

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i2.2319>

Line Balancing Pada Produksi Kabel Serat Optik Dengan Metode Ranked Positional Weight

William Harapan Restadamai Siagian^{1*}, Arif Budi Sulisty¹, dan Anita Dyah Juniarti¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya No.73, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: williamharapan14@gmail.com

Abstract – PT. XYZ produces and manufactures fiber optic cables and pipes in Indonesia. The problem faced in the production section is the imbalance in the work load at each work station. This situation causes bottleneck or accumulation of SF-Product which greatly affects the production operator's performance. The method used is Line Balancing and Ranked Positional Weight to provide the balanced load on all production process factors existing on the production line so as to reduce the difference in operating time between work stations and decrease idle time in the fiber optic cable production process. This study gives the number of machines on the Coloring Line, Buffering Line, Small Jacketing Line, Stranding Line, and Jacketing Line should be 5. There is a combination of tasks on Coloring Line 1 & 2 to meet the needs of Buffering Line 1, and also a combination of tasks on Buffering Line 1 & 2 to meet the needs of Stranding Line 1. In addition, balanced work time assignment in Section 1 is 3115.17 minutes, Section 2 is 2829.428 minutes, Section 3 is 2094.424 minutes, Section 4 is 2094.424 minutes, and Section 5 is 2094.424 minutes.

Abstrak – Penelitian dilakukan di PT. XYZ yang memproduksi dan menjadi produsen kabel serat optik dan pipa di Indonesia. Masalah yang dihadapi pada bagian produksi adalah ketidakseimbangan pembebanan waktu kerja pada tiap-tiap stasiun kerja. Situasi ini mengakibatkan terjadinya bottleneck atau penumpukan SF-Product yang sangat berpengaruh pada kinerja operator saat menghasilkan output produksi. Metode yang digunakan adalah line balancing dan Ranked Positional Weight untuk memberikan beban yang sama atau berimbang pada semua faktor proses produksi yang ada pada lintasan produksi tersebut sehingga mengurangi perbedaan waktu operasi antar stasiun kerja dan memperkecil idle time pada proses produksi kabel serat optik. Hasil penelitiannya adalah jumlah mesin pada Colouring Line, Buffering Line, Small Jacketing Line, Stranding Line, dan Jacketing Line adalah 5 mesin. Terdapat penggabungan task pada Colouring Line 1 & 2 untuk memenuhi kebutuhan pada Buffering Line 1, dan juga penggabungan task pada Buffering Line 1 & 2 untuk memenuhi kebutuhan pada Stranding Line 1. Selain itu, pembebanan waktu kerja yang seimbang pada Section 1 adalah 3115,17 menit, Section 2 adalah 2829,428 menit, Section 3 adalah 2094,424 menit, Section 4 adalah 2094,424 menit, dan Section 5 adalah 2094,424 menit.

Keywords – Line Balancing, Ranked Positional Weight, Stopwatch Time Study.

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan suatu perusahaan yang memproduksi dan menjadi produsen kabel serat optik dan pipa di Indonesia. Perusahaan ini memiliki 5 stasiun kerja bagian produksi yaitu *coloring*, *buffering*, *jacketing* kecil, *stranding*, dan *jacketing* yang dioperasikan oleh para operator produksi handal dan profesional. Perusahaan mengandalkan

karyawan yang berkualitas dan dapat diandalkan untuk menjalankan mesin produksi dengan benar sehingga menghasilkan jumlah produk yang diharapkan.

Masalah yang dihadapi pada bagian produksi ini adalah ketidakseimbangan pembebanan waktu kerja pada tiap-tiap stasiun kerja. Situasi ini mengakibatkan terjadinya *bottleneck* atau

penumpukan *SF-Product* yang sangat berpengaruh pada kinerja operator saat menghasilkan output produksi. Berdasarkan data produksi periode Juli 2022 sampai dengan Desember 2022, *Cable Core* yang tidak terproses oleh mesin *Jacketing Line* pada bulan Juli sebanyak 292,751 km, pada bulan Agustus sebanyak 548,065 km dan pada bulan September sebanyak 309,63 km.

Proses penyeimbangan lintasan produksi pada serangkaian stasiun kerja perlu dilakukan agar membentuk keseimbangan lini dengan mempertimbangkan beban kerja yang dipusatkan pada tiap-tiap stasiun kerja. Jika keseimbangan lintasan diabaikan, maka dapat menurunkan tingkat fleksibilitas rantai produksi sehingga perlu dilakukan analisis *line balancing* pada lintasan produksi.

Beberapa penelitian terdahulu yang sejenis telah dilakukan, di antaranya penelitian [1], [2], [3], dan [4] yang menjelaskan bahwa analisa *line balancing* dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas lini produksi. *Line balancing* digunakan untuk menyeimbangkan penugasan elemen-elemen dari suatu stasiun produksi untuk meminimumkan total *idle time* dan mengurangi *bottleneck* pada lintasan produksi, dimana *output* lintasan ditentukan oleh operasi yang paling lambat.

Untuk merancang stasiun kerja yang menghasilkan efisiensi pada kebutuhan operator dengan *output* yang maksimal, dibutuhkan metode yang dapat mengurangi perbedaan waktu operasi antara stasiun kerja dan memperkecil *idle time* pada proses produksi kabel serat optik di PT. XYZ. Metode *Ranked Position Weight* dipilih karena memiliki performansi yang lebih baik. Selain itu penerapan metode ini juga lebih sederhana, yaitu hanya dengan melakukan pembobotan, mengurutkan dan menempatkan *task* ke dalam stasiun kerja [5]. Oleh sebab itu, penelitian ini akan mengimplementasikan metode *Line balancing* dan *Ranked Positional Weight* untuk meningkatkan efisiensi lini produksi sehingga perusahaan dapat meningkatkan produksinya.

