalam waktu. Tujuan dari penyeimbangan jalur adalah untuk memaksimalkan kecepatan pada setiap stasiun kerja agar mencapai efisiensi kerja yang tinggi pada setiap stasiun kerja (Nugrianto *et al.*, 2020).

2.1.1 Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Metode RPW (*Ranked Position Weight*) merupakan teknik yang diperkenalkan oleh Helgeson & Bernie. Pada metode ini, nilai bobot posisi peringkat dihitung berdasarkan waktu pemrosesan setiap operasi

selanjutnya. Metode ini mengutamakan durasi item pekerjaan yang paling lama, dengan item pekerjaan tersebut diutamakan sebelum ditempatkan pada stasiun kerja, disusul elemen pekerjaan lain yang durasinya lebih cepat. Proses ini dilakukan dengan memberikan bobot. Bobot ini diberikan pada setiap pekerjaan dengan mengikuti diagram *precedence*. Tentu saja, item pekerjaan dengan ketergantungan tinggi memiliki bobot lebih tinggi, yaitu. Langkah-langkah metode RPW dengan perhitungan manual mempunyai prioritas lebih tinggi (Yudha *et al.*, 2022).

Nilai RPW merupakan perhitungan antara item pekerjaan dan posisi masing-masing item pekerjaan pada grafik prioritas. Langkah-langkah metode RPW (*Ranked Position Weights*) adalah sebagai berikut:

1. Membuat *precedence diagram*, lalu hitung bobot posisi.
2. Urutkan operasi menurut nilai bobot item dari yang terbesar hingga yang terkecil.
3. Tetapkan tugas ke stasiun kerja sehingga waktu proses di setiap stasiun kerja tidak melebihi waktu siklus.
4. Kemudian tempatkan seluruh operasi hingga tersebar ke seluruh workstation yang tersedia.
5. Selanjutnya dilakukan perhitungan *line efficiency*, Perhitungan *balance delay*, Perhitungan *idle time* dan Perhitungan *smoothness index* (Sabardi, Pramanda and Suhanda, 2021).

2.1.2 Metode Killbrigde - Western

Metode *Killbridge-Western* merupakan salah satu metode yang intinya bertujuan untuk mengenalkan operasi yang bertanggung jawab yang lebih tinggi terlebih dahulu. *Kilbridge Western* adalah metode yang dirancang oleh M. Kilbridge dan L. Wester. Menerapkan konsep *Kilbridge - Western* pada suatu perusahaan di sistem produksi, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pada proses produksi. Efisiensi tersebut dapat dicapai dengan mencari kombinasi pengelompokan kegiatan produksi pada beberapa stasiun kerja dengan tetap memperhatikan keseimbangan waktu antar masing-masing area kerja. Kombinasi *idle time* yang baik ditandai dengan *downtime* yang minimal (Ningrum *et al.*, 2022).

Tahap metode *killbrigde - western*:

1. Buat *precedence diagram* dan bagi menjadi beberapa operasi dan penentuan waktu siklus.
2. Melakukan operasi tanpa pembedaan pendahulunya ditempatkan di zona pertama.
3. Melakukan operasi penugasan dan penggabungan operasi pertama ke stasiun kerja awal.
4. Memberikan tugas kepada setiap aktivitas sampai ke setiap pekerjaan didistribusikan di semua stasiun kerja dengan waktu yang dibutuhkan tidak melebihi waktu siklus yang ada.
5. Menghitung perhitungan *line effeciency*, Perhitungan *balance delay*, Perhitungan *Idel time* dan *smoothnees index* (Andi and Nasution, 2020).

2.2 Rumus yang Digunakan Pada Line Balancing

Tujuan akhir dari keseimbangan lini (*line balancing*) adalah untuk mencapai efisiensi kerja agar optimal pada setiap stasiun kerja sehingga setiap stasiun kerja dapat beroperasi seoptimal mungkin. Berikut ini terdapat istilah-istilah yang digunakan didalam penyeimbangan lini, yaitu:

1. Waktu Siklus (*Cycle Time*) menurut rumusnya sendiri yaitu:

$$\text{Waktu siklus standar} = \frac{\text{Total jam kerja} \times 3600 \text{ detik}}{\text{Total jumlah produksi}} \quad (1)$$

2. Waktu Normal dengan rumusnya yaitu:

$$Wn = Ws \times P \quad (2)$$

Keterangan:

Wn = Waktu normal

Ws = Waktu siklus

P = *rating factor*

3. Waktu Baku dengan rumus yaitu:

$$Wb = Wn(1 + a) \quad (3)$$

Keterangan:

Wb = Waktu baku
Wn = Waktu normal
a = Allowance (Kelonggaran)

4. Waktu Menunggu (*Idle Time*) dengan rumus yaitu:

$$Idle\ Time = n \cdot Ws - \sum_{i=1}^n Wi \quad (4)$$

Keterangan:

n = Jumlah stasiun kerja
Ws = Waktu stasiun kerja terbesar
Wi = Waktu sebenarnya pada stasiun kerja
i = 1,2,3,...,n

5. Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*) dengan rumus:

$$BD = \frac{n \cdot c \cdot \sum ti}{(n \cdot ti)} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

BD = Balance delay (%)
c = Waktu siklus
n = Jumlah stasiun kerja
 $\sum ti$ = Jumlah semua waktu operasi
ti = Waktu operasi

6. Efisiensi Waktu Kerja dengan rumus sebagai berikut:

$$Efisiensi\ Waktu\ Kerja = \frac{wi}{ws} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

Wi = Waktu kerja
Ws = Waktu operasi stasiun kerja terbesar

7. *Line Efficiency* dengan rumusnya yaitu:

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k STi}{(k)(CT)} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

Sti = Total waktu
K = Jumlah stasiun kerja
CT = Waktu siklus

8. *Smoothness Index* (SI) menggunakan rumus:

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (STi\ maks - STi)^2} \quad (8)$$

Keterangan:

maks Ti = Maksimum waktu di stasiun
Sti = Waktu stasiun di stasiun kerja ke -1

9. *Rating Factor* (P) dengan rumus:

$$P = \frac{\text{performa}}{\text{kelas normal}} \quad (9)$$

2.3 Langkah – Langkah *Line Balancing*

Beberapa langkah yang umum digunakan untuk menerapkan metode *line balancing* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tugas, pekerjaan, tata cara pekerjaan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya.
2. Membuat *precedence diagram*.
3. Menentukan *cycle time* atau siklus kerja.
4. Kumpulkan jumlah minimum *workstation*.
5. Mencari kemalasan, menunggu atau tidak bertindak.
6. Perhitungan keseimbangan waktu senggang (*Balance delay*).
7. Menghitung efisiensi pada stasiun kerja.
8. Hitung x 100% efisiensi lini produksi (*Line Efficiency*).
9. Menentukan penugasan elemen pekerjaan pada stasiun kerja.
(Pradana, 2021)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Membuat *Precedence Diagram*

Di bawah ini adalah rincian operasi pendahuluan untuk memudahkan pembuatan *precedence diagram* pada proses produksi *coil wire rod* di PT XYZ.

Rincian Operasi Pendahuluan	
Elemen	<i>Precedence</i>
O-1	-
I-1	O-1
O-2	I-1
O-3	O-2
O-4	O-3
O-5	O-4
O-6	O-5
I-2	O-6
O-7	I-1
O-8	O-7

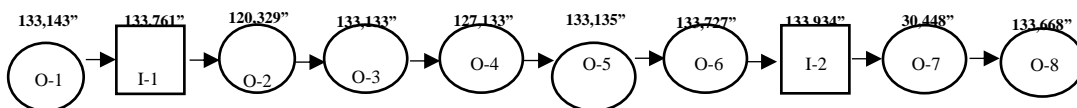
Keterangan:

O = Operasi

I = Inspeksi

Tabel 1 diatas menunjukkan operasi yang dilakukan dalam proses produksi *coil wire rod*. Setelah mengetahui kegiatan yang dilakukan, langkah selanjutnya adalah membuat *precedence diagram* yang menunjukkan urutan langkah-langkah produksi *coil wire rod* dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.

Precedence Diagram



Gambar 1. *Precedence Diagram* Proses *Coil Wire Rod*

Dari Gambar 3.1 diatas diketahui bahwa proses *coil wire rod* diawali dengan proses O-1 yaitu proses *transfer billet* secara berurutan sampai dengan proses akhir O-9 yaitu proses penimbangan dan pemasangan label. Setelah membuat *precedence diagram*, maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan metode *Ranked Postitional Weigh* (RPW) dan metode *Killbridge Wester*.

3.2 Perhitungan Data Awal Proses Produksi *Coil Wire Rod*

Pada tahap awal melakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Ranked Postitional Weight* (RPW) dan metode *Killbridge Wester* dilakukan perhitungan waktu baku pada tiap operasi kerja, langkah – langkah yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Menghitung besarnya waktu pengamatan rata-rata atau waktu siklus (WS).

Berikut ini contoh hasil perhitungan waktu siklus pada proses *transfer billet*, yaitu sebagai berikut:

$$Ws = \frac{\sum X_j}{N}$$

$$Ws = \frac{133,08 + 133,11 + \dots + 133,13}{10}$$

$$Ws = 133,15 \text{ detik}$$

Dilakukan perhitungan serupa pada proses *quality control* atau proses ke-2 hingga proses akhir yaitu proses penimbangan dan pemasangan label dengan menggunakan rumus yang sama.

Tabel 2. Perhitungan Nilai Rata-rata (Waktu Siklus)

SK	Proses	Waktu Pengamatan (Detik)										Jumlah	Rata-rata (Waktu siklus)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
I	<i>Transfer Billet</i>	133,08	133,11	133,17	133,18	133,19	133,15	133,17	133,08	133,17	133,13	1331,43	133,15
II	<i>quality control</i>	133,09	133,08	134,05	134,07	134,08	133,08	134,05	134,04	134,05	134,02	1337,61	133,77
III	Pemanasan	120,03	121	120,07	120	120,04	121	120,06	120	121	120,09	1203,29	120,33
IV	<i>Roughing mill</i>												
V	<i>Intermediate mill</i>	133,14	133,08	133,11	133,14	133,21	133,11	133,14	133,08	133,13	133,19	1331,33	133,14
VI	<i>PreFinishing</i>												
VII	Pendinginan	127,11	127,15	127,08	127,12	127,15	127,18	127,08	127,17	127,15	127,14	1271,33	127,14
VII	Pembentukan coil	133,11	133,14	133,08	133,11	133,19	133,17	133,15	133,12	133,10	133,18	1331,35	133,14
IX	<i>Transfer Coil</i>	133,12	133,8	134,03	133,15	133,11	134,03	133,8	134,01	134,19	134,03	1337,27	133,73
X	Uji Chemical & Uji Mechanical	134,05	134,07	133,8	133,9	134,07	134,02	133,8	133,8	134,07	133,76	1339,34	133,94
XI	Pengepresan & Pengemasan	31	30,7	30	31	30,16	30,11	30,23	31	30,28	30	304,48	30,45
XII	Penimbangan & Pemasangan Label	133,16	133,25	134,05	133,8	133,29	134,02	134,05	133,8	133,21	134,05	1336,68	133,67

2. Menentukan *Performance*

Tahap untuk menentukan *rating performance* adalah menormalkan waktu yang didapatkan berdasarkan hasil pengamatan langsung terhadap operator – operator yang bekerja.

