

ANALISA LINE BALANCING MENGGUNAKAN METODE MOODIE YOUNG DAN RANKED POSITIONAL WEIGHT DI CV. XYZ

Dhimas Putra Setyawan¹⁾, Farida Pulansari²⁾, Kinanti Resmi Hayati³⁾

^{1, 2,3)} Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

e-mail: dhimasputrasetyawan@gmail.com¹⁾, farida.ti@upnjatim.ac.id²⁾,

kinantihayati.ti@upnjatim.ac.id³⁾

ABSTRAK

CV. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang produksi sarana prasarana lalu lintas seperti RPPJ, PJU, rambu-rambu, dan traffic light. Masalah yang timbul pada perusahaan ini adalah kurang efisiennya lini produksi tiang Rambu Pendahulu Penunjuk Jurusan (RPPJ), yang ditandai dengan munculnya waktu delay yang menyebabkan bottleneck pada sejumlah stasiun kerja. Hal ini disebabkan oleh tidak seimbangannya pembagian beban kerja pada setiap stasiun. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi lini produksi dengan pendekatan keseimbangan lintasan. Keseimbangan lintasan mampu meningkatkan efisiensi dengan pemerataan beban kerja disetiap stasiun. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yaitu Moodie Young dan Ranked Positional Weight. Kedua metode ini memiliki karakteristik yang serupa dalam menyelesaikan permasalahan keseimbangan lintasan, yaitu dengan penggunaan matriks hubungan antar elemen kerja. Hasil perbandingan metode akan dipilih berdasarkan tingkat efisiensi dan smoothes index terbaik sebagai solusi dari permasalahan keseimbangan lintasan. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan metode Moodie Young sebagai solusi optimal, karena memiliki line efficiency sebesar 85,06%, balance delay sebesar 14,94%, dan smoothes index sebesar 47,51, dengan jumlah stasiun kerja sebanyak 9 stasiun kerja.

Kata Kunci : Efficiency, Line Balancing, Moodie Young, Ranked Positional Weigh.

ABSTRACT

CV. XYZ is a manufacturing company engaged in the production of traffic infrastructure such as RPPJ, PJU, signs, and traffic light. The problem that arises in this company is the inefficient production of the Traffic Direction Sign (RPPJ) pole line production, which is characterized by the emergence of time delays that cause bottlenecks at a number of work stations. This is caused by the unequal distribution of workload at each station. The purpose of this study is to improve the efficiency of the production line with the line balancing approach. Line balancing can increase efficiency by equalizing workload at each station. The methods used to solve the problem are Moodie Young and Ranked Positional Weight. Both of these methods have similar characteristics in solving the problem of line balancing, namely by using a matrix of relationships between work elements. The results of the method comparison will be chosen based on the best level of efficiency and smoothes index as a solution to the problem of line balancing. The results of this study are the use of the Moodie Young method as an optimal solution, because it has a line efficiency of 85.06%, a balance delay of 14.94%, and a smoothes index of 47.51, with a total of 9 work stations.

Keywords: Efficiency, Line Balancing, Moodie Young, Ranked Positional Weight.

I. PENDAHULUAN

CV. XYZ adalah salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan produk logam, khususnya sarana prasarana lalu lintas, seperti tiang Rambu Pendahu- lu Penunjuk Jurusan (RPPJ), tiang lampu Penerang Jalan Umum (PJU), tiang rambu- rambu lalu lintas, *traffic light*, dan pagar pembatas jalan. CV. XYZ memiliki jumlah per- mintaannya yang relatif tinggi pada produk tiang Rambu Pendahu- lu Penunjuk Jurusan (RPPJ) dan memiliki kapasitas produksi sebanyak 110 unit tiang RPPJ dalam satu bulan yang dikerjakan oleh 16 karyawan. Masalah yang sering terjadi pada proses produksi tiang RPPJ adalah adanya *bottleneck* pada proses pengelasan plat besi pada tiang utama bagian bawah, pengelasan plat besi pada bingkai bagian bawah, dan pengelasan plat besi pada bingkai bagian atas. Permasalahan ini mengakibatkan setiap *work station* dalam lintasan produksi memiliki tingkat kecepatan produksi yang berbeda, yang menyebabkan timbulnya penumpukan material diantara *work station*, dan adanya waktu tunggu antar *work station*.

Dari permasalahan yang telah dijabarkan diatas, penelitian ini memiliki tujuan untuk memperbaiki keseimbangan lintasan produksi, sehingga dapat dicapai hasil penge- lompokan operasi kedalam *work station* dengan beban yang seimbang, agar dapat lebih meningkatkan tingkat efisiensi dari lini produksi tiang RPPJ. Pada penelitian ini, proses pengukuran kerja dilakukan dengan mengukur waktu proses setiap operasi pada lini produksi tiang RPPJ. Sedangkan untuk analisa keseimbangan lintasan produksi tiang RPPJ, metode yang digunakan adalah metode *Moodie Young* dan metode *Ranked Posi- tional Weight*, yang nantinya hasil ketiga metode akan dibandingkan untuk memperoleh saran perbaikan keseimbangan lintasan produksi tiang RPPJ guna meningkatkan efisiensi proses produksi yang berlangsung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Line Balancing*

Produksi memiliki arti sebagai rangkaian aktivitas dan operasi yang saling berhubungan yang melibatkan desain, pemilihan bahan, perencanaan, pemasaran, dan lain-lain (Salaudin, 2016). Dimana dalam produksi terdapat pengukuran waktu kerja, proses pengukuran waktu dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu pengukuran waktu secara langsung dan pengukuran waktu secara tidak langsung (Dwitya, 2017). Lintasan produksi didefinisikan sebagai rangkaian operasi kerja dalam satu area yang terdiri dari satu atau banyak mesin ataupun pekerja dengan urutan operasi yang ter- jadi dengan gerakan material yang berkesinambungan (Casban, 2016). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan lintasan produksi yakni dengan melakukan suatu perancangan sistem produksi yang tepat yaitu dengan prinsip keseimbangan lintasan produksi (Kucukkoc, 2015). Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas perusahaan adalah lini atau lintasan produksi (Arfiana, 2017).