Line balancing merupakan penyeimbangan penugasan elemen - elemen tugas dari suatu *assembly line* ke *work stations* untuk meminimumkan banyaknya *work station* dan meminimumkan total harga *idle time* pada semua stasiun untuk tingkat *output* tertentu [6]. *Line balancing* dapat dikatakan sebagai suatu teknik untuk menentukan *product mix* yang dapat

dijalankan oleh suatu *assembly line* untuk memberikan *fairly consistent flow of work* melalui *assembly line* itu pada tingkat yang direncanakan [7]. Tujuannya adalah membuat suatu lintasan produksi yang seimbang dalam proses yang dilakukan pada setiap stasiun kerja. *Line balancing* juga bertujuan untuk meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan yang ditentukan oleh operasi yang paling lambat.

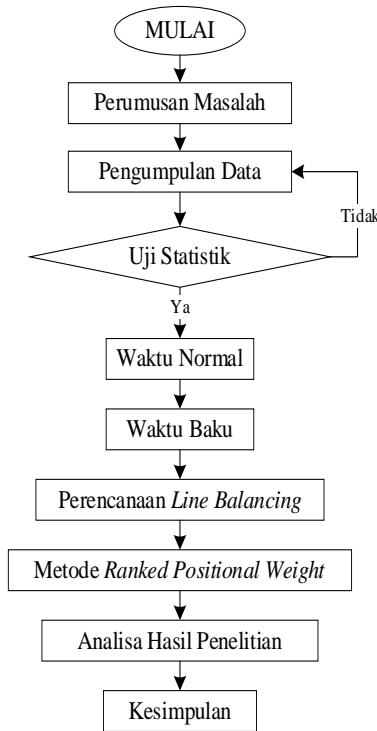
Ranked Positional Weight (RPW) merupakan sebuah metode yang dicetuskan oleh Birnie dan Helgeson sebagai pendekatan untuk menemukan solusi yang cepat atas permasalahan mengenai keseimbangan lini [8]. RPW disebut juga sebagai metode bobot posisi yang diartikan jumlah waktu pelaksanaan semua operasi yang mengikutinya. Metode RPW merupakan metode yang mengutamakan waktu elemen kerja terpanjang. Elemen terpanjang akan diprioritaskan lebih dahulu untuk ditempatkan pada stasiun kerja yang lainnya dan untuk mewakili elemen yang lebih rendah [9].

Stopwatch Time Study merupakan teknik penetapan waktu bagi pekerja yang memenuhi syarat untuk melaksanakan pekerjaan tertentu pada tingkat kinerja yang ditentukan [10]. Sesuai namanya, pengukuran ini menggunakan jam henti (*stopwatch*) sebagai alat utama dalam menetapkan waktunya. *Output* dari penerapan metode ini adalah waktu standar/ waktu baku, yaitu waktu yang diizinkan bagi operator untuk melaksanakan tugas yang ditentukan dalam kondisi tertentu dan tingkat kinerja yang ditentukan.

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian mengenai *Line balancing* pada Produksi Kabel Serat Optik dengan Metode *Ranked Positional Weight* di PT. XYZ yang bertujuan untuk menyeimbangkan lintasan produksi pada serangkaian stasiun kerja sehingga membentuk keseimbangan lini dengan mempertimbangkan beban kerja yang dipusatkan pada tiap-tiap stasiun kerja.

METODE

Penelitian ini dilakukan di bagian produksi PT. XYZ yang memproduksi kabel serat optik dan pipa. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2023. Kegiatan ini dirancang untuk mengikuti diagram alir seperti pada alur dari penelitian di gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

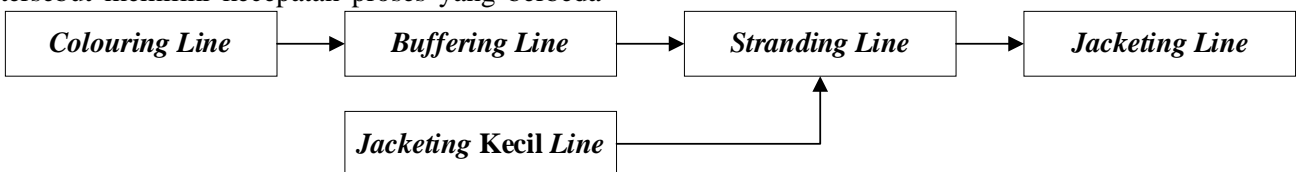
Pengumpulan Data

Data Primer adalah data yang dihasilkan dari kegiatan pengamatan urutan proses dan persiapan produksi di PT. XYZ. Data ini diperoleh dengan observasi langsung karena untuk mendapatkan data yang relevan mengenai waktu yang dibutuhkan pada saat persiapan maupun proses, serta mengumpulkan data-data yang terkait. Data primer yang diperoleh antara lain waktu siklus, *allowance* (kelonggaran), *rating factor*, dan *skill map operator*. Data persiapan & proses produksi diambil sebanyak 10 kali pada produksi kabel serat optik tipe ADSS 4x6.

Data sekunder adalah data yang tidak langsung diamati peneliti, yaitu dokumentasi perusahaan, hasil penelitian bertema *line balancing*, data hasil produksi kabel serat optik di PT. XYZ dan data kecepatan mesin produksi. Satuan kecepatan yang digunakan adalah mpm (meter per menit).

Proses Produksi

Work station pada PT. XYZ terdiri dari 5 mesin *Colouring Line*, 5 mesin *Buffering Line*, 5 mesin *Jacketing Kecil Line*, 5 mesin *Stranding Line*, dan 4 mesin *Jacketing Line*. Masing-masing *work station* tersebut memiliki kecepatan proses yang berbeda-



Gambar 2. Flow Process Chart Kabel Serat Optik

beda. Untuk *Flow Process Chart* proses kabel serat optik dapat dilihat pada Gambar 2.

Untuk memproduksi 24 km kabel serat optik, diperlukan 12 *Coloured Fiber* (masing-masing sepanjang 50,4 km), 4 *Loose Tube* (masing-masing sepanjang 24,5 km), 1 *Plastic Filler* sepanjang 24,5 km, 1 *Cable Core* sepanjang 24,12 km, 6 *Jacketed Cable* (masing-masing sepanjang 4 km).