3. Menghitung *Rating Factor* (P)

Berikut ini contoh hasil perhitungan *rating factor* (P) pada proses *transfer billet*, dengan menggunakan persamaan 2.10 sehingga didapat hasil:

$$P = \frac{70}{60} = 1,17$$

Dilakukannya perhitungan serupa pada proses *quality control* atau proses ke-2 hingga proses akhir yaitu proses penimbangan dan pemasangan label dengan menggunakan rumus yang sama.

4. Menghitung waktu normal (Wn)

Waktu normal didapatkan dari perkalian waktu siklus (ws) dengan *Rating factor* (P). berikut contoh perhitungan waktu normal pada proses awal yaitu proses *transfer billet*, dengan menggunakan persamaan 2 sehingga didapat hasil:

$$Wn = 133,15 \times 1,17$$

$$Wn = 155,79$$

Dilakukannya perhitungan serupa dari proses *quality control* atau proses ke-2 hingga proses akhir yaitu proses penimbangan dan pemasangan label dengan rumus yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat

pada Tabel 3 ringkasan hasil perhitungan *Rating Factor* (P), dan waktu normal (Wn) pada proses produksi *coil wire rod*.

Tabel 3. Penentuan *Rating Factor* dengan Metode Shumard dan Perhitungan Waktu Normal Proses *Coil Wire Rod*

SK	Proses	Waktu siklus (Detik)	Perfor ma	Kelas Normal	Rating Factor (P)	WN (Derik)
I	<i>Transfer Billet</i>	133,15	70	60	1,17	155,79
II	<i>quality control</i>	133,77	75	60	1,25	167,22
III	Pemanasan	120,33	70	60	1,17	140,79
IV	<i>Roughing mill</i>					
V	<i>Intermediate mill</i>	133,14	70	60	1,17	155,78
VI	<i>PreFinishing</i>					
VII	Pendinginan	127,14	75	60	1,25	158,93
VII	Pembentukan <i>coil</i>	133,14	75	60	1,25	166,43
IX	<i>Transfer Coil</i>	133,73	70	60	1,17	156,47
X	Uji <i>Chemical & Uji Mechanical</i>	133,94	75	60	1,25	167,43
XI	Pengepresan & Pengemasan	30,45	75	60	1,25	38,06
XII	Penimbangan & Pemasangan Label	133,67	70	60	1,17	156,39

Setelah mengetahui waktu normal (Wn) pada setiap produksi *coil wire rod*, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu baku (WB). Untuk mendapatkan waktu baku yaitu dengan cara mengalikan waktu normal dan *allowance* (kelonggaran). *Allowance* merupakan waktu yang dibutuhkan pada setiap operator untuk memenuhi kebutuhannya. Perhitungan *allowance* PT The Master Steel pada setiap operator memiliki nilai yang berbeda-beda mengikuti standar yang ditetapkan pada perusahaan. Berikut ini proses kerja pertama yaitu *transfer billet* hingga proses akhir yaitu penimbangan & pemasangan label seperti pada tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Faktor *Allowance* Pada Proses *Transfer Billet*

Kode faktor kelonggaran	Faktor Kelonggaran	Keterangan	Nilai <i>Allowance</i> (%)
A	Tenaga yang dikeluarkan	Dapat diabaikan	0
B	Sikap kerja	Bekerja duduk	1
C	Gerakan kerja	Agak terbatas	4
D	Kelelahan mata	Pandangan yang hampir terus menerus	6
E	Keadaan temperatur tempat kerja	Normal	3
F	Keadaan atmosfer	Cukup	4
G	Keadaan lingkungan yang baik	Sikap berulang ulang antara 5 – 10 detik	4
H	Kelonggaran pribadi	Pria	2
Total <i>allowance</i>			24%

Setelah menentukan nilai *allowance* (kelonggaran) dari setiap operator pada proses kerja, maka selanjutnya dapat menghitung waktu baku (Wb) dengan menggunakan persamaan 3. Dibawah ini adalah contoh perhitungan contoh perhitungan waktu baku pada proses awal yaitu proses *transfer billet*.

$$Wb = 155,79 \times \frac{100}{100 - 24\%} = 118,41 \text{ detik}$$

Setelah diketahuinya waktu baku pada proses *transfer billet* adalah 180,38 detik, maka dilakukan perhitungan waktu baku tersebut pada setiap proses sampai proses akhir yaitu proses penimbangan dan pemasangan label. Dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini untuk lebih jelasnya.

Tabel 5. Waktu Normal dan Waktu Baku Proses Produksi *Coil Wire Rod*

Sk	Operasi	Proses kerja	Allowance time	Data Waktu (Detik)			
				Rata-rata (waktu siklus)	Rating factor (P)	Waktu Normal	WB (waktu Proses)
I	O-1	<i>Transfer Billet</i>	24%	133,15	1,17	155,79	118,41
II	I-1	<i>quality control</i>	26%	133,77	1,25	167,22	123,75
III	O-2	Pemanasan	23%	120,33	1,17	140,79	108,41
IV	O-3	<i>Roughing mill</i>	27%	133,14	1,17	155,78	113,72
V		<i>Intermediate mill</i>					
VI		<i>PreFinishing</i>					
VII	O-4	Pendinginan	30%	127,14	1,25	158,93	111,26
VIII	O-5	Pembentukan <i>coil</i>	30%	133,14	1,25	166,43	116,51
IX	O-6	<i>Transfer Coil</i>	25%	133,73	1,17	156,47	117,36
X	I-2	<i>Uji Chemical & Uji Mechanical</i>	31%	133,94	1,25	167,43	115,53
XI	O-7	Pengepresan & Pengemasan	30%	30,45	1,25	38,06	26,64
XII	O-8	Penimbangan & Pemasangan Label	24%	133,67	1,17	156,39	118,86
Total Waktu Baku (Wb)							1.070,45

Dari Tabel 5 diatas dapat diketahui bahwa waktu baku (WB) setiap aktivitas memiliki nilai yang berbeda-beda. Tahap selanjutnya dengan menghitung waktu siklus (*cycle time*), Waktu siklus ini digunakan untuk mencari waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu produk dalam satu kali pengerjaan. Data yang diperlukan adalah data hari kerja dalam setahun dan jam kerja per hari. Berikut ini Tabel 6 mengenai jam kerja, hari kerja dan jumlah produksi (ton) tahun 2023.

