



## **Penggunaan Metode Moodie Young Pada Keseimbangan Lintasan Produksi Bola Lampu**

### ***The Use of the Moodie Young Method on the Balance of the Light Bulb Production Line***

**Didit Teguh Prasetyo, Sutrisno\*, & Ninny Siregar**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

#### **Abstrak**

Lintasan produksi merupakan suatu proses kegiatan produksi yang terdiri dari sejumlah elemen kerja dan area kerja. Perusahaan pembuatan bola lampu pada proses produksinya mengalami kendala keseimbangan lintasan produksi, adanya kemacetan proses produksi dan penumpukan material pada stasiun kerja yang disebabkan oleh adanya idle time yang cukup tinggi dan adanya kesenjangan waktu siklus dengan waktu produksi masing-masing stasiun kerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Moodie Young, dimana tingkat keseimbangan lintasan produksi diukur dari tiga bagian yaitu Line Efficiency, Balance Delay, dan Smoothness Index. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lintasan produksi aktual, nilai Line Efficiency 43,69%, Balance Delay 56,30%, dan Smoothness Index 703,64. Hasil penelitian juga menyatakan bahwa terdapat peningkatan nilai lintasan produksi dengan menggunakan metode Moodie Young, yaitu nilai Line Efficiency 76,46%, Balance Delay 23,53%, dan Smoothness Index 279,39. Artinya bahwa semakin tinggi nilai line efficiency serta semakin rendah nilai balance delay dan smoothness index, maka lintasan produksi menunjukkan tingkat keseimbangan yang baik.

**Kata Kunci:** Keseimbangan lintasan; moodie young; line efficiency; line balancing; smoothness index

#### **Abstract**

*The Use of Moodie Young Method in Balance of Light Bulb Production Line. Line production is a part of production activity which including set of working element works and working area. Several balance constraints on the production line are sometimes occurred in a company who runs in light bulb production, such as a bottleneck in the production process and accumulation of material at work stations due to the high idle times, also a gap in cycle time between the production times of each work station. The study employed the Moodie Young method by measuring three parts of balanced production line level, including Line Efficiency, Balance Delay, and Smoothness Index. The result pointed out that the actual production line values are Line Efficiency 43.69%, Balance Delay 56.30%, and Smoothness Index 703.64. The result also stated that there are improvement of the production line values by using Moodie Young method, which are values of Line Efficiency 76.46%, Balance Delay 23.53%, and Smoothness Index 279.39. To sum up, the high value of line efficiency and the low values of balance delay and smoothness index presents a good level of balanced the production line.*

**Keywords:** Balanced line production; moodie young; line efficiency; line balancing; smoothness index

**How to Cite:** Didit Teguh Prasetyo, Sutrisno Sutrisno, & Ninny Siregar(2023), Penggunaan Metode Moodie Young Pada Keseimbangan Lintasan Produksi Bola Lampu. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri (JITMI), 2(1) 2023: 61-70,



## PENDAHULUAN

Perusahaan yang bergerak dalam produksi bola lampu, pada proses produksinya terdapat masalah ketidakseimbangan lintasan produksi, dimana setiap stasiun kerja memiliki waktu menganggur yang cukup tinggi. Adanya kesenjangan antara waktu rata-rata perakitan pada lintasan produksi tersebut dengan waktu stasiun kerja, sehingga menyebabkan produktifitas lini produksi tidak optimal.

Keseimbangan lintasan produksi merupakan salah satu hal yang menentukan tingkat produktivitas dari sebuah lini perakitan (Baudin, 2020). Sebuah lintasan produksi yang tidak seimbang akan menyebabkan bottleneck, sehingga kuantitas produksi tidak dapat dimaksimalkan (Dwicahyani & Muttaqin, 2020). Waktu untuk menyelesaikan suatu produk itu ditentukan oleh kecepatan lintasan perakitan (Chow, 2020). Semua stasiun kerja sebisa mungkin harus memiliki waktu kerja yang seimbang. Bila terjadi kesenjangan waktu kerja yang cukup besar antara masing-masing stasiun kerja, maka dapat dikatakan bahwa lintasan produksi tersebut belum seimbang sehingga menyebabkan proses produksi kurang optimal (Sakiman et al., 2022).