Teknik pengumpulan data adalah pengamatan waktu siklus produksi dengan menggunakan *stopwatch time study*, pengukuran waktu baku dan analisis *line balancing* dengan metode *Ranked Positional Weight*. Ada beberapa istilah yang lazim digunakan dalam *line balancing*, berikut adalah istilah-istilah yang dimaksud [11]. Waktu siklus rata-rata (W_s) untuk setiap elemen kegiatan.

$$W_s = \frac{\sum x_i}{n} \tag{1}$$

Menghitung waktu normal (W_n). PR adalah faktor penyesuaian yang digunakan untuk menormalkan waktu pengamatan yang diperoleh

$$W_n = W_s \times PR \tag{2}$$

$$PR = 1 + Rating\ Factor \tag{3}$$

Menghitung waktu baku (W_b) adalah waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaannya yang dikerjakan dalam sistem kerja terbaik.

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Allowance} \tag{4}$$

Waktu Menganggur (*Idle Time*), yaitu selisih antara waktu stasiun kerja dengan waktu per stasiun kerja. Perbedaan antara waktu stasiun dengan waktu siklus disebut juga dengan *idle time (IT)*.

$$IT = W_{b_{Max}} - W_{b_i} \tag{5}$$

Efisiensi Lini (*Line Efficiency*) adalah perbandingan dari total waktu perstasiun kerja terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja, yang dinyatakan dalam persentase.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{(K)(WS)} \times 100\% \tag{6}$$

Balance Delay merupakan perbandingan antara waktu menganggur dengan waktu siklus dan jumlah stasiun kerja atau dengan kata lain jumlah antara *balance delay* dan *line efficiency* sama dengan satu. *Balance delay* menunjukkan besarnya ketidakmerataan bobot kerja antar stasiun kerja.

$$BD = 100\% - LE \tag{7}$$

Smoothness Index, adalah cara untuk mengukur tingkat waktu tunggu relatif dari suatu lini perakitan.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2} \tag{8}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Elemen kerja yang digunakan untuk memproses 24 km kabel serat optik berjumlah 24 elemen kerja yang terbagi dalam 5 stasiun kerja (*work station*). Pengambilan data waktu siklus dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap elemen kerja dengan metode *stopwatch time study langsung* di lapangan. Waktu pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Elemen Kerja dan Waktu Pengamatan

Work Station	Elemen Kerja	Waktu Pengamatan ke-										Total	Rata-Rata (detik)	Rata-Rata (menit)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Colouring Line	Ganti Tinta & Block Dies (150 km)	121	125	129	115	107	119	123	131	115	117	1202	120,2	2,003	
	Set-up Fiber, Setting Panjang & Speed Proses	181	175	188	163	190	178	174	179	180	171	1779	177,9	2,965	
	Drain Tinta	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	5	0,083	
	Start Proses Colouring 1 ...1000 mpm (menit)	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	510	-	51	
	Start Proses Colouring 2 ...1700 mpm (menit)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	300	-	30	
	Start Proses Colouring 3 ...3000 mpm (menit)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	170	-	17	
	Start Proses Colouring 4 ...3000 mpm (menit)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	170	-	17	
	Start Proses Colouring 5 ...3000 mpm (menit)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	170	-	17	
	Menurunkan Fiber	177	180	185	170	181	192	181	179	182	183	1810	181	3,017	
	Buffering Line	Set-up Fiber & Masterbatch PBT	611	571	600	603	577	580	601	589	594	596	5922	592,2	9,870
		Memasukkan Fiber kedalam Buffer	299	307	321	315	287	297	301	305	303	295	3030	303	5,05
		Start Proses Buffering 1 ...90 mpm (menit)	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	2730	-	273
Start Proses Buffering 2 ...350 mpm (menit)		70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	700	-	70	
Start Proses Buffering 3 ...500 mpm (menit)		49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	490	-	49	

Work Station	Elemen Kerja	Waktu Pengamatan ke-										Total	Rata-Rata (detik)	Rata-Rata (menit)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
	Start Proses Buffering 4 ...500 mpm (menit)	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	490	-	49	
	Start Proses Buffering 5 ...500 mpm (menit)	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	490	-	49	
	Menurunkan Spool & Memasang Spool Baru	55	51	60	59	65	62	68	57	58	61	596	59,6	0,993	
	Ganti Warna	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	9000	900	15	
	Start Awalan Filler	315	301	291	300	311	318	325	303	299	301	3064	306,4	5,107	
Jacketing Kecil Line	Start Proses Jacketing Kecil 1 ...80 mpm (menit)	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	3070	-	307	
	Start Proses Jacketing Kecil 2 ...80 mpm (menit)	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	3070	-	307	
	Start Proses Jacketing Kecil 3 ...80 mpm (menit)	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	3070	-	307	
	Start Proses Jacketing Kecil 4 ...80 mpm (menit)	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	3070	-	307	
	Start Proses Jacketing Kecil 5 ...80 mpm (menit)	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	3070	-	307	
	Ganti Spool	60	55	51	58	61	60	62	68	58	54	587	58,7	0,978	
	Stranding Line	Memasang Buffer, Plastic Filler & Tarik Awalan (24 km)	599	559	600	615	588	579	587	591	601	585	5904	590,4	9,84
		Ikat Swell Yarn, Binding Yarn & WBT (24 km)	180	171	165	188	178	162	154	174	177	172	1721	172,1	2,868
Ganti Binding Yarn & WBT (12 km)		905	914	881	895	900	877	889	921	910	884	8976	897,6	14,96	
Start Proses Stranding 1 ...50 mpm (menit)		483	483	483	483	483	483	483	483	483	483	4830	-	483	
Start Proses Stranding 2 ...55 mpm (menit)		439	439	439	439	439	439	439	439	439	439	4390	-	439	
Start Proses Stranding 3 ...100 mpm (menit)		242	242	242	242	242	242	242	242	242	242	2420	-	242	
Start Proses Stranding 4 ...100 mpm (menit)		242	242	242	242	242	242	242	242	242	242	2420	-	242	
Start Proses Stranding 5 ...100 mpm (menit)		242	242	242	242	242	242	242	242	242	242	2420	-	242	
Ganti Steel Drum, Binding Yarn & WBT (24 km)		815	845	866	879	852	859	890	897	905	891	8699	869,9	14,498	