Tabel 6. Jam Kerja Proses Produksi *Coil Wire Rod* 2023

No	Bulan	Jumlah hari kerja	Jam kerja per hari	Jam kerja per bulan	Aktual produksi (ton)
1.	Januari	26	21	546	31.612
2.	Februari	23	21	483	28.784
3.	Maret	26	21	546	25.496
4.	April	23	21	483	13.181
5.	Mei	24	21	504	26.446
6.	Juni	24	21	504	30.190
7.	Juli	25	21	525	30.414
8.	Agustus	26	21	546	27.735
9.	September	25	21	525	29.398
10.	Oktober	26	21	546	28.661
11.	November	26	21	546	29.426
12.	Desember	25	21	525	20.274
Total		299		6.179	321.617

Pada penjelasan Tabel 6 diatas diketahui proses produksi *coil wire rod* memiliki 3 *shift* yaitu:

1. Shift 1 Jam 07.00 – 15.00
2. Shift 2 Jam 15.00 – 23.00
3. Shift 3 Jam 23.00 – 07.00

Dengan 8 jam kerja termasuk 1 jam istirahat

Dapat dilihat pada Tabel 6 diatas dijelaskan jumlah hari kerja selama satu tahun yaitu 299 hari dengan jam kerja per hari yaitu 21 jam dan total jam kerja selama satu tahun yaitu 6.179 jam dengan jumlah aktual produksi yang didapatkan oleh PT XYZ sebesar 321.617 Ton. Maka dapat dihitung waktu siklus nya mengguakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\text{Waktu siklus standar} = \frac{\text{Total jam kerja} \times 3600 \text{ detik}}{\text{Total jumlah produksi}}$$

$$\text{Waktu siklus standar} = \frac{6.179 \times 3600 \text{ detik}}{321.617} = 69,16 \text{ detik/ton}$$

$$\text{Waktu siklus Standar} = 69,16 \times 2,1 \text{ ton} = 145,24 \text{ detik / produk}$$

Setelah mendapatkan nilai waktu siklus yaitu sebesar 145,24 detik/produk dari hasil perhitungan total jam kerja dikali 3.600 detik dibagi total jumlah produksi. Untuk langkah selanjutnya ialah menghitung waktu proses kerja ditambah waktu baku yang telah didapatkan sebelumnya. Berikut ini Tabel 7 yaitu penjelasan mengenai waktu proses kerja dan waktu baku pada proses produksi *coil wire rod*.

Tabel 7. *Idle Time* Proses Produksi *Coil Wire Rod*

SK	Operasi	Proses kerja	Data Waktu (Detik)				
			Waktu proses	Waktu normal (Wn)	Waktu siklus standar	Idle time	(Idle time) ²
I	O-1	<i>Transfer Billet</i>	118,41	155,79	145,24	26,83	719,85
II	I-1	<i>quality control</i>	123,75	167,22	145,24	21,49	461,83
III	O-2	Pemanasan	108,41	140,79	145,24	36,83	1.356,45
IV		<i>Roughing mill</i>					
V	O-3	<i>Intermediate mill</i>	113,72	155,78	145,24	31,52	993,52
VI		<i>PreFinishing</i>					
VII	O-4	Pendinginan	111,26	158,93	145,24	33,98	1.154,65
VIII	O-5	Pembentukan <i>coil</i>	116,51	166,43	145,24	28,73	825,42
IX	O-6	<i>Transfer Coil</i>	117,36	156,47	145,24	27,88	777,30
X	I-2	Uji <i>Chemical</i> & Uji <i>Mechanical</i>	115,53	167,43	145,24	29,71	882,69
XI	O-7	Pengepresan & Pengemasan	26,64	38,06	145,24	118,6	14.065,96
XII	O-8	Penimbangan & pemasangan label	118,86	156,39	145,24	26,38	695,91
Total			1.070,45	Total	381,95	21.933,58	

Dapat dilihat pada Tabel 7 diatas total waktu baku dari 12 stasiun kerja yaitu sebesar 1.070,45 detik.

Dengan waktu siklus standar yaitu 145,24 detik, total *idle time* kuadrat sebesar 21.933,58 detik.

Contoh perhitungan *idle time* didapat dari perhitungan berikut ini:

$$\text{Idle Time} = \text{Waktu siklus standar} - \text{Waktu proses}$$

$$\text{Idle time} = 145,24 - 118,131 = 26,83$$

Langkah selanjutnya yaitu akan dilakukan perhitungan *line efficiency*, perhitungan *balance delay*, perhitungan *idle time* dan perhitungan *smoothness index*. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui seberapa ketidakseimbangan lintasan proses produksi *coil wire rod* sebelum menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) dan metode *Killbridge Wester*.