Line balancing atau keseimbangan lini merupakan serangkaian stasiun kerja yang dipergunakan untuk membuat suatu produk yang biasanya terdiri dari sejumlah area kerja yang dinamakan stasiun kerja yang ditangani oleh satu atau lebih operator, dan ada kemungkinan ditangani juga oleh bermacam macam alat (Özceylan et al., 2019). Tujuan keseimbangan lintasan adalah meminimalisir waktu menganggur di setiap stasiun kerja, sehingga dapat mencapai efisiensi dan efektifitas yang tinggi pada setiap stasiun kerja (Bongomin et al., 2020).

Persyaratan yang harus diperhatikan untuk menunjang kelangsungan lintasan produksi adalah pemerataan distribusi kerja yang seimbang di setiap stasiun kerja yang terdapat di dalam suatu lintasan produksi. Pergerakan aliran benda kerja yang kontinu pada kecepatan yang seragam, alirannya tergantung pada waktu operasi (Sakiman et al., 2022). Arah aliran material harus tetap sehingga memperkecil daerah penyebaran dan mengurangi waktu menunggu karena keterlambatan benda kerja (Fitri et al., 2022).

Precedence diagram menggambarkan suatu urutan pekerjaan keseluruhan operasi pekerjaan dan ketergantungan masing-masing operasi pekerjaan tersebut dimana elemen pekerjaan tertentu tidak dapat dikerjakan sebelum elemen pekerjaan yang mendahuluinya dikerjakan lebih dulu (Huettemann et al., 2019). Dalam proses assembling ada dua kondisi yang muncul pada proses pengerjaannya, yaitu: (1) tidak ada ketergantungan dari komponen-komponen dalam proses pengerjaannya. Jadi setiap komponen mempunyai kesempatan untuk dilaksanakan pertama kali. Dengan kata lain tidak ada precedence untuk setiap item; dan (2) apabila ada satu komponen telah terpilih untuk diassembling urutan untuk assembling komponen lain telah dimulai. Alat atau cara yang paling efektif adalah untuk menggambarkan kondisi ini dengan menggunakan precedence diagram. Maksud dari diagram ini adalah untuk menggambarkan situasi lintasan yang nyata dalam bentuk diagram (Guo et al., 2020).

Metode moodie young cocok digunakan pada perusahaan yang memiliki urutan proses operasi kerja yang berawal dari satu atau lebih operasi, yang kemudian terpisah atau bercabang namun menyatu dalam suatu elemen operasi dan diakhiri oleh satu elemen kerja (Sriwana et al., 2020). Sedangkan metode moodie young ini tidak cocok diterapkan atau digunakan pada perusahaan yang memiliki urutan proses operasi kerja yang berbentuk satu garis lurus dari awal proses operasi hingga akhir proses operasi kerja (Alexandra & Gozali, 2020). Metode moodie young dianggap mampu menyelesaikan permasalahan yang ada pada lintasan produksi atau lini produksi dengan hasil yang mendekati efisien (Handayani et al., 2016). Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada perusahaan dan beberapa studi literatur terdahulu, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tingkat keseimbangan lintasan dan memberi perusahaan alternatif pilihan lintasan produksi bola lampu.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data dengan melakukan observasi, yaitu kegiatan penelitian dengan melakukan pengamatan langsung terhadap suatu objek (Sugiyono, 2014). Data-data yang diperoleh adalah waktu elemen kerja dan urutan proses produksi dengan menggunakan instrumen adalah *stopwatch*. Data tersebut kemudian diolah dengan mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut: (Azwir & Pratomo, 2017)

1. Identifikasi jumlah stasiun kerja dan waktu masing-masing stasiun kerja pada lini produksi.

2. Membuat *precedence diagram*, yaitu untuk mengetahui masing-masing elemen kerja apa yang mendahului dan apa yang mengikuti.
3. Menghitung waktu normal, yaitu waktu yang dibutuhkan pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan pada kondisi yang normal. Untuk menghitung waktu normal, perlu diketahui rating faktor masing-masing stasiun kerja (Krisnaningsih et al., 2020).

$$Wn_i = X_i \times RF_i$$

Dimana :

$Wn_i$  = Waktu normal ke-i

$X_i$  = Waktu terpilih ke-i

$RF_i$  = Rating faktor ke-i

4. Menghitung waktu baku, yaitu waktu yang dibutuhkan pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Untuk menghitung waktu baku, perlu diketahui *allowance* untuk masing masing stasiun kerja (Krisnaningsih et al., 2020).