Work Station	Elemen Kerja	Waktu Pengamatan ke-										Total	Rata-Rata (detik)	Rata-Rata (menit)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	Ganti CM & Swell Yarn (48 km)	788	797	809	830	781	799	751	778	811	792	7936	793,6	13,227
	Pasang Steel Drum & Sambung Core	798	851	845	881	855	834	885	826	800	857	8432	843,2	14,053
	Ganti Aramid Yarn 6 spool	360	393	375	377	390	381	400	365	369	391	3801	380,1	6,335
	Ganti Ripcord 2 spool	364	391	388	372	372	396	346	353	326	350	3658	365,8	6,097
Jacketing Line	Start Proses Jacketing 1 ...50 mpm (menit)	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	810	-	81
	Start Proses Jacketing 2 ...55 mpm (menit)	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	730	-	73
	Start Proses Jacketing 3 ...75 mpm (menit)	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	540	-	54
	Start Proses Jacketing 4 ...75 mpm (menit)	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	540	-	54
	Ganti Wooden Drum	190	207	203	217	227	199	219	211	204	208	2085	208,5	3,475

Uji Statistik

Uji Kenormalan Data

Normalitas data adalah dimana suatu data memiliki distribusi nilai tengah, rata-rata, serta nilai yang sering muncul berada pada titik yang hampir setara. Berikut hasil uji kenormalan data pada seluruh *works station* yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Work Station	Limit Signifikansi	Signifikansi (Sig.)	
		Min.	Max.
Colouring Line	< 0,05	0,200	0,200
Buffering Line	< 0,05	0,200	0,200
Jacketing Kecil Line	< 0,05	0,151	0,200
Stranding Line	< 0,05	0,200	0,200
Jacketing Line	< 0,05	0,200	0,200

Berdasarkan uji normalitas pada Tabel 2, nilai signifikansi (sig.) pada semua *work station* memiliki nilai $\geq 0,05$, maka H_0 terima. Begitu juga lainnya memiliki nilai sig. $\geq 0,05$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data waktu yang digunakan dalam penelitian ini berdistribusi normal.

Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data diperlukan untuk memastikan bahwa data yang telah diperoleh adalah cukup secara objektif. Pengukuran ini agar layak digunakan maka data hasil pengukuran harus dilakukan dalam jumlah yang banyak (terhitung).

Tabel 3. Hasil Uji Kecukupan Data

Work Station	Jumlah Data		Keterangan
	N	N'	
Colouring Line	10	5,156	Cukup
Buffering Line	10	9,567	Cukup
Jacketing Kecil Line	10	9,384	Cukup
Stranding Line	10	4,640	Cukup
Jacketing Line	10	5,392	Cukup

Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa data pengukuran pendahuluan telah dianggap cukup karena $N' < N = 5,156 < 10$.

1. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data diperlukan untuk memisahkan bahwa data yang memiliki karakteristik berbeda atau berada di luar batas kontrol tertentu. Pengujian ini dilakukan pada standar waktu elemen kerja semua *workstation*. Hasil pengujian keseragaman data untuk semua *workstation* dapat dilihat pada Tabel 4.