1. Menghitung *line efficiency*, dapat menggunakan persamaan 8 sebagai berikut:

$$Line\ Efficiency = \frac{1.070,45}{12 \times 145,24} \times 100\% = 0,6141 \approx 61\%$$

2. Menghitung *balance delay*, dapat menggunakan persamaan 9 yaitu sebagai berikut:

$$Balance\ Delay = 1 - Total\ Line\ Efficiency = \%$$

$$Balance\ Delay = 1 - 0,6141 = 0,3859 \approx 39\%$$

3. Menghitung *idle time* atau waktu menganggur pada proses produksi *coil wire rod*. Untuk perhitungannya digunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$Idle\ Time = (Total\ stasiun\ kerja \times Waktu\ siklus) - Total\ waktu\ proses =$$

$$Idle\ Time = (12 \times 145,24) - 1.070,45 = 672,43\ detik$$

4. Menghitung *smoothness index* pada proses produksi *coil wire rod*. Untuk perhitungannya digunakan persamaan 10 sebagai berikut ini:

$$Smoothness\ Index = \sqrt{\sum (Idle\ Time)^2}$$

$$Smoothness\ Index = \sqrt{\sum (21.933,58)^2} = 148,09\ detik$$

3.3 Pengolahan Data Menggunakan Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Perhitungan dengan metode ini yaitu dengan mengelompokkan operasi berdasarkan stasiun-stasiun kerja dari yang minimal. Langkah selanjutnya adalah membuat matriks jaringan pada proses kerja *coil wire rod*. Dibawah ini adalah Tabel 8 matriks jaringan kerja awal pada proses produksi *coil wire rod*:

Tabel 8. Matriks Jaringan Kerja Awal Proses *Coil Wire Rod*

Operasi Pendahuluan	Operasi pengikut									
	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6	O-7	I-1	O-8	O-9
O-1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
I-1	0		1	1	1	1	1	1	1	1
O-2	0	0		1	1	1	1	1	1	1
O-3	0	0	0		1	1	1	1	1	1
O-4	0	0	0	0		1	1	1	1	1
O-5	0	0	0	0	0		1	1	1	1
O-6	0	0	0	0	0	0		1	1	1
I-2	0	0	0	0	0	0	0		1	1
O-7	0	0	0	0	0	0	0	0		1
O-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Dari Tabel 8 diatas dapat dijelaskan bahwa matriks kerja yang bernilai 0 merupakan proses sebelumnya dan untuk nilai 1 merupakan proses berikutnya. Setelah mengetahui bentuk matriks jaringan kerja terdahulu, selanjutnya membuat matriks waktu operasi secara berurutan berdasarkan *ranking*. Tabel 9 di bawah ini adalah perhitungan nilai matriks operasi pada proses produksi *coil wire rod*.

Tabel 9. Matriks Waktu Operasi Proses Produksi *Coil Wire Rod*

Operasi	Proses pengikut (Detik)									Jumlah (Detik)	Ranking	
	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6	O-7	I-1	O-8			O-9
O-1	118,41	123,75	108,41	113,72	111,26	116,51	117,36	115,53	26,64	118,86	1.070,45	1
I-1	0	123,75	108,41	113,72	111,26	116,51	117,36	115,53	26,64	118,86	952,04	2
O-2	0	0	108,41	113,72	111,26	116,51	117,36	115,53	26,64	118,86	828,29	3
O-3	0	0	0	113,72	111,26	116,51	117,36	115,53	26,64	118,86	719,88	4
O-4	0	0	0	0	111,26	116,51	117,36	115,53	26,64	118,86	606,16	5
O-5	0	0	0	0	0	116,51	117,36	115,53	26,64	118,86	494,9	6
O-6	0	0	0	0	0	0	117,36	115,53	26,64	118,86	378,39	7
I-2	0	0	0	0	0	0	0	115,53	26,64	118,86	261,03	8
O-7	0	0	0	0	0	0	0	0	26,64	118,86	145,5	9
O-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118,86	118,86	10

Dari Tabel 9 diatas diketahui jumlah matriks tertinggi terdapat pada proses O-1 dengan nilai 1.070,45 detik dan jumlah matriks terendah terdapat pada proses O-8 dengan nilai 118,86 detik. Langkah selanjutnya adalah mengelompokkan proses kerja pada stasiun kerja. Apabila waktu sama dengan waktu kerja, maka keseimbangan proses produksi dapat dikatakan dalam keadaan seimbang. Keseimbangan waktu kerja dilakukan dengan mengelompokkan waktu kerja berdasarkan nilai matriks operasi dari *ranking* secara berurutan, sehingga mendapatkan waktu yang mendekati waktu siklus standar. Jika waktu kerja proses yang dikelompokkan melebihi waktu siklus standar, maka akan dikelompokkan pada proses berikutnya, penggabungan yang terjadi dapat menyebabkan perubahan dalam waktu proses. Untuk lebih jelasnya dapat melihat hasil pengelompokan proses ke *workstation* pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Pengelompokan Proses Produksi *Coil Wire Rod*

SK	Operasi	Data Waktu (Detik)					
		Waktu Normal	Waktu Proses	Waktu Siklus	Waktu SK	Idle time	(Idle time) ²
1	O-1	155,79	118,41	145,24	118,41	26,83	719,85
2	I-1	167,22	123,75	145,24	123,75	21,49	461,83
3	O-2	140,79	108,41	145,24	108,41	36,83	1.356,45
4	O-3	155,78	113,72	145,24	113,72	31,52	993,52
5	O-4	158,93	111,26	145,24	111,26	33,98	1.154,65
6	O-5	166,43	116,51	145,24	116,51	28,73	825,42
7	O-6	156,47	117,36	145,24	117,36	27,88	777,30
8	I-2	167,43	115,53	145,24	142,17	3,07	9,43
	O-7	38,06	26,64				
9	O-8	156,39	118,86	145,24	118,86	26,38	695,91
Total			1.070,45		Total	236,71	6.994,36

Berdasarkan Tabel 10 diatas, hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pengurangan stasiun kerja dimana yang awalnya berjumlah 12 *workstation* menjadi 9 *workstation* setelah dilakukannya pengelompokan berdasarkan waktu proses dan untuk *idle time* pun juga menurun dari 381,95 detik menjadi 236,71 detik. Informasi di atas menunjukkan bahwa tidak terdapat waktu stasiun kerja yang melebihi waktu siklus standar yang telah ditentukan.