$$Wb_i = Wn_i \times \frac{100}{100 - (All)_i}$$

Dimana :

$Wb_i$  = Waktu baku ke-i

$Wn_i$  = Waktu normal ke-i

$All_i$  = *Allowance* ke-i

5. Menentukan waktu siklus stasiun kerja, yang merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit bola lampu per satu stasiun (Idris et al., 2019).

$$Ws = \frac{Wp}{Tp}$$

Dimana :

$Ws$  = Waktu siklus

$Wp$  = Waktu produksi

$Tp$  = Target produksi

6. Menghitung *line efficiency*, yaitu rasio antara waktu yang digunakan dengan waktu yang tersedia. Lintasan produksi yang baik memiliki nilai efisiensi lintasan yang tinggi yang menunjukkan bahwa seluruh stasiun kerja memiliki waktu yang mendekati waktu siklus yang telah ditetapkan (Bortolini et al., 2017).

$$LE = \frac{\sum_{m=1}^K (ST)_m}{(K)(CT)} \times 100\%$$

Dimana :

$LE$  = Efisiensi lintasan

$\sum ST$  = Jumlah keseluruhan waktu stasiun kerja

$K$  = Jumlah stasiun kerja

$CT$  = Waktu elemen kerja terbesar

7. Menghitung *balance delay* yaitu rasio antara waktu idle dalam lini perakitan dengan waktu yang tersedia. Lintasan produksi yang baik memiliki nilai *balance delay* sebesar nol, yang berarti tidak ada waktu menganggur pada seluruh stasiun kerja. Semakin kecil nilai *balance delay* maka semakin baik (Nurusilawati & Bahari, 2022).

$$D = \frac{(K \times CT) - \sum_{j=1}^n t_j}{(K \times CT)} \times 100\%$$

Dimana :

$D$  = *Balance delay*

$K$  = Jumlah stasiun kerja

$CT$  = Waktu elemen kerja terbesar

$t_j$  = waktu operasi / elemen kerja

8. Menghitung *smoothness index*, suatu indeks yang mempunyai kelancaran relatif dari penyeimbangan lintasan produksi tertentu. Semakin kecil *smoothness index* artinya model tersebut semakin mendekati keseimbangan sempurna (Nurusilawati & Bahari, 2022).

$$SI = \sqrt{\sum_{m=1}^K ((ST)_{max} - (ST)_{min})^2}$$

Dimana :

$(ST)_{max}$  = Waktu maksimum dari stasiun kerja

$(ST)_{min}$  = Waktu minimum dari stasiun kerja

9. Membuat *precedence diagram* lintasan baru, yaitu melakukan pengelompokan elemen kerja berdasarkan waktu siklus.
10. Menganalisis dan membandingkan hasil kedua lini produksi, yaitu untuk mengetahui lintasan mana yang lebih baik antara lintasan aktual atau lintasan baru hasil penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengumpulan Data

Pengukuran waktu dilakukan secara langsung menggunakan alat *stopwatch* terhadap aktifitas pembuatan bola lampu pada setiap elemen kerja. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa data waktu proses pada rantai produksi di perusahaan, dimana setiap zona memiliki jumlah stasiun kerja maupun elemen kerja yang sama yaitu 7 stasiun kerja dengan 13 elemen kerja.

Adapun data waktu proses produksi pada setiap stasiun kerja atau elemen kerja pada perusahaan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Aktifitas	Waktu per Elemen Kerja (detik)	Waktu per Stasiun Kerja (detik)	Waktu Idle (detik)
1	1	Memasang dan membentuk mangkuk kaca dari pipa kaca	348,11	348,11	-
2	2	Memasang wire ke pipa stem	32,11	88,89	259,22
	3	Menyatukan pipa stem dengan mangkuk kaca	56,78		
3	4	Memberikan tepung barium ke pipa stem	32,33	65,67	282,44
	5	Memasang filamen ke pipa stem	33,33		
4	6	Memanaskan bola lampu	30,22	88,00	260,11
	7	Menyatukan bola lampu dengan pipa filamen	57,78		
5	8	Menghisap gas yang ada di dalam bola lampu, lalu mengisi bola lampu dengan gas argon	115,11	174,56	173,56
	9	Pengecekan	59,44		
6	10	Pengecekan	111,33	174,67	173,44
	11	Pemasangan bola lampu ke caps	63,33		
7	12	Quality control	59,78	173,89	174,22
	13	Pengemasan	114,11		

### 3.2. Precedence Diagram

Precedence diagram menunjukkan urutan dan keterkaitan antar elemen kerja pada pembuatan bola lampu secara keseluruhan. Precedence diagram lintasan produksi aktual terdapat tujuh stasiun kerja dengan tiga belas elemen kerja dapat dilihat pada Gambar 1.