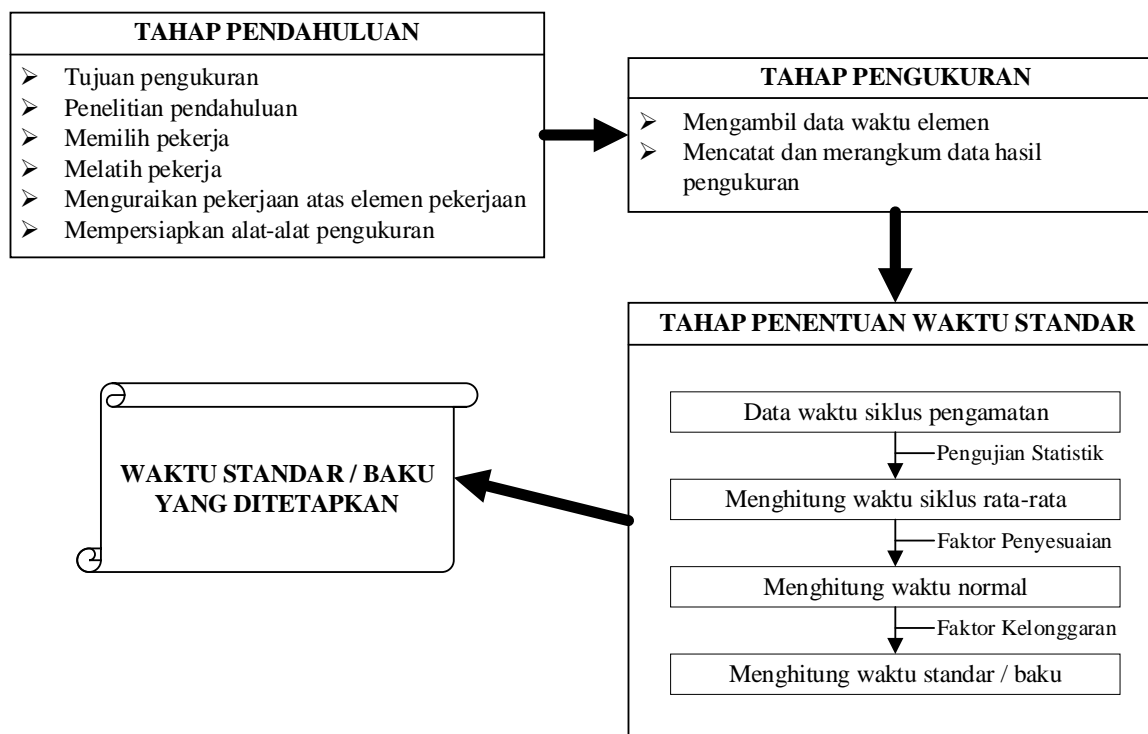
Tabel 4. Hasil Uji Keseragaman Data

Work Station	No. EK	Rata-Rata	Std. Deviasi	BKA	BKB	Outlier	Keterangan
<i>Colouring Line</i>	1	120,2 detik	7,193	134,585	105,815	0	Seragam
	2	177,9 detik	7,866	193,632	162,168	0	Seragam
	3	5 detik	0	5	5	0	Seragam
		51 menit	0	51	51	0	Seragam
		30 menit	0	30	30	0	Seragam
	4	17 menit	0	17	17	0	Seragam
		17 menit	0	17	17	0	Seragam
		17 menit	0	17	17	0	Seragam
	5	181 detik	5,617	192,235	169,765	0	Seragam
<i>Buffering Line</i>	1	592,2 detik	12,761	617,722	566,678	0	Seragam
	2	303 detik	9,798	322,596	283,404	0	Seragam
		273 menit	0	273	273	0	Seragam
		70 menit	0	70	70	0	Seragam
	3	49 menit	0	49	49	0	Seragam
		49 menit	0	49	49	0	Seragam
		49 menit	0	49	49	0	Seragam
	4	59,6 detik	4,858	69,316	49,884	0	Seragam
	5	900 detik	0	900	900	0	Seragam
<i>Jecketing Kecil Line</i>	1	306,4 detik	10,426	327,253	285,547	0	Seragam
		307 menit	0	307	307	0	Seragam
		307 menit	0	307	307	0	Seragam
	2	307 menit	0	307	307	0	Seragam
		307 menit	0	307	307	0	Seragam
		307 menit	0	307	307	0	Seragam
	3	58,7 detik	4,739	68,177	49,223	0	Seragam
<i>Stranding Line</i>	1	590,4 detik	15,079	620,558	560,242	0	Seragam
	2	172,1 detik	9,769	191,638	152,562	0	Seragam
	3	897,6 detik	14,894	927,387	867,813	0	Seragam
		483 menit	0	483	483	0	Seragam
	4	439 menit	0	439	439	0	Seragam
		242 menit	0	242	242	0	Seragam
		242 menit	0	242	242	0	Seragam
		242 menit	0	242	242	0	Seragam
	5	869,9 detik	27,863	925,625	814,175	0	Seragam
	6	793,6 detik	21,490	836,580	750,620	0	Seragam
<i>Jacketing Line</i>	1	843,2 detik	29,551	902,303	784,097	0	Seragam
	2	380,1 detik	13,212	406,523	353,677	0	Seragam
	3	365,8 detik	22,385	410,569	321,031	0	Seragam
		81 menit	0	81	81	0	Seragam
	4	73 menit	0	73	73	0	Seragam
		54 menit	0	54	54	0	Seragam
		54 menit	0	54	54	0	Seragam
		5	208,5 detik	10,628	229,755	187,245	0

2. Penentuan Waktu Siklus, Normal, dan Baku

Pengukuran waktu kerja bertujuan untuk mendapatkan waktu baku/standar dari penyelesaian pekerjaan dalam suatu sistem yang telah berjalan dengan baik. *Stopwatch Time Study* merupakan

teknik yang dirancang untuk menetapkan waktu bagi pekerja yang memenuhi syarat untuk melaksanakan pekerjaan tertentu pada tingkat kinerja yang ditentukan [10]. Secara ringkas, tahap-tahap pengukuran disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan dalam pengukuran waktu standar/baku

Waktu siklus adalah waktu pengamatan yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran waktu yang diperlukan seorang operator untuk menyelesaikan sebuah aktivitas ataupun elemen kerja. Selanjutnya, waktu normal suatu pekerjaan ditentukan dengan mengalikan waktu siklus rata-rata dengan faktor penyesuaian atau dengan *performance rating* pekerja.

Waktu baku ditentukan dengan cara memberikan penambahan faktor kelonggaran (*allowance*) terhadap waktu normal yang telah diperoleh sebelumnya. Tabel 5 menunjukkan hasil dari perhitungan waktu normal, waktu baku dan waktu siklus untuk setiap stasiun kerja.

Perencanaan Line Balancing

Dari hasil perhitungan waktu baku, dapat diketahui waktu stasiun pada tiap-tiap elemen kerja dalam *work station*. *Work station* tersebut terdiri dari 5 mesin *Colouring Line*, 5 mesin *Buffering Line*, 5 mesin *Jacketing Kecil Line*, 5 mesin *Stranding Line*, dan 4 mesin *Jacketing Line*.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Waktu Siklus, Waktu Normal, dan Waktu Baku

No	Stasiun Kerja	Jumlah Produk	Waktu Siklus (menit)	Waktu Normal (menit)	Waktu Baku (menit)
1	<i>Colouring 1</i>	12	692,793	692,793	761,311
	<i>Colouring 2</i>	12	440,793	440,793	484,388

No	Stasiun Kerja	Jumlah Produk	Waktu Siklus (menit)	Waktu Normal (menit)	Waktu Baku (menit)
2	<i>Colouring 3</i>	12	284,793	284,793	312,960
	<i>Colouring 4</i>	12	284,793	284,793	312,960
	<i>Colouring 5</i>	12	284,793	284,793	312,960
	<i>Buffering 1</i>	4	1155,813	1155,813	1270,125
	<i>Buffering 2</i>	4	343,813	343,813	377,817
3	<i>Buffering 3</i>	4	259,813	259,813	285,509
	<i>Buffering 4</i>	4	259,813	259,813	285,509
	<i>Buffering 5</i>	4	259,813	259,813	285,509
	<i>Jacketing Kecil 1</i>	1	313,085	313,085	347,872
	<i>Jacketing Kecil 2</i>	1	313,085	313,085	347,872
4	<i>Jacketing Kecil 3</i>	1	313,085	313,085	347,872
	<i>Jacketing Kecil 4</i>	1	313,085	313,085	347,872
	<i>Jacketing Kecil 5</i>	1	313,085	313,085	347,872
	<i>Stranding 1</i>	1	531,780	531,780	648,512
	<i>Stranding 2</i>	1	487,780	487,780	594,854
5	<i>Stranding 3</i>	1	290,780	290,780	354,610
	<i>Stranding 4</i>	1	290,780	290,780	354,610
	<i>Stranding 5</i>	1	290,780	290,780	354,610
	<i>Jacketing 1</i>	6	533,335	533,335	650,409
	<i>Jacketing 2</i>	6	485,335	485,335	591,872
5	<i>Jacketing 3</i>	6	371,335	371,335	452,848
	<i>Jacketing 4</i>	6	371,335	371,335	452,848