Setelah melakukan pengelompokan stasiun kerja adalah menghitung efisiensi stasiun kerja, *line efficiency*, *balance delay*, dan *idle time* menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Di bawah ini adalah contoh penghitungan efisiensi untuk stasiun kerja ke-1 menggunakan persamaan 8 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Waktu Kerja} = \frac{118,41}{145,24} \times 100\% = 82\%$$

Maka perhitungan serupa dilakukan hingga stasiun kerja ke-9. Setelah dilakukan perhitungan, maka diperoleh hasil pada Tabel 11 yang merupakan hasil perhitungan efisiensi stasiun kerja dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Perhitungan Efisiensi Stasiun Kerja Metode RPW

SK	Operasi	Proses Kerja	Data Waktu (detik)		Efisiensi SK (%)
			Waktu SK	Waktu Siklus	
1	O-1	<i>Transfer Billet</i>	118,41	145,24	82%
2	I-1	<i>Quality control</i>	123,75	145,24	86%
3	O-2	Pemanasan	108,41	145,24	75%
4	O-3	Pengerollan	113,72	145,24	79%
5	O-4	Pendinginan	111,26	145,24	77%
6	O-5	Pembentukan <i>coil</i>	116,51	145,24	81%
7	O-6	<i>Transfer Coil</i>	117,36	145,24	81%
8	I-2	Uji <i>Chemical & Uji Mechanical</i>	142,17	145,24	98%
	O-7	Pengepresan & Pengemasan			
9	O-8	Penimbangan & Pemasangan label	118,86	145,24	82%

Dari penjelasan pada Tabel 11 diatas dapat dipastikan bahwa efisiensi tertinggi pada stasiun kerja adalah sebesar 98% pada stasiun kerja ke-8 pada operasi I-2 dan O-7, sedangkan efisiensi pada stasiun kerja yang lebih kecil berada pada angka 74% pada stasiun kerja ke-3 yaitu proses pemanasan, yang artinya efisiensi stasiun kerja tergolong baik.

1. Menghitung *line efficiency* menggunakan persamaan 8 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Line Efficiency} = \frac{\text{Total Waktu proses}}{\text{Stasiun kerja} \times \text{Waktu siklus}} \times 100\%$$

$$\text{Line Efficiency} = \frac{1.070,45}{9 \times 145,24} \times 100\% = 0,8189 \approx 82\%$$

2. Menghitung *balance delay* menggunakan persamaan 9 seperti di bawah ini:

$$\text{Balance Delay} = 1 - \text{Total line Efficiency} = \%$$

$$\text{Balance Delay} = 1 - 0,8189 = 0,1811 \approx 19\%$$

3. Menghitung *idle time* atau waktu menganggur dengan menggunakan persamaan 7 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Idle Time} = (\text{Total stasiun kerja} \times \text{Waktu siklus}) - \text{Total waktu proses} =$$

$$\text{Idle Time} = (9 \times 145,24) - 1.070,45 = 236,71 \text{ detik}$$

4. Menghitung *smoothness index* menggunakan persamaan 10 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{\sum (\text{Idle Time})^2}$$

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{\sum 6.994,36^2} = 83,64 \text{ detik}$$

3.4 Pengolahan Data Menggunakan Metode *Killbridge Wester*

Dengan menggunakan metode *Killbridge-Wester*, mengelompokkan data dengan menghubungkan item pekerjaan dari kiri ke kanan, dengan pengoprasian setiap stasiun kerja tidak melebihi waktu siklus yang sudah ditentukan. Untuk itu langkah selanjutnya adalah membuat tabel yang berisi kondisi awal pada proses kerja *coil wire rod*, dapat dilihat pada tabel 12 berikut ini:

Tabel 12. Waktu Kondisi Awal Proses *Coil Wire Rod*

Elemen Kerja	Predecessor	Operasi	Waktu SK (Detik)
1	0	O-1	118,41
2	1	I-1	123,75
3	1,2	O-2	108,41
4	1,2,3		
5	1,2,3,4	O-3	113,72
6	1,2,3,4,5		
7	1,2,3,4,5,6	O-4	111,26
8	1,2,3,4,5,6,7	O-5	116,51
9	1,2,3,4,5,6,7,8	O-6	117,36
10	1,2,3,4,5,6,7,8,9	I-2	142,17
11	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	O-7	
12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	O-8	118,86
Total			1.070,45

Dari Tabel 12 diatas diketahui jumlah elemen kerja pada proses produksi *coil wire rod* sebanyak 12 elemen kerja dan total waktu produksi dalam menghasilkan satu produk yaitu sebesar 1.070,45 detik. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengelompokan pada stasiun kerja, dengan memperhatikan bahwa durasi waktu proses operasi yang dikelompokkan tidak melebihi batas waktu siklus standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 13 hasil pengelompokan stasiun kerja pada proses produksi *coil wire rod*.