Line balancing atau keseimbangan lintasan merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu *assembly line* ke dalam *work station*. Fungsi utamanya adalah untuk meminimumkan banyaknya *work station* dan meminimalkan *idle time* pada keseluruhan *work station* (Desfiarsi, 2015). Tujuan dari *line balancing* adalah untuk memperoleh suatu arus produksi yang lancar dalam rangka memperoleh utilitas yang tinggi atas fasilitas, tenaga kerja, dan peralatan melalui penyeimbangan waktu kerja antar *work station* (Erliana, 2015). Lintasan yang seimbang dapat menghasilkan waktu pengerjaan yang optimal pada suatu produk yang produksi (Basuki, 2019).

Keseimbangan lintasan berhubungan erat dengan suatu proses produksi secara kese- luruhan. Sejumlah pekerjaan dalam lini produksi dikelompokkan ke dalam beberapa pusat-pusat kerja, yang selanjutnya kita sebut sebagai *work station* (Nasution, 2008). Di- mana setiap *work station* melakukan suatu proses tertentu kepada produk hingga menjadi

produk akhir pada perakitan akhir (Jha, 2017). Semua *work station* sedapat mungkin harus memiliki waktu siklus yang sama. Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk pada *work station* (Trenggonowati, 2019). Proses keseimbangan lintasan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu *work station* dan meminimalkan *balance delay* (Ekoanaindiyo, 2017). Selain itu, keseimbangan lintasan memiliki tujuan untuk menyeimbangkan pembebanan tugas kedalam *workstation* yang ada atas besaran waktu (Prabowo, 2016).

Persoalan keseimbangan perakitan bermula dari adanya kombinasi penugasan kerja kepada operator atau grup operator yang menempati tempat kerja tertentu (Rachman, 2015). Lini produksi yang memiliki masalah pada keseimbangan lintasannya akan ditunjukkan dengan adanya *bottleneck*, dimana terdapat satu operasi yang sudah selesai, namun operasi selanjutnya belum selesai, sehingga terjadi operator menganggur. Oleh karena itu upaya penyeimbangan lintasan perlu dilakukan (Fatmawati, 2019). Langkah pemecahan dari permasalahan keseimbangan lintasan dimulai dari mengidentifikasi tugas-tugas hingga penetapan tugas tersebut kedalam *workstation* (Dharmayanti, 2015).

B. Metode Moodie Young

Metode *moodie young* adalah salah satu metode keseimbangan lintasan yang memiliki dua fase (tahapan) analisis. Fase pertama adalah membuat pengelompokan *work station* berdasarkan matriks hubungan antar elemen. Pada fase satu dibuat elemen *precedence diagram* untuk matriks P dan Matriks F yang menggambarkan elemen kerja pendahulu dan elemen kerja yang mengikuti. Sebagai pemisalan, matriks P menunjukkan hubungan elemen kerja sebelum elemen kerja ke i, dan matriks F menunjukkan hubungan elemen kerja sesudah elemen kerja ke i. Kemudian elemen kerja ditempatkan pada *work station* yang berurutan dalam lintasan produksi dengan aturan, bila terdapat dua elemen kerja yang bisa dipilih maka elemen kerja yang mempunyai waktu terbesar ditempatkan pertama (Handayani, 2016).

Fase kedua dilakukan dengan cara mendistribusikan waktu menganggur secara merata pada semua stasiun melalui mekanisme transfer dari elemen-elemen kerja antar stasiun dengan mempertimbangkan aturan urutan dalam *precedence diagram*. Langkah-langkah dalam metode *moodie young* adalah sebagai berikut (Azwir, 2017).

1. Buat *precedence diagram* atau jaringan kerja dari peta proses produk.
2. Hitung waktu siklus.
3. Hitung jumlah *work station* minimum.
4. Buat matriks P dan Matriks F berdasarkan *precedence diagram*.
5. Alokasi elemen kerja yang disusun berdasarkan matriks P dan matriks F tanpa melanggar *precedence diagram*, dimulai dari elemen kerja yang memiliki matriks $P=0$.
6. Jika ada dua atau lebih elemen kerja yang memungkinkan untuk dialokasikan, pilih elemen kerja yang memiliki waktu terbesar.
7. Apabila total operasi lebih besar dari waktu siklus, bebaskan operasi kedalam *work station* berikutnya.
8. Identifikasi *work station* yang memiliki waktu terbesar dan terkecil.
9. Perhitungan *GOAL* dengan pembagian dua hasil pengurangan waktu stasiun terbesar dan terkecil.
10. Menentukan elemen kerja yang terdapat pada *work station* terbesar yang memiliki nilai waktu lebih kecil dari nilai *GOAL*.
11. Pindahan elemen kerja yang memiliki nilai waktu lebih kecil dari *GOAL* pada *work station* terbesar ke *work station* terkecil dengan batasan tidak melanggar *precedence diagram*.
12. Ulangi proses pindahan elemen kerja hingga tidak ada elemen kerja yang dapat dipindah.