Analisis Menggunakan Metode Ranked Positional Weight

Dari tabel precedence diagram, dapat dilakukan penyeimbangan lintasan menggunakan metode Ranked Positional Weight (RPW) dengan menghitung bobot posisi setiap stasiun kerja berdasarkan jumlah waktu operasi dan operasi-operasi yang mengikutinya. Tabel 6 menunjukkan perhitungan pembobotan elemen kerja pada setiap work station.

Tabel 6. Pembobotan Posisi pada Setiap Work Station dengan Metode Ranked Positional Weight

No	Task	Task Time	Positional Weight
1	Colouring 1	693	21258
2	Colouring 2	441	21006
3	Colouring 3	285	20850
4	Colouring 4	285	20850
5	Colouring 5	285	20850
6	Buffering 1	1156	11869
7	Buffering 2	344	11057
8	Buffering 3	260	10973
9	Buffering 4	260	10973
10	Buffering 5	260	10973
11	Jacketing Kecil 1	314	11027
12	Jacketing Kecil 2	314	11027
13	Jacketing Kecil 3	314	11027
14	Jacketing Kecil 4	314	11027
15	Jacketing Kecil 5	314	11027
16	Stranding 1	532	2296
17	Stranding 2	488	2252
18	Stranding 3	291	2055
19	Stranding 4	291	2055
20	Stranding 5	291	2055
21	Jacketing 1	534	534
22	Jacketing 2	486	486
23	Jacketing 3	372	372
24	Jacketing 4	372	372

Dari Tabel 6, dilakukan pengelompokkan mesin menjadi 5 section yang diurutkan berdasarkan Positional Weight terbesar hingga terendah pada masing-masing jenis mesin produksi. Adapun perhitungan Positional Weight adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 PW_1 &= 693 + (1156+344+260+260+260) + \\
 &\quad (5(532+488+291+291+291)) + \\
 &\quad (5(534+486+372+372)) \\
 &= 21258
 \end{aligned}$$

Analisa Hasil Penelitian

Analisa terhadap jumlah stasiun

Penyeimbangan lintasan produksi dilakukan untuk mengalokasikan beban kerja pada setiap stasiun kerja dengan metode Ranked Position Weight

(RPW). Setelah mengamati Precedence Diagram dan penghitungan positional weight, dilanjutkan ke penggabungan Task, penambahan mesin dan penyesuaian Speed Process [lihat Tabel 8].

Dari hasil pembebanan operasi dan penyeimbangan lintasan yang telah dilakukan, dapat diketahui lini perakitan setelah dilakukan penyeimbangan yaitu terdapat 25 stasiun kerja dengan masing-masing merupakan 5 stasiun paralel setelah diseimbangkan. Selanjutnya, terdapat penggabungan Task untuk menyeimbangkan lini produksi yang dapat dilihat pada Gambar 5. penggabungan tersebut meliputi Penggabungan task Colouring 4 dengan Colouring 3 untuk memenuhi kebutuhan dari Buffering 1 dan penggabungan task Buffering 3 dengan Buffering 1 untuk memenuhi kebutuhan dari Stranding 1.

Penambahan mesin Jacketing 5 dilakukan karena rendahnya kapasitas produksi pada Jacketing Line sehingga terjadi penumpukan material serta masih terdapat kekurangan mesin pada Section 5. Sedangkan Penyesuaian Speed Process dilakukan karena terjadi waktu proses yang tidak seragam sehingga menimbulkan tingginya Idle Time, maka diperlukannya penyesuaian Speed Process agar dapat meningkatkan efisiensi dan meminimalisir Idle Time.

Setelah dilakukan pembobotan posisi pada setiap Work Station, langkah selanjutnya adalah menentukan komposisi Work Station setelah diseimbangkan dengan menggunakan metode Ranked Positional Weight. Gambar 5 menunjukkan hasil dari penentuan komposisi Work Station menggunakan pembulatan hasil perhitungan.

Efisiensi Stasiun Kerja Awal

Perhitungan analisa awal dilakukan untuk mengetahui perbedaan kondisi awal sebelum dan setelah penelitian. Setelah data waktu siklus dan waktu baku didapatkan sesuai pada tabel 8, lalu dilakukan perhitungan Line Efficiency, Balance Delay, Total Idle Time, dan Smoothness Index yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9. Adapun perhitungan Line Efficiency, Balance Delay, Idle Time, dan Smoothness Index pada Section 1 sebelum diseimbangkan adalah sebagai berikut. Line Efficiency

$$\begin{aligned}
 LE &= \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{(K)(W_{Smax})} \times 100\% \\
 &= \frac{(577,328 + 577,907 + 313,085 + 531,78 + 533,335)}{(5)(577,907)} \times 100\% \\
 &= \frac{2530,435}{2889,535} \times 100\% \\
 &= 87,676\%
 \end{aligned}$$

➤ *Balance Delay*

$$\begin{aligned} \text{Balance Delay} &= 100\% - \text{Line Efficiency} \\ \text{Balance Delay} &= 100\% - 87,676\% \\ &= 12,324\% \end{aligned}$$