Tabel 13. Hasil Pengelompokkan Stasiun Kerja Proses Produksi *Coil Wire Rod*

Operasi	SK	Data Waktu (Detik)			
		Waktu SK	Waktu siklus	Idle Time	(Idle Time) ²
O-1	1	118,41	145,24	26,83	719,85
I-1	2	123,75	145,24	21,49	461,83
O-2	3	108,41	145,24	36,83	1.356,45
O-3	4	113,72	145,24	31,52	993,52
O-4	5	111,26	145,24	33,98	1.154,65
O-5	6	116,51	145,24	28,73	825,42
O-6	7	117,36	145,24	27,88	777,30
I-2	8	142,17	145,24	3,07	9,43
O-7					
O-8	9	118,86	145,24	26,38	695,91
Total		1.070,45		236,71	6.994,36

Dari Tabel 13 diatas, dapat disimpulkan bahwa setelah pengelompokkan menjadi 9 stasiun kerja menghasilkan lintasan proses yang lebih optimal dan seimbang dengan tidak adanya waktu proses kerja yang melebihi waktu siklus standar. Langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi stasiun kerja sebelum dilakukannya perhitungan *line efficiency*, Perhitungan *balance delay*, Perhitungan *idle time* dan Perhitungan *smoothness index*. Dibawah ini merupakan contoh penghitungan kinerja *workstation* pada stasiun kerja ke-1 menggunakan persamaan 2.8 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Stasiun Kerja} = \frac{\text{waktu SK}}{\text{WS}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Stasiun Kerja} = \frac{118,41}{145,24} \times 100\% = 82\%$$

Dilakukan penghitungan serupa hingga stasiun kerja ke-9. Setelah dilakukan perhitungan maka hasil yang diperoleh pada Tabel 14 menurut hasil perhitungan efisiensi pada stasiun kerja dengan menggunakan metode *Killbridge Wester* sebagai berikut:

Tabel 14. Hasil Perhitungan Efisiensi Stasiun Kerja Metode *Killbridge Wester*

SK	Operasi	Proses Kerja	Data Waktu (Detik)		Efisiensi SK (%)
			Waktu SK	Waktu siklus	
1	O-1	<i>Transfer Billet</i>	118,41	145,24	82%
2	I-1	<i>Quality control</i>	123,75	145,24	86%
3	O-2	Pemanasan	108,41	145,24	75%
4	O-3	Pengerollan	113,72	145,24	79%
5	O-4	Pendinginan	111,26	145,24	77%
6	O-5	Pembentukan <i>coil</i>	116,51	145,24	81%
7	O-6	<i>Transfer Coil</i>	117,36	145,24	81%
8	I-2	Uji <i>Chemical</i> & Uji <i>Mechanical</i>	142,17	145,24	98%
	O-7	Pengepresan & Pengemasan			
9	O-8	Penimbangan & Pemasangan label	118,86	145,24	82%

Dari penjelasan pada Tabel 14 di atas dapat dipastikan bahwa efisiensi tertinggi pada stasiun kerja adalah sebesar 97% pada stasiun kerja ke-8 pada operasi I-2 dan O-7, sedangkan efisiensi pada stasiun kerja yang lebih kecil berada pada angka 74% pada stasiun kerja ke-3 yaitu proses pemanasan, yang artinya efisiensi stasiun kerja tergolong baik.

1. Menghitung *line efficiency* menggunakan persamaan 8 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Line Efficiency} = \frac{\text{Total } T_i \text{ (waktu SK)}}{\text{Stasiun kerja} \times \text{Waktu siklus}} \times 100\%$$

$$\text{Line Efficiency} = \frac{1.070,45}{9 \times 145,24} \times 100\% = 0,8189 \approx 82\%$$

2. Menghitung *balance delay* menggunakan persamaan 9 seperti di bawah ini:

$$\text{Balance Delay} = 1 - \text{Total line Efficiency} = \%$$

$$\text{Balance Delay} = 1 - 0,8189 = 0,1811 = 0,19 \approx 19\%$$

3. Menghitung *idle time* (waktu menganggur) dengan menggunakan persamaan 7 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Idle Time} = (\text{Total stasiun kerja} \times \text{Waktu siklus}) - \text{Total waktu proses} =$$

$$\text{Idle Time} = (9 \times 145,24) - 1.070,45 = 236,71 \text{ detik}$$

4. Menghitung *smoothness index* menggunakan persamaan 10 yaitu sebagai berikut:

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{\sum (\text{Idle Time})^2}$$

$$\text{Smoothness Index} = \sqrt{\sum (6.994,36)^2} = 83,64 \text{ detik}$$

3.5 Ringkasan Hasil Performansi Kedua Metode *Line Balancing*

Adapun perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) dan metode *Killbridge Wester* dapat dilihat pada Tabel 15 sebagai berikut:

Tabel 15. Indikator Perbandingan Antara Kondisi Awal dengan Metode *Line Balancing*.

Indikator Performansi	Kondisi Awal	Sesudah Metode RPW	Sesudah Metode Killbridge Wester
Jumlah Stasiun Kerja	12	9	9
<i>Line efficiency (%)</i>	61%	82%	82%
<i>Balance delay (%)</i>	39%	19%	19%
<i>Idle time (Detik)</i>	672,43	236,71	236,71
<i>Smoothness index (Detik)</i>	148,09	83,64	83,64