### 3.2. Menghitung Waktu Normal dan Waktu Baku

Waktu normal diperoleh dari hasil perkalian antara waktu terpilih ( $X_i$ ) dengan rating factor ( $RF_i$ ). Dalam penelitian ini, rating factor untuk setiap stasiun kerja adalah 1 karena diasumsikan pekerja yang diamati adalah pekerja yang berpengalaman, sehingga pada saat melaksanakan

pekerjaan tanpa usaha-usaha yang berlebihan, menguasai cara kerja yang ditetapkan dan menunjukkan kesungguhan.

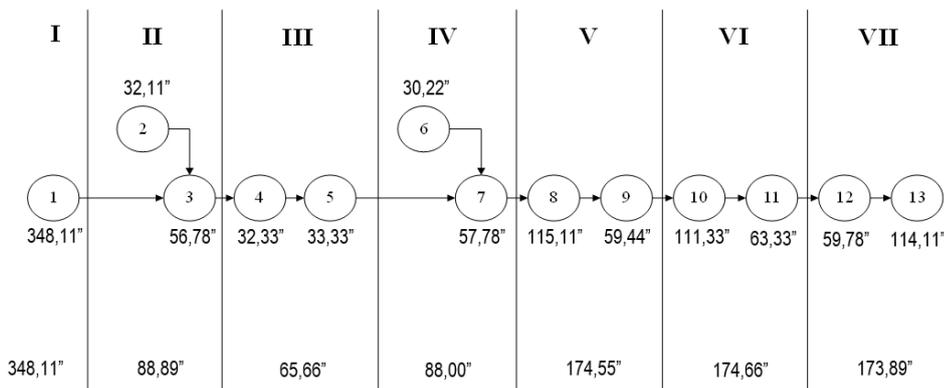
Contoh perhitungan waktu normal pada elemen kerja 1 sebagai berikut:

$$Wn_1 = X_1 \times RF_1$$

$$Wn_1 = 348,11 \times 1$$

$$Wn_1 = 348,11$$

Hasil perhitungan waktu normal seluruh elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Precedence diagram kegiatan produksi bola lampu

Tabel 2. Penilaian kelonggaran (allowance) (Maul, 2019)

Faktor	Nilai Allowance Setiap Stasiun Kerja (WS)						
	WS1	WS2	WS3	WS4	WS5	WS6	WS7
<i>Allowance</i>							
Tenaga yang dikeluarkan	6%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Sikap kerja	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gerakan kerja	0%	3%	3%	3%	3%	2%	1%
Kelelahan mata	2%	6%	4%	3%	2%	3%	5%
Temperatur sekitar	6%	3%	3%	5%	4%	4%	2%
Keadaan atmosfer	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Keadaan lingkungan	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
<b>Total Allowance</b>	<b>19%</b>	<b>16%</b>	<b>14%</b>	<b>15%</b>	<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>12%</b>

Sedangkan pengukuran waktu baku setiap stasiun kerja, perlu diketahui allowance untuk masing-masing stasiun kerja. Ada beberapa faktor yang menentukan allowance, yaitu tenaga yang dikeluarkan, sikap kerja, gerakan kerja, kelelahan mata, keadaan temperatur sekitar, dan keadaan lingkungan. Pemberian kelonggaran dimaksudkan untuk memberikan kesempatan kepada pekerja untuk dapat melaksanakan kegiatan-kegiatan, sehingga didapatkan waktu baku yang tepat sesuai dengan data waktu kerja yang lengkap dan mewakili sistem kerja yang diamati (Astuti & Iftadi, 2016).

Nilai allowance diperoleh berdasarkan tabel allowance ILO (Industrial Labour Organization) dapat dilihat pada Tabel 2.

Contoh perhitungan waktu baku pada elemen kerja 1 sebagai berikut:

$$Wb_i = Wn_i \times \frac{100}{100 - (All)_i}$$

$$Wb_i = 348,11 \times \frac{100}{100 - 19} = 429,77 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan waktu baku pada setiap elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Nilai waktu normal dan waktu baku seluruh elemen kerja

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Normal	Waktu Baku
1	1	348,11	429,77
2	2	32,11	38,23
	3	56,78	67,59
3	4	32,33	37,60
	5	33,33	38,76
4	6	30,22	35,56
	7	57,78	67,97
5	8	115,11	132,31
	9	59,44	68,33
6	10	111,33	127,97
	11	63,33	72,80
7	12	59,78	67,93
	13	114,11	129,67

### 3.3. Menghitung Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit per stasiun. Apabila waktu produksi dan target produksi telah diketahui, maka waktu siklus dapat ditentukan dari hasil bagi waktu produksi dan target produksi. Diketahui waktu produksi hari kerja adalah 240 hari per tahun, jumlah jam kerja per hari adalah 8 jam, sehingga diperoleh:

- Waktu produksi = 240 hari x 8 jam x 60 menit x 3600 detik = 414.720.000 detik
- Waktu operasi terbesar = 429,77 detik

$$\begin{aligned} \text{Target produksi per tahun} &= \frac{\text{Waktu produksi}}{\text{Waktu operasi terbesar}} \\ &= \frac{414.720.000}{429,77} \\ &= 964.981 \text{ unit per tahun} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh waktu siklus sebagai berikut:

$$W_s = \frac{W_p}{T_p} = \frac{240 \times 8 \times 60 \times 3600}{964.981}$$

$$W_s = 429,77 \text{ detik}$$

### 3.4. Menghitung Line Efficiency, Balance Delay, dan Smoothes Index Lintasan Aktual

#### a. Line Efficiency

Semakin tinggi nilai efisiensi lintasan (LE), maka lintasan tersebut semakin baik. Berikut adalah rumus untuk menghitung *line efficiency* pada lintasan aktual:

$$LE = \frac{\sum_{m=1}^K (ST)_m}{(K)(CT)} \times 100\%$$

$$\text{Line Efficiency (LE)} = \frac{429,77 + 105,82 + 76,36 + 103,53 + 200,64 + 200,77 + 197,60}{7 \times 429,77} \times 100\% = 43,69\%$$

**b. Balance Delay**

Balance delay (D) adalah ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja.

$$D = \frac{(KxCT) - \sum_{j=1}^n t_j}{(KxCT)} \times 100\%$$

$$D = \frac{(7x429,77) - 1314,48}{(7x429,77)} \times 100\%$$

D = 56,30 %

**c. Smoothness Index**

Lintasan produksi yang baik memiliki nilai smoothness index (SI) yang mendekati angka nol.

$$SI = \sqrt{\sum_{m=1}^K ((ST)_{max} - (ST)_{min})^2}$$

SI =  $\sqrt{(429,77 - 429,77)^2 + \dots + (429,77 - 197,60)^2}$

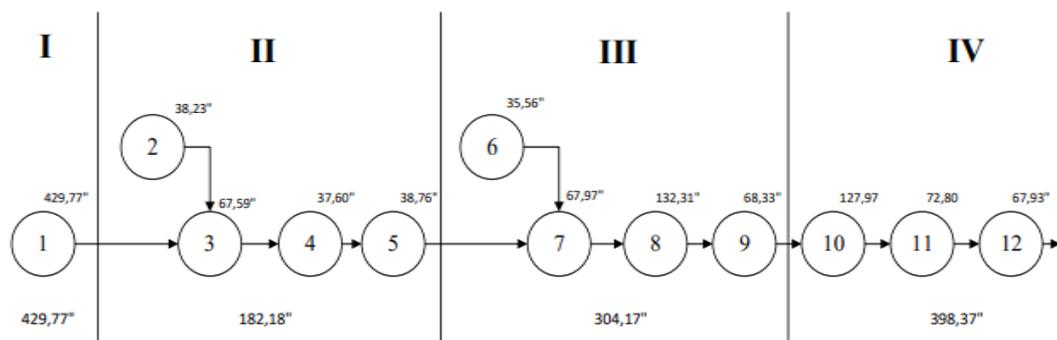
SI = 703,64

Jadi, hasil perhitungan keseimbangan pada lintasan aktual diperoleh untuk Line Efficiency sebesar 43,69%. Balance Delay sebesar 56,30%, dan Smoothness Index sebesar 703,64. Artinya bahwa lintasan produksi aktual perusahaan saat ini yaitu dengan 7 stasiun kerja adalah kurang baik.

**3.5. Precedence Diagram Lintasan Baru**

Precedence diagram lintasan baru dengan menyusun elemen kerja sesuai dengan syarat yaitu waktu tiap stasiun kerja tidak boleh memiliki waktu melebihi waktu siklus, dan pemindahan elemen kerja tidak boleh melanggar precedence diagram (Natalia et al., 2014).

Pada fase pertama, didapatkan lintasan produksi baru yang berubah dari lintasan produksi aktual. Dimana pada lintasan aktual terdapat 7 stasiun kerja dengan 13 elemen kerja, pada lintasan baru hasil fase pertama dari Moodie Young berubah menjadi hanya 4 stasiun kerja dengan 13 elemen kerja.



Gambar 2. Precedence diagram lintasan baru

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Baku (detik)	Waktu per Stasiun (detik)	Waktu <i>Idle</i> (detik)
1	1	429,77	429,77	-
2	2	38,23	182,18	247,59
	3	67,59		
	4	37,60		
	5	38,76		
3	6	35,56	304,17	125,6
	7	67,97		
	8	132,31		
	9	68,33		
4	10	127,97	398,37	31,4
	11	72,80		
	12	67,93		
	13	129,67		

Precedence diagram pada lintasan baru hasil fase pertama dengan menggunakan metode Moodie Young dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pengelompokan elemen kerja pada stasiun kerja berdasarkan waktu siklus yang sudah diketahui yaitu 429,77 detik menjadi empat stasiun kerja, dengan pengelompokan pada stasiun kerja 1 terdiri dari elemen kerja 1 dengan waktu operasi 429,77 detik. Pada stasiun kerja 2 terdiri dari elemen kerja 2, 3, 4 dan 5 dengan waktu operasi 182,18 detik. Kemudian stasiun kerja 3 terdiri dari elemen kerja 6, 7, 8 dan 9 dengan waktu operasi 304,17 detik. Serta stasiun kerja 4 yang terdiri dari elemen kerja 10, 11, 12 dan 13 dengan waktu operasi 398,37 detik. Penjelasan hasil perhitungan waktu menggunakan metode moodie young dapat dilihat pada Tabel 4.

Kemudian pada fase kedua yaitu merupakan hasil dari perbaikan pada fase pertama. Pada fase kedua ini terdapat beberapa langkah-langkah yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi waktu stasiun kerja terbesar dan waktu stasiun kerja terkecil. Urutan stasiun kerja terbesar sampai terkecil yaitu stasiun kerja 1 (429,77 detik), stasiun kerja 4 (398,37 detik), stasiun kerja 3 (304,17 detik), dan stasiun kerja 2 (182,18 detik).
2. Menentukan GOAL (Jatikusumo et al., 2021)

GOAL merupakan selisih waktu stasiun kerja maksimum dikurang stasiun kerja minimum dibagi dua.

$$GOAL = \frac{ST_{max} - ST_{min}}{2}$$

$$GOAL = \frac{429,77 - 182,18}{2}$$

$$GOAL = 123,80 \text{ detik}$$

3. Identifikasi sebuah elemen kerja yang terdapat dalam stasiun kerja dengan waktu paling maksimum, yang mempunyai waktu yang lebih kecil daripada GOAL, elemen kerja tersebut bila dipindah ke stasiun kerja yang paling minimum tidak melanggar precedence diagram. Elemen kerja pada stasiun 1 tidak dapat dipindah karena tidak ada elemen kerja yang memiliki waktu dibawah GOAL. Begitu pula dengan stasiun kerja 2, 3 dan 4 yang memiliki beberapa elemen kerja yang memiliki waktu dibawah goal tetapi tidak dapat dipindah dikarenakan melanggar precedence diagram.

Pada Tabel 4. menunjukkan bahwa pada lintasan baru ini semua stasiun kerja sekarang memiliki waktu yang lebih dekat dengan waktu siklus sehingga waktu idle lebih berkurang dibandingkan lintasan produksi aktual.

Selanjutnya menghitung Line Efficiency, Balance Delay, dan Smoothes Index lintasan baru, lalu membandingkannya dengan hasil yang didapat dari lintasan produksi aktual.

## a. Line Efficiency

Berikut adalah hasil perhitungan Line Efficiency (LE) pada lintasan baru adalah:

$$LE = \frac{429,77 + 182,18 + 304,17 + 398,37}{(4)(429,77)} \times 100\%$$

$$LE = 76,46\%$$

## b. Balance Delay

Berikut adalah hasil perhitungan *Balance Delay* (*D*) pada lintasan baru adalah:

$$D = \frac{(4 \times 429,77) - 1314,49}{(4 \times 429,77)} \times 100\%$$

$$D = 23,53\%$$

## c. Smoothness Index

Berikut adalah hasil perhitungan *Smoothness Index* (*SI*) pada lintasan baru adalah:

$$\text{Smoothness Index (SI)} = \sqrt{(443.13 - 443.13)^2 + \dots + (443.13 - 266,32^2)} \quad SI = 279.39$$

Jadi, untuk hasil perhitungan keseimbangan pada lintasan baru didapatkan hasil untuk Line Efficiency sebesar 76,46%, Balance Delay sebesar 23,53%, dan Smoothness Index sebesar 279.39. Hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan lintasan produksi dengan metode Moodie Young dengan empat stasiun kerja lebih baik daripada lintasan produksi aktual.

**SIMPULAN**

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan di atas, maka ditarik kesimpulan pada penelitian ini adalah pada susunan lintasan produksi aktual, terdapat 7 stasiun kerja dengan 13 elemen kerja yang memiliki kapasitas produksi 964.981 unit bola lampu per tahun dengan hasil Line Efficiency sebesar 43,69%, Balance Delay sebesar 56,30%, dan Smoothness Index sebesar 703,64. Sedangkan susunan lintasan produksi menggunakan metode Moodie Young, terdapat 4 stasiun kerja dengan 13 elemen kerja dengan hasil Line Efficiency sebesar 76,46%, Balance Delay sebesar 23,53%, dan Smoothness Index sebesar 279,39. Artinya bahwa dengan metode Moodie Young, tingkat keseimbangan lintasan lebih baik dibandingkan lintasan produksi aktual, karena memiliki waktu idle atau waktu menganggur yang lebih kecil, Line Efficiency yang lebih besar, serta Balance Delay dan Smoothness Index yang lebih kecil.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alexandra, S., & Gozali, L. (2020). Line Balancing Analysis on Finishing Line Dabbing Soap at PT. XYZ. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1007 (2020). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012030>
- Astuti, R. D., & Iftadi, I. (2016). Analisis dan Perancangan Sistem Kerja (Pertama). Deepublish Publisher.
- Azwir, H. H., & Pratomo, H. W. (2017). Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X. Jurnal Rekayasa Sistem Industri, 6(1), 57-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.26593/jrsi.v6i1.2428.57-64>
- Baudin, M. (2020). Lean Assembly: The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow. Productivity Press.
- Bongomin, O., Mwasiagi, J. I., Nganyi, E. O., & Nibikora, I. (2020). Improvement of Garment Assembly Line Efficiency Using Line Balancing Technique. Engineering Reports, 2(4), e12157. <https://doi.org/10.1002/eng2.12157>
- Bortolini, M., Ferrari, E., Gamberi, M., Pilati, F., & Faccio, M. (2017). Assembly System Design in the Industry 4.0 era: A General Framework. IFAC-PapersOnLine, 50(1), 5700-5705. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1121>
- Chow, W.-M. (2020). Assembly Line Design (First). CRC Press. doi.org/10.1201/9781003066477
- Dwicahyani, A. R., & Muttaqin, B. I. A. (2020). Peningkatan Produktivitas IKM melalui Perbaikan Keseimbangan Lintasan Produksi (Studi Kasus: IKM Mebel di Solo). Jurnal SENOPATI: Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering, 2(1), 51-57. <http://ejournal.itats.ac.id/senopati/article/view/1166>

- Fitri, M., Adelino, M. I., & Apuri, M. L. (2022). Analisis Line Balancing Untuk Meningkatkan Efisiensi Lintasan Produksi Perakitan. *Rang Teknik Journal*, 5(2), 295–300. <https://doi.org/10.31869/rtj.v5i2.3223>
- Guo, X., Zhou, M., Abusorrah, A., Alsokhiry, F., & Sedraoui, K. (2020). Disassembly Sequence Planning: A Survey. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(7), 1308–1324. <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003515>
- Handayani, D. Y., Prihandono, B., & Kiftiah, M. (2016). Analisis Metode Moodie Young Dalam Menentukan