➤ *Total Idle Time*

$$\begin{aligned} IT_{Total} &= n \times Wb_{max} - \sum Wb_i \\ &= (5 \times 650,408) - (634,426 + 635,062 \\ &\quad + 347,872 + 648,512 + 650,408) \\ &= 335,761 \text{ menit} \end{aligned}$$

➤ *Smoothness Index*

$$\begin{aligned} SI &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2}{K}} \\ &= \sqrt{\frac{(650,409 - 634,426)^2 + \dots + (650,409 - 650,409)^2}{5}} \\ &= 303,353 \end{aligned}$$

Efisiensi Stasiun Kerja Usulan

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan efisiensi tiap-tiap stasiun kerja setelah penyeimbangan lintasan. Setelah penyeimbangan lintasan dilakukan, perlu dianalisa perhitungan *Line Efficiency*, *Balance Delay*, *Idle Time* dan *Smoothness Index* sesuai dengan data di Tabel 8. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada *Section 1*:

a. *Line Efficiency*

$$\begin{aligned} LE &= \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{(K)(W_{smax})} \times 100\% \\ &= \frac{(577,328 + 577,907 + 492,085 + 531,78 + 533,335)}{(5)(577,907)} \times 100\% \\ &= \frac{2712,435}{2889,535} \times 100\% \\ &= 93,871\% \end{aligned}$$

b. *Balance Delay*

$$\begin{aligned} \text{Balance Delay} &= 100\% - \text{Line Efficiency} \\ \text{Balance Delay} &= 100\% - 93,871\% \end{aligned}$$

$$= 6,129\%$$

c. *Total Idle Time*

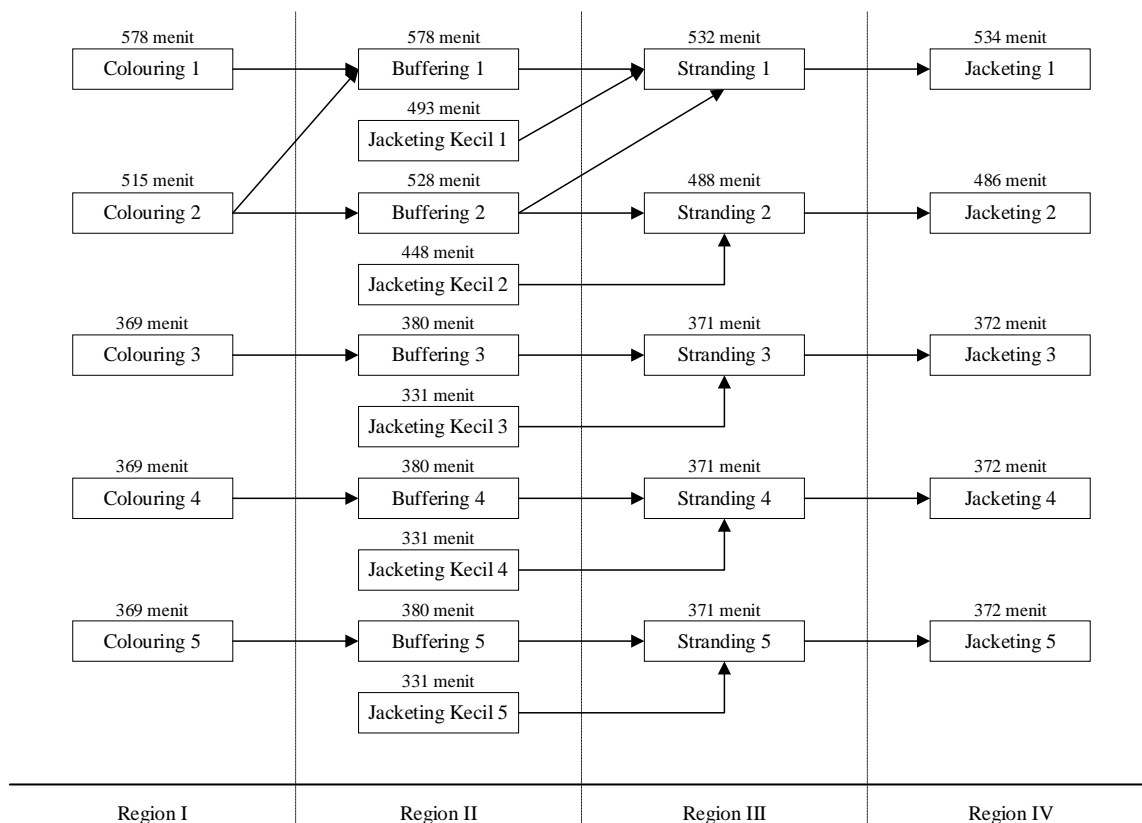
$$\begin{aligned} IT_{Total} &= n \times Wb_{max} - \sum Wb_i \\ &= (5 \times 650,409) - (634,426 + 635,062 \\ &\quad + 546,761 + 648,512 + 650,409) \\ &= 3252,045 - 3115,17 \\ &= 136,872 \text{ menit} \end{aligned}$$

d. *Smoothness Index*

$$\begin{aligned} SI &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (ST_{max} - ST_i)^2}{K}} \\ &= \sqrt{\frac{(650,409 - 634,426)^2 + \dots + (650,409 - 650,409)^2}{5}} \\ &= 106,007 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan perbandingan *Line Efficiency*, *Balance Delay*, *Idle Time* dan *Smoothness Index* pada lintasan produksi sebelum dan setelah diseimbangkan. Tabel 9 menunjukkan perbandingan lintasan produksi sebelum dan setelah diseimbangkan pada keseluruhan *section*.

Berdasarkan Tabel 9, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan pada *Line Efficiency* serta penurunan pada *Balance Delay*, *Idle Time* dan *Smoothness Index* dari sebelum di seimbangkan dengan setelah diseimbangkan. Pada *section 1*, terlihat peningkatan sebanyak 6,195% pada *Line Efficiency* dari 87,676% menjadi 93,871%. Kemudian, terdapat penurunan sebanyak 6,195% pada *Balance Delay* dari 12,324% menjadi 6,129% sehingga tidak banyak waktu menganggur (*Idle Time*) yang sebelumnya 335,761 menit menjadi 136,872 menit. Penurunan juga terjadi pada *Smoothness Index* dari 303,353 menjadi 106,007. Dengan demikian, usulan yang diajukan tersebut telah berhasil meningkatkan efisiensi pada Lintasan Produksi di PT. XYZ.