Berdasarkan Tabel 15 dapat dijelaskan stasiun kerja awal berjumlah 12 namun setelah menggunakan metode RPW dan metode *Killbridge Wester* berkurang sebanyak 3 stasiun kerja, ini menunjukkan efisiensi lintasan pada proses produksi *coil wire rod* memperoleh tingkat efisien yang baik. Kemudian pada *line efficiency* awal sebesar 61%, dengan menggunakan metode RPW dan metode *Killbridge Wester* bertambah sebesar 21%, artinya keefisienan lintasan produksi meningkat. Untuk *balance delay* awal yaitu 39%, setelah menggunakan metode RPW dan metode *Killbridge-Wester* berkurang sebesar 20%, yang berarti ketidakefisienan lintasan proses produksi *coil wire rod* mengecil maka pengoptimalan dari stasiun kerja tergolong baik. Kemudian untuk idle time awal sebesar 672,43 detik, dengan menggunakan metode RPW dan metode *Killbridge-Wester* berkurang sebanyak 435,72 detik artinya berkurangnya waktu menganggur yang ada pada proses produksi *coil wire rod*. Sedangkan untuk *smoothness index* awal yaitu 148,09 setelah menggunakan metode RPW dan metode *Killbridge-Wester* berkurang sebanyak 64,45 detik, artinya semakin seimbang dan pembagian elemen kerja pada lini produksi *coil wire rod* cukup merata.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan perhitungan data diatas, disimpulkan bahwa pengolahan data tersebut mencapai tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penerapan metode *line balancing* yang dilakukan oleh peneliti ternyata dapat menyeimbangkan lintasan menjadi lebih optimal pada proses produksi *coil wire rod* di PT XYZ. Dibuktikan dengan stasiun kerja yang awalnya berjumlah 12 menjadi 9 stasiun kerja dan pada hasil perhitungan yang mengalami perubahan secara signifikan, yaitu pada nilai *line efficiency* mengalami kenaikan menjadi 82% sebelum menggunakan metode yaitu 61%, untuk nilai *balance delay* pun mengalami penurunan yaitu menjadi 19%, sedangkan sebelum menggunakan metode sebesar 39%, kemudian untuk nilai *idle time* mengalami penurunan menjadi 236,71 detik sebelum menggunakan metode sebesar 672,43 detik, serta nilai *smoothness index* mengalami penurunan menjadi 83,64 detik, sebelum dilakukan perhitungan menggunakan metode sebesar 148,09 detik.
2. Metode *line balancing* yang efektif untuk mengoptimalkan waktu standar pembuatan produk pada proses produksi *coil wire rod* adalah kedua metode yaitu metode *Ranked Postitional Weight* (RPW) dan metode *Killbridge-Wester* karena memiliki hasil nilai akhir yang sama, yaitu dengan meningkatnya *line efficiency* sebesar 21%. Hasil nilai *balance delay* meningkat sebesar 20%. Nilai waktu *idel time* atau waktu menganggur berkurang sebesar 435,72 detik. Untuk nilai *smoothness index* pun berkurang yaitu sebanyak 64,45 detik. Dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW) memiliki keunggulan dengan cara pemeratakan beban kerja dan waktu siklus pada setiap stasiun kerja jika dengan metode *Killbridge Wester* hanya dilakukan untuk pengelompokan stasiun kerjanya saja.

Daftar Pustaka

- Achmadi, F., Harsanto, B. and Yunani, A. (2021) 'Analisis cycle time proses perakitan senjata di PT Pindad (Persero)', *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 13(2), p. 159. Available at: <https://doi.org/10.22441/oe.2021.v13.i2.015>.
- Andi, M. and Nasution, S. (2020) 'Keseimbangan lini perakitan produk iron tipe HD- 1172 menggunakan metode heuristik pada line main assy iron di PT . Selaras Citra Nusantara Perkasa', pp. 193–205.

- Aryadi, D. (2020) 'Penerapan keseimbangan lini produksi daging boneless di PT. Dagsap Endura Eatore menggunakan pendekatan pemodelan sistem', *Industrial Engineering Journal of the University of Sarjanawiyata Tamansiswa*, 4(2), pp. 87–96.
- Erwin, B.M.T. *et al.* (2022) 'Penerapan metode overall equipment effectiveness untuk meningkatkan produktivitas mesin di PT. YE', *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 3(2), pp. 137–148. Available at: <https://doi.org/10.37373/jenius.v3i2.333>.
- Mughni, M. and Sari, R.P. (2021) 'Penerapan Metode Line Balancing Untuk Efisiensi Produksi Pada Bagian Line Face Lathe (Studi Kasus: PT XYZ)', *Jurnal Teknovasi*, 08(November 2019), pp. 1–14.
- Ningrum R, Arianto B, Bhirawa WT, Y.D. (2022) 'ANALISIS SISTEM PRODUKSI TWO-PIECE BEVERAGE CAN DENGAN METODE LINE BALANCING DI PT XYZ', pp. 69–81.
- Nugrianto, G. *et al.* (2020) 'Analisis Penerapan Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi pada Proses Produksi Pembuatan Pagar Besi Studi Kasus : CV . Bumen Las Kontraktor', 1(2).
- Ponda H, Fatma NF, A.S. (2022) 'Penerapan line balancing metode kilbridge & western dan ranked positionsl weight (RPW) dalam proses assembling untuk mengurangi bottleneck pada model sepatu forum mid di PT Panabur'.
- Pradana, B.I. (2021) 'ANALYSIS ON THE EFFICIENCY OF TOFU PRODUCTION USING LINE BALANCING METHOD IN CV TIGA SAUDARA PRIMA IN THE Bayu Ilham Pradana , SE ., MM Economic and Business Faculty of Brawijaya University'.
- Sabardi, W., Pramanda, R. and Suhandi, D. (2021) 'PERANCANGAN EFISIENSI LINTASAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE HELGESON-BIRNIE (RANKED POSITIONAL WEIGHT) UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PRODUKSI (STUDI KASUS PADA UNIT PRODUKSI I SHIFT I PT . SUMBETRI MEGAH)'.
- Sakiman, Arafah, M. and Suliawati (2022) 'Analisa Line Balancing Untuk Meningkatkan Produksi Rempeyek', *Buletin Utama Teknik*, 18(1), pp. 16–20.
- Sibarani, A.A., Dewanto, R.R. and Faujiyah, F. (2023) 'Analisis Line Balancing Produksi Kain Grey Pada Perusahaan Textile', *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 9(2), p. 426. Available at: <https://doi.org/10.24014/jti.v9i2.12817>.
- Sulistyo, A.B. (2022) 'PERENCANAAN LINE BALANCING PROSES PRODUKSI PADA SHEARING LINE PLANT DENGAN MENGGUNAKAN METODE', XVI(1), pp. 49–60.
- Yudha, S.P. *et al.* (2022) 'Meningkatkan Kapasitas Produksi Dengan Pendekatan Metode Ranked Positional Weight Pada Lintasan Perakitan'.