13. Hitung efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothes index*

C. *Ranked Positional Weight*

Metode *ranked positional weight* atau *helgesson-birnie* adalah metode yang menerapkan prinsip bobot posisi dalam pengerjaannya. Yang dimaksud dengan bobot posisi dari suatu penugasan adalah jumlah waktu pelaksanaan tugas dari suatu tugas dan semua tugas-tugas yang mengikutinya. Cara penentuan tugas-tugas yang mengikutinya dilihat dari *precedence diagram* yang telah dibuat (Rachman, 2015). Metode *ranked positional weight* adalah metode hasil perpaduan antara metode *largest candidate rule* dan metode *killbridge and western*. Metode *ranked positional weight* menerapkan prinsip dengan pengurutan bobot terbesar seperti metode *largest candidate rule* dengan tetap memperhatikan *precedence diagram* seperti metode *killbridge and western* (Shukla, 2018).

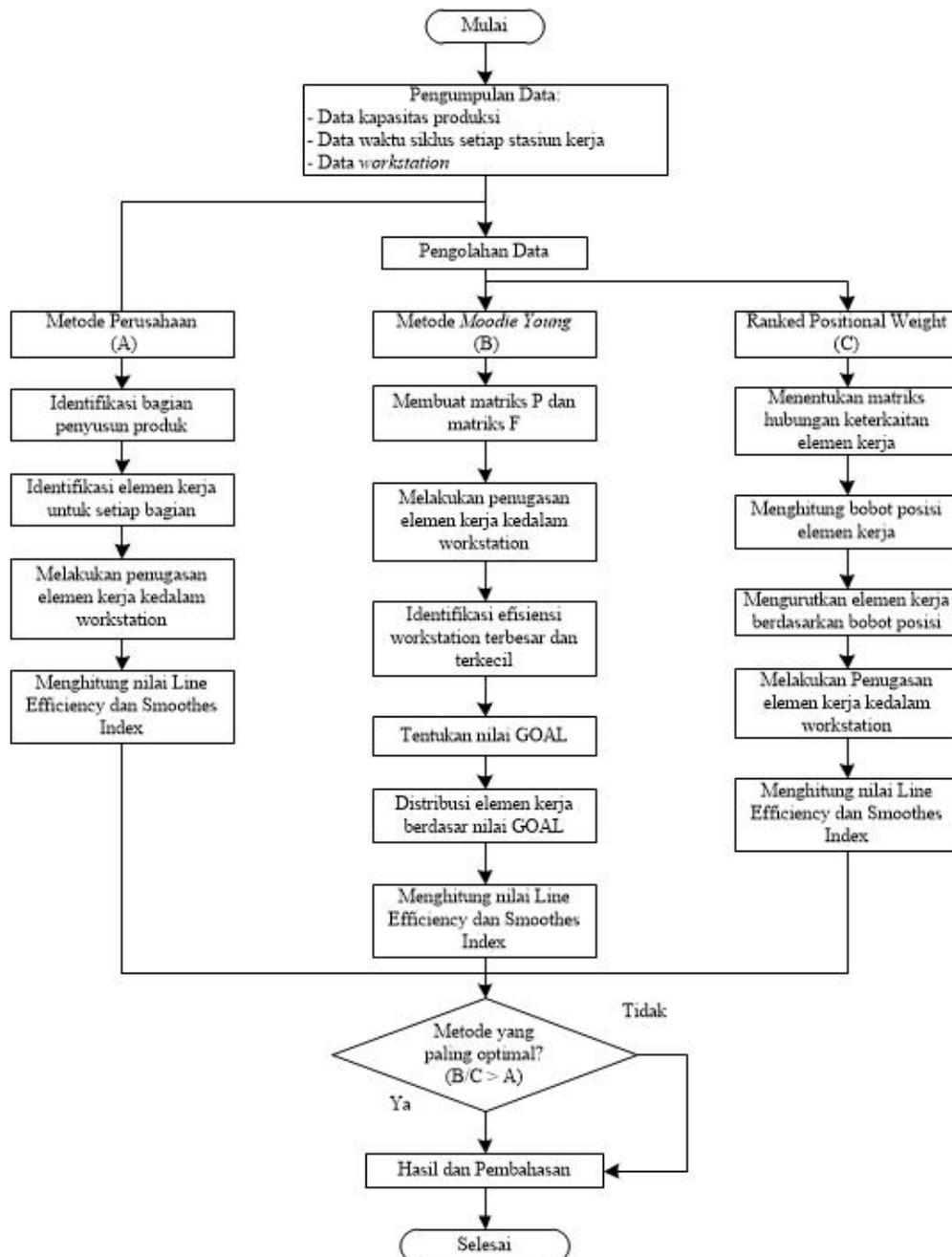
Pada metode *ranked positional weight* besaran nilai dihitung dari waktu proses masing-masing operasi yang mengikutinya. Pengelompokan operasi kedalam *work station* dilakukan atas dasar urutan *ranked positional weight* dari yang terbesar yang juga memperhatikan pembatas berupa waktu siklus. Metode ini memprioritaskan elemen kerja yang terpanjang, dimana elemen kerja ini akan diutamakan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam *work station* dan diikuti oleh elemen kerja yang lain yang memiliki waktu elemen yang lebih rendah. Proses ini dilakukan dengan pemberian bobot. Bobot ini diberikan pada setiap elemen kerja dengan memperhatikan *precedence diagram*. Maka dengan sendirinya elemen kerja yang memiliki ketergantungan yang besar akan memiliki bobot yang besar pula (Yudha, 2017).

Terdapat beberapa langkah-langkah dalam penerapan metode *ranked positional weight* ini, yaitu (Djunaidi, 2017):

1. Buat *precedence diagram* atau jaringan kerja dari peta proses produk.
2. Hitung waktu siklus.
3. Hitung jumlah *work station* minimum.
4. Buat matriks lintasan untuk setiap operasi berdasarkan *precedence diagram*.
5. Hitung bobot posisi setiap operasi yang dihitung berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya sesuai matriks lintasan.
6. Urutkan operasi-operasi mulai bobot paling besar sampai dengan bobot paling kecil.
7. Lakukan penugasan operasi kedalam *work station*, lakukan penugasan mulai dari operasi yang memiliki bobot terbesar hingga terkecil dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil daripada waktu siklus.
8. Apabila total operasi lebih besar dari waktu siklus, bebaskan operasi kedalam *work station* berikutnya.
9. Lakukan *trial and error*. Untuk mendapatkan efisiensi tertinggi.
10. Hitung efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothes index*

III. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, perlu dilakukan langkah-langkah pemecahan masalah. Berikut langkah-langkah pemecahan masalah penelitian ini ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Pada penelitian ini menggunakan tiga metode, yaitu metode perusahaan atau *existing*, metode *moodie young*, dan metode *ranked positional weight*. Dari hasil ketiga metode tersebut akan dihitung nilai *line efficiency* dan *smoothes index*, yang nantinya akan dibandingkan untuk mendapatkan metode yang paling optimal sebagai solusi perbaikan kondisi *line balancing* perusahaan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini, maka dibutuhkan beberapa data yang akan menunjang penyelesaian masalah *line balancing*. Data yang diperoleh berdasarkan pengamatan

dan wawancara di perusahaan. Data waktu baku untuk setiap elemen kerja ditampilkan dalam tabel I.

TABEL I
DATA WAKTU BAKU ELEMEN KERJA

Nama Pekerjaan	Waktu
Pemotongan tiang pipa logam panjang 5 m diameter 22 cm sebagai tiang utama	21.69
Pelubangan pipa utama bagian atas dengan diameter 16 cm	29.12
Pemotongan plat besi tebal 22 mm dengan ukuran 45 x 45 cm	20.97
Pelubangan tengah plat besi dengan diameter 27 cm	3.70
Pelubangan lubang untuk baut dengan diameter 3 cm	11.41
Pemotongan plat besi tebal 22 mm dengan diameter 20 cm	3.69
Pelubangan tengah plat dengan diameter 12 cm	4.90
Pelubangan lubang untuk baut dengan diameter 3 cm	11.02
Pemotongan tepian plat besi	13.43
Pelubangan tengah plat dengan diameter 17 cm	3.69
Pelubangan lubang untuk baut dengan diameter 3 cm	11.43
Pemotongan tepian plat besi	13.50
Pemotongan plat besi tebal 22 mm dengan diameter 22 cm	3.72
Pelubangan tengah plat besi dengan diameter 17 cm	3.67
Pelubangan lubang untuk baut dengan diameter 3 cm	12.36
Pemotongan tepian plat besi.	13.42
Pengelasan plat besi dasar pada tiang utama	23.52
Pemotongan pipa logam diameter 15 cm dengan panjang 50 cm sebagai sambungan	13.98
Pengelasan pipa logam diameter 15 cm dengan panjang 50 cm ke tiang utama	29.11
Pengelasan plat besi tebal 22 mm diameter dalam 17 cm ke sambungan tiang	20.08
Pemotongan pipa logam diameter 10 cm sepanjang 3 m sebagai bingkai bawah	14.32
Pengelasan bingkai bawah ke sambungan tiang utama	30.13
Pengelasan plat besi tebal plat besi tebal 22 mm diameter dalam 12 cm pada bingkai bawah	21.94
Pemasangan baut antar plat	3.473
Pengelasan tepian sambungan plat pada bingkai bawah	21.95
Pemotongan plat besi ketebalan 10 mm sebagai penyangga	36.97
Pengelasan penyangga ke sambungan plat	40.00
Pemotongan pipa besi diameter 15 cm sepanjang 3 m sebagai bingkai atas	18.43
Pemotongan ujung pipa besi sepanjang 25 cm	26.26
Pengelasan plat besi tebal 22 mm diameter 22 cm pada bingkai atas	21.58
Pengelasan bingkai atas pada tiang utama	23.03
Pemasangan baut	2.24
Pengelasan penyangga tebal 10 mm ke plat besi	41.08
Pemotongan pipa besi diameter 10 panjang 1 m	18.50
Pengelasan pipa besi ke bingkai	38.45
Pemotongan plat besi tebal 22 mm sebagai penyangga plat dasar	36.89
Pengelasan penyangga ke plat dasar dan tiang utama	40.03
Pemotongan besi beton sepanjang 105 cm	10.30
Penekukan besi beton menjadi huruf U	8.57
Pengelasan penyambungan besi beton	24.03
Penyambungan besi beton ke tiang dengan baut	3.39

B. *Pengolahan Data*

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan maka selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk penyelesaian masalah *line balancing*.

1. Pembentukan Rancangan *Line Balancing*

Dalam membentuk rancangan *line balancing* terdapat beberapa langkah yaitu menghitung waktu total pekerjaan, *production rate*, *time cycle*, *minimum workers*, dan *time service*.

a. Waktu total pekerjaan

$$T_{wc} = 21,70 + 29,12 + 20,97 + \dots + 3,39 = 750,1588 \text{ menit}$$

b. *Production rate*

$$R_p = \frac{\text{demand}}{\text{operation time}}$$

$$R_p = \frac{110}{8 \times 24} = 0,57 \text{ unit/jam}$$

c. *Time cycle*

$$T_c = \frac{60 E}{R_p}$$

$$T_c = \frac{60(0,95)}{0,57} = 99,49 \text{ menit}$$

d. *Time service*

$$T_s = T_c - T_r$$

$$= 99,49 - 1,5 = 97,99 \text{ menit}$$

e. *Minimum Workstation*

$$w^* = (\text{Minimum Integer} \geq \frac{T_{wc}}{T_c})$$

$$= (\text{Minimum Integer} \geq \frac{750,1588}{97,99}) = 7,65 \sim 8 \text{ workstation}$$

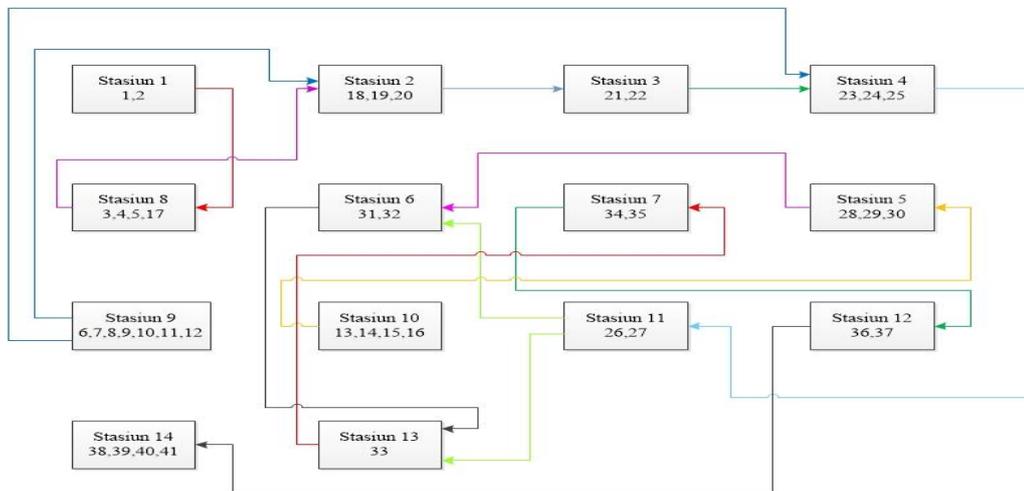
2. Kondisi Awal Perusahaan

Pada Kondisi perusahaan merupakan kondisi yang saat ini (*existing*) berjalan pada perusahaan. Penugasan elemen kerja kedalam *workstation* dengan metode perusahaan didapatkan dari pengamata langsung pada perusahaan. Hasil penugasan ini ditunjukkan dalam tabel II, serta *workflow* dari metode perusahaan dapat dilihat pada gambar 2.

TABEL II
PENUGASAN *WORK STATION* METODE PERUSAHAAN

Work Station	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu Work Station (menit)	Time Service (menit)	Idle Time (menit)	Efisiensi Work station																																																																																																								
1	1	-	21.69893	50.81893	97.99091	47.17198	51.86%																																																																																																								
	2	1	29.12					2	18	-	13.98229	63.17945	97.99091	34.81146	64.47%	19	17,18	29.11015	20	19,12	20.08701	3	21	-	14.32855	44.46751	97.99091	53.5234	45.38%	22	20,21	30.13896	4	23	9,22	21.94224	47.37521	97.99091	50.6157	48.35%	24	23	3.473874	25	24	21.9591	5	28	-	18.4342	66.28852	97.99091	31.70239	67.65%	29	28	26.26626	30	16,29	21.58806	6	31	27,30	23.03851	25.28716	97.99091	72.70375	25.81%	32	31	2.248649	7	34	-	18.50015	56.95388	97.99091	41.03703	58.12%	35	33,34	38.45373	8	3	-	20.97159	59.62133	97.99091	38.36958	60.84%	4	3	3.705088	5	4	11.41704	17	2,5	23.52761	9	6	-	3.696491	61.68845	97.99091	36.30246	62.95%	7	6	4.9	8
2	18	-	13.98229	63.17945	97.99091	34.81146	64.47%																																																																																																								
	19	17,18	29.11015																																																																																																												
	20	19,12	20.08701																																																																																																												
3	21	-	14.32855	44.46751	97.99091	53.5234	45.38%																																																																																																								
	22	20,21	30.13896																																																																																																												
4	23	9,22	21.94224	47.37521	97.99091	50.6157	48.35%																																																																																																								
	24	23	3.473874																																																																																																												
	25	24	21.9591																																																																																																												
5	28	-	18.4342	66.28852	97.99091	31.70239	67.65%																																																																																																								
	29	28	26.26626																																																																																																												
	30	16,29	21.58806																																																																																																												
6	31	27,30	23.03851	25.28716	97.99091	72.70375	25.81%																																																																																																								
	32	31	2.248649																																																																																																												
7	34	-	18.50015	56.95388	97.99091	41.03703	58.12%																																																																																																								
	35	33,34	38.45373																																																																																																												
8	3	-	20.97159	59.62133	97.99091	38.36958	60.84%																																																																																																								
	4	3	3.705088																																																																																																												
	5	4	11.41704																																																																																																												
	17	2,5	23.52761																																																																																																												
9	6	-	3.696491	61.68845	97.99091	36.30246	62.95%																																																																																																								
	7	6	4.9																																																																																																												
	8	7	11.02535																																																																																																												
	9	8	13.43814																																																																																																												

Work Station	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu Work Station (menit)	Time Service (menit)	Idle Time (menit)	Efisiensi Work station
	10	6	3.696491				
	11	10	11.43155				
	12	11	13.50043				
	13	-	3.722281	33.17555	97.99091	64.81536	33.86%
10	14	13	3.670702				
	15	14	12.36				
	16	15	13.42257				
11	26	-	36.97623	76.9816	97.99091	21.00931	78.56%
	27	25,26	40.00537				
12	36	-	36.89507	76.93417	97.99091	21.05674	78.51%
	37	35,36	40.0391				
13	33	26,32	41.08478	41.08478	97.99091	56.90613	41.93%
	38	-	10.30018	46.30227	97.99091	51.68864	47.25%
14	39	38	8.573913				
	40	39	24.03358				
	41	37,40	3.394595				



Gambar 2. Workflow Metode Perusahaan

$$\begin{aligned}
 \text{Line efficiency} &= \frac{\sum ST_i}{K \cdot CT} \times 100\% \\
 &= \frac{750,16}{(14 \times 97,99)} \times 100\% = 54,68\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Balance delay} &= \frac{n \cdot C - \sum ti}{(n \cdot ti)} \times 100\% \\
 &= \frac{14 \times 97,99 - 750,16}{(14 \times 97,99)} \times 100\% = 45,31\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Smoothes index} &= \sqrt{\sum (\text{Cycle time} - \text{Station time})^2} \\
 &= \sqrt{(47,17)^2 + (34,81)^2 + (53,52)^2 + \dots + (51,69)^2} \\
 &= 174,99.
 \end{aligned}$$

3. Metode Moodie Young

Penugasan elemen kerja kedalam *workstation* dihasilkan dari analisis *line balancing* berdasarkan metode *moodie young* seperti yang ditampilkan pada tabel III, serta *workflow* untuk metode *moodie young* dapat dilihat digambar 3.

TABEL III
PENUGASAN WORK STATION METODE MOODIE YOUNG

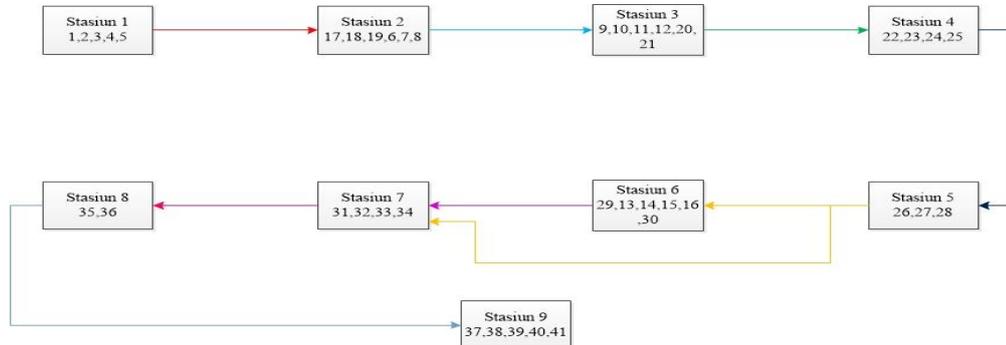
Work station	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu Work station (menit)	Time Service (menit)	Idle Time (menit)	Efisiensi Work station
1	1	-	21.69	86.91	97.99	11.07	88.69
	2	1	29.12				
	3	-	20.97				
	4	3	3.70				
	5	4	11.41				
2	17	2,5	23.52	76.48	97.99	11.74	88.01
	18	-	13.98				
	19	17,18	29.11				
	6	-	3.69				
	7	6	4.9				
3	8	7	11.02	76.48	97.99	21.50	78.05
	9	8	13.43				
	10	6	3.69				
	11	10	11.43				
	12	11	13.50				
4	20	19,12	20.08	77.51	97.99	20.47	79.10
	21	-	14.32				
	22	20,21	30.13				
	23	9,22	21.94				
	24	23	3.47				
5	25	24	21.95	95.41	97.99	2.57	97.37
	26	-	36.97				
	27	25,26	40.00				
	28	-	18.43				
	29	28	26.26				
6	13	-	3.72	81.02	97.99	16.96	82.69
	14	13	3.67				
	15	14	12.36				
	16	15	13.42				
	30	16,29	21.58				
7	31	27,30	23.03	84.87	97.99	13.11	86.61
	32	31	2.24				
	33	26,32	41.08				
	34	-	18.50				
	35	33,34	38.45				
8	36	-	36.89	75.34	97.99	22.64	76.89
	37	35,36	40.03				
	38	-	10.30				
	39	38	8.57				
	40	39	24.03				
9	41	37,40	3.395	86.34	97.99	11.64	88.11

Pada fase dua, dilakukan pendistribusian elemen kerja yang memungkinkan. Stasiun dengan tingkat efisiensi terbesar adalah stasiun 5 dengan nilai efisiensi sebesar 97.37209, sedangkan stasiun dengan tingkat efisiensi terkecil adalah stasiun 8 dengan nilai efisiensi sebesar 76.89366. Maka, nilai GOAL dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 GOAL &= \frac{ST \max - ST \min}{2} \\
 &= \frac{95,41 - 75,34}{2} = 10.03
 \end{aligned}$$

Dikarenakan pada stasiun 5 sebagai stasiun dengan tingkat efisiensi terbesar tidak memiliki elemen kerja yang memiliki waktu dibawah nilai GOAL maka, tidak ada

elemen kerja dari stasiun 5 yang bisa dipindahkan kedalam stasiun 8 sebagai stasiun yang memiliki tingkat efisiensi terendah. Sehingga iterasi dihentikan.



Gambar 3. Workflow Metode Moodie Young

Line efficiency = 85,06%
Balance delay = 14,94%
Smoothes index = 47,51

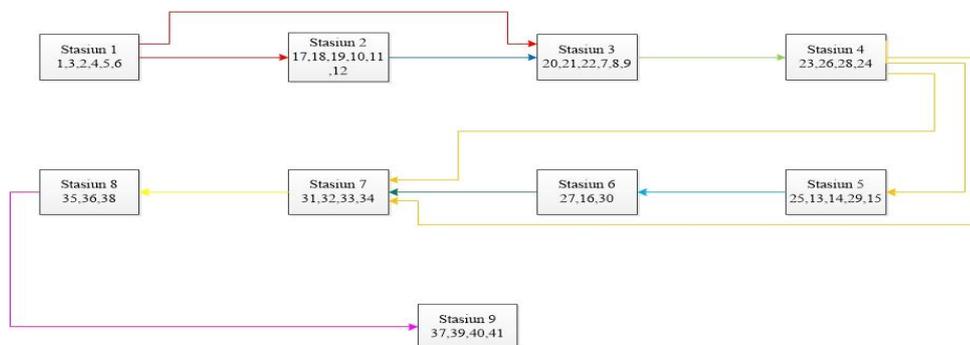
4. Metode *Ranked Positional Weights*

Penugasan elemen kerja kedalam *workstation* dihasilkan dari analisis *line balancing* berdasarkan metode *ranked positional weight* seperti yang ditampilkan pada tabel IV, sedangkan untuk *workflow* metode *ranked positional weight* ditampilkan pada gambar 4.

TABEL IV

PENUGASAN WORK STATION KERJA METODE RANKED POSITIONAL WEIGHT							
Work station	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu Work station (menit)	Time Service (menit)	Idle Time (menit)	Efisiensi Work station
1	1	-	21.69	90.60	97.99	7.38	92.46
	3	-	20.97				
	2	1	29.12				
	4	3	3.70				
	5	4	11.41				
	6	-	3.69				
2	17	2,5	23.52	95.24	97.99	2.74	97.20
	18	-	13.98				
	19	17,18	29.11				
	10	6	3.69				
	11	10	11.43				
	12	11	13.50				
3	20	19,12	20.08	93.91	97.99	4.07	95.84
	21	-	14.32				
	22	20,21	30.13				
	7	6	4.9				
	8	7	11.02				
	9	8	13.43				
4	23	9,22	21.94	80.82	97.99	17.16	82.48
	26	-	36.97				
	28	-	18.43				
	24	23	3.47				
5	25	24	21.95	67.97	97.99	30.01	69.37
	13	-	3.72				
	14	13	3.67				
	29	28	26.26				
	15	14	12.36				
6	27	25,26	40.00	75.01	97.99	22.97	76.55
	16	15	13.42				
	30	16,29	21.58				
7	31	27,30	23.03	84.87	97.99	13.11	86.61
	32	31	2.24				
	33	26,32	41.08				
	34	-	18.50				
8	35	33,34	38.45	85.64	97.99	12.343	87.40
	36	-	36.89				

Work station	Elemen Kerja	Preceded by	Waktu (menit)	Waktu Work station (menit)	Time Service (menit)	Idle Time (menit)	Efisiensi Work station
	38	-	10.30				
9	37	35,36	40.03	76.04	97.99	21.94	77.60
	39	38	8.57				
	40	39	24.03				
	41	37,40	3.39				



Gambar 4. Workflow Metode Ranked Positional Weight

Menghitung *line efficiency*

$$\text{Line efficiency} = 85,06\%$$

$$\text{Balance delay} = 14,94$$

$$\text{Smoothes index} = 51,07$$

C. Hasil dan Pembahasan

CV. XYZ memiliki elemen kerja sebanyak 41 elemen kerja pada proses produksi tiang Rambu Pendahulu Penunjuk Jurusan (RPPJ). Pada proses produksi tiang Rambu Pendahulu Penunjuk Jurusan (RPPJ) memiliki waktu total proses sebesar 750,1588 menit, dengan waktu pengerjaan selama 8 jam sehari, dan 24 hari perbulan, sehingga mampu menghasilkan kecepatan produksi sebesar 0,57 unit/jam. Memiliki jumlah minimal *workstation* sebesar 8 *workstation* dan memiliki *time service* pada setiap stasiun sebesar 97,99 menit. Untuk perbandingan ketiga metode dalam permasalahan *line balancing* ini ditunjukkan dalam tabel VI.

TABEL VI

PERBANDINGAN METODE BERDASARKAN PERHITUNGAN			
	Perusahaan	Moodie Young	Ranked Positional Weight
<i>Line Efficiency</i>	54,68%	85,06%	85,06%
<i>Balance Delay</i>	45,31%	14,94%	14,94%
<i>Smoothes Index</i>	174,99	47,51	51,07

Berdasarkan analisa *line balancing* yang telah dilakukan, metode terbaik yang dipilih untuk permasalahan ini adalah metode *moodie young*, karena metode ini memiliki *line efficiency* terbesar (85,06%), *balance delay* terkecil (14,94%), dan *smoothes index* terkecil (47,51), serta memiliki jumlah *work station* tersedikit (9 *work station*). Sehingga metode ini dipilih sebagai metode terbaik dan dapat memperbaiki kondisi *line balancing* diperusahaan.

Peningkatan *line efficiency* dengan metode *moodie young* dapat terjadi karena adanya pengurangan jumlah *work station* yang semula sejumlah 14 *work station* menjadi 9 *work station*. Hal ini menyebabkan penugasan elemen kerja ke setiap *work station* menjadi maksimal dan seimbang. Meningkatnya efisiensi lini produksi tiang RPPJ juga menghasilkan berkurangnya total waktu pengerjaan yang semula sebesar 22,86 jam menjadi 14,70 jam.

V. KESIMPULAN

Metode yang dipilih sebagai metode terbaik untuk rekomendasi perbaikan pada penelitian ini adalah metode *Moodie Young* karena mampu meningkatkan *line efficiency* dari 54,68% menjadi 85,06%, menurunkan *balance delay* dari 45,31% menjadi 14,94%, serta memiliki nilai *smoothes index* terkecil sebesar 47,51. Meningkatnya tingkat efisiensi lini dengan metode *moodie young* diakibatkan karena metode ini dapat meminimalkan jumlah *work station* yang sebelumnya 14 *work station* menjadi 9 *work station*, sehingga penugasan ke setiap *workstation* dapat lebih maksimal dan seimbang.

PUSTAKA

- Arfiana, Ghany dan I Wayan Suletra. 2017. "Analisis Line Balancing dengan RPW pada Departemen Sewing Assembly Line Style F1625W404 di PT. Pan Brothers, Boyolali". Seminar dan Konfrensi IDEC, Jurnal Universitas Sebelas Maret. ISSN: 2579-6429.
- Azwir, Hery dan Harry Pratomo. (2017). "Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X", Jurnal Rekayasa Sistem Industri, Vol. 6, No.1.
- Basuki, M., Hermanto, M. Z., Apriyanti, S., & Junaidi, M. (2019). Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi Dengan Pendekatan Metode Heuristik. Jurnal Teknologi, 11(2), 117-126.
- Casban dan Lien Kusumah. 2016. "Analisis Keseimbangan Lintasan untuk Menciptakan Proses Produksi Pump Packaging System yang efisien di PT. Bumi Cahaya Unggul". Seminar Nasional Sains dan Teknologi, TI- 017, p-ISSN: 2470-1846.
- Desfiarsi, Ririn dan Andira. 2015. "Optimasi Kapasitas Produksi Assembly Line LED Downlight PT. DEF". Jurnal President University.
- Dharmayanti, Indrani dan Hafif Marlansyah. 2019. "Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing". Jurnal Manajemen Indusri dan Logistik. Vol 3, No. 1, hal: 43-54.
- Djunaidi, Muchamad dan Angga. 2017. "Analisis Keseimbangan Lintasan (Line Balancing) pada Proses Perakitan Body pada Karoseri guna Meningkatkan Efisiensi Lintasan". Jurnal Ilmiah Teknik Industri. Vol 5, No. 27, hal: 77-84.
- Dwitya, Bagaskara. 2017. "Line Balancing Aggregate di PT. Mercedes-Benz Indonesia Divisi Assembly Commercial Vehicle Departement tipe OH-1526". Jurnal Unugha, Vol 18, No. 7.
- Ekoanaindiyo, Firman dan Latif Helmy. 2017. "Meningkatkan Efisiensi Lintasan Kerja Menggunakan Metode RPW dan Killbridge-Western". Jurnal Dinamika Teknik. Vol X, No. 1, hal: 16-26.
- Erliana, Ita. 2015. "Analisa dan Pengukuran Kerja". Aceh: Universitas Malikussaleh.
- Fatmawati, Renny dan Moses Singgih. 2019. "Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan Speaker dengan Menggunakan Ekonomi Gerakan dan Line Balancing". Jurnal Teknik ITS. Vol 8, No. 1.
- Handayani, D. Y., Prihandono, B., & Kiftiah, M. Analisis Metode Moodie Young Dalam Menentukan Keseimbangan Lintasan Produksi. Bimaster, 5(03).
- Jha, Saurabh dan Salman Khan. 2017. "An Experimental Study on The Automotive Production Line Using Assembly Line Balancing Techniques". International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). Vol 8, Issue. 3.
- Kucukkoc, Ibrahim dan David Zhang. (2015), "Type-E Parralel Two-Sided Assembly Line Balancing Problem: Mathematical Model and Ant Colony Optisation based Approach with Optimised Parameters". Computers & Industrial Engineering, Vol. 84, hal: 56-69.
- Nasution, Arman dan Yudha Prasetyawan. 2008. "Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- Prabowo, Rony, (2016), "Penerapan Konsep Line Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja yang Optimal Pada Setiap Work station Pada PT. HM. Sampoerna Tbk.", Jurnal IPTEK, Vol. 20, No. 2.
- Rachman, Taufiqur. 2015. "Penentuan Keseimbangan Lintasan Optimal dengan Menggunakan Metode Heuristik". Jurnal Inovasi. Vol 11, No. 2.
- Salaudin. 2016. "Rekayasa Sistem Manufaktur". Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Shukla, Pankaj. 2018. "Improvement of Production Rate by Line Balancing for Small Scale Industry: A Case Study". International Journal for Scientific and Development. Vol 6, No. 9.
- Trenggonowati, Dyah dan Nuzullia Febriana. 2019. "Mengukur Efisiensi Lintasan dan Work station Menggunakan Metode Line Balancing Studi Kasus PT. XYZ". Jurnal International Service. Vol 4, No. 2.
- Yudha, S. P., & Tama, I. P. (2017). Meningkatkan Efisiensi Lintasan Perakitan Plastic Box 260 Menggunakan Pendekatan Metode Heuristik.