Gambar 5. Komposisi Stasiun Kerja Setelah Diseimbangkan dengan Menggunakan Metode *Ranked Positional Weight*

Tabel 9. Perbandingan Lintasan Produksi Sebelum dan Setelah Diseimbangkan

Section	Line Balancing	Line Efficiency (%)	Balance Delay (%)	Idle Time (menit)	Smoothness Index
1	Sebelum	87,676	12,324	335,761	303,353
	Setelah	93,871	6,129	136,872	106,01
2	Sebelum	89,823	10,177	307,826	250,368
	Setelah	93,345	6,655	144,841	102,767
3	Sebelum	81,856	18,144	510,439	261,231
	Setelah	95,879	4,121	169,814	104,563
4	Sebelum	81,856	18,144	510,439	261,231
	Setelah	95,879	4,121	169,814	104,563
5	Sebelum	91,706	8,294	117,488	80,963
	Setelah	95,879	4,121	169,814	104,563

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, untuk menentukan jumlah stasiun kerja yang efektif dapat menggunakan *Line Balancing* dan *RPW* karena tujuan *line balancing* adalah membuat suatu lintasan produksi yang seimbang dalam proses yang dilakukan pada setiap stasiun kerja. Tujuan pokok dari *line balancing* adalah meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan yang

ditentukan oleh operasi yang paling lambat. Setelah diseimbangkan, jumlah mesin pada *Colouring Line* adalah 5 mesin, pada *Buffering Line* berjumlah 5 mesin, *Jacketing Kecil Line* berjumlah 5 mesin, *Stranding Line* berjumlah 5 mesin, dan pada *Jacketing Line* berjumlah 5 mesin. Selain itu, terdapat penggabungan *task* pada *Colouring Line 1 & 2* untuk memenuhi kebutuhan pada *Buffering Line 1*, dan juga penggabungan *task* pada *Buffering Line 1 & 2* untuk memenuhi kebutuhan pada *Stranding*

Line.

Pembebanan waktu kerja yang seimbang pada *Section 1* adalah 2712,434 menit, *Section 2* adalah 2462,997 menit, *Section 3* adalah 1820,807 menit, *Section 4* adalah 1820,807 menit, dan *Section 5* adalah 1820,807 menit.

REFERENSI

- [1] A. B. Sulistyio, "Perencanaan Line Balancing Proses Produksi Pada Shearing Line Plant Dengan Menggunakan Metode Rank Position Weight," *J. PASTI (Penelitian dan Apl. Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 16, no. 1, p. 49, 2022, doi: 10.22441/pasti.2022.v16i1.005.
- [2] A. Yemane, G. Gebremicheal, T. Meraha, and M. Hailemicheal, "Productivity improvement through line balancing by using simulation modeling (case study almeda garment factory)," *J. Optim. Ind. Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 153–165, 2020, doi: 10.22094/JOIE.2019.567816.1565.
- [3] R. D. Astuti and H. S. A. Edy purwanto, "Perbaikan Line Balancing Proses Packing Tablet Xyz Menggunakan Metode Ranked Positional Weight Di PT. Y," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, pp. 46–57, 2019, doi: 10.20961/performa.18.1.32360.
- [4] A. Flocerfida L, D. S. Rafael A, and T. Rodolfo Jr. V, "Productivity Improvement in a Sewing Line Through Line Balancing in a Garment Manufacturing Company in the Philippines." *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)* vol. 2, no. 4, pp. 2598– 2604, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.31142/ijtsrd15666>.
- [5] M. Afifuddin, "Penerapan Line Balancing Menggunakan Metode Ranked Position Weight (RPW) untuk Meningkatkan Output Produksi pada Home Industri Pembuatan Sepatu Bola," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 1, p. 38, 2019, doi: 10.33536/jiem.v4i1.287.
- [6] M. Faqih Mujahidulloh and rer Oec Arfan Bakhtiar, "Analisis Line Balancing Untuk Keseimbangan Proses Produksi Antimo Tablet Di Pt. Phapros Semarang," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 10, no. 4, 2022.
- [7] A. R. Wisnuadi and F. Fahma, "Analisis Tidak Terpenuhinya Target Output Produksi Channel 7 Pada Proses Permesinan Di PT. SKF Indonesia," *Semin. dan Konf. Nas. IDEC 2017*, p. 216, 2017.
- [8] A. Fawa, I. Fata1, A. Widarman, and H. S. Yudha, "Analisis Keseimbangan Lintasan Produksi Assembly Battery Motorcycle Fb5L-B Menggunakan Metode Ranked Positional Weight Production Cross Balance Analysis Assembly Battery Motorcycle Fb5L-B Using Ranked Positional Weight Method," *J. Teknol.*, pp. 1–12.
- [9] W. P. Febriani, M. A. Saputra, and D. S. B. F. Lumbanraja, "Penerapan Konsep Line Balancing Dalam Proses Produksi Pintu Dengan Metode Ranked Position Weight Di CV Indah Jati Permana," *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2020.
- [10] N. N. Fajrina, T. Taviyastuti, and R. Rustono, "Pengaruh Implementasi Time and Motion Study Dan Biaya Bahan Baku Terhadap Biaya Finishing Produk Pada Departemen Finishing Pt Harrison & Gil Java Semarang," *Admisi dan Bisnis*, vol. 20, no. 1, p. 75, 2019, doi: 10.32497/ab.v20i1.1427.
- [11] L. Nofita Sari, "Pengukuran Keseimbangan Lintasan Produksi Upper di PT.EID Dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW) Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas Kerja," *Univ. Muhammadiyah Sidoarjo*, vol. 01, pp. 1–78, 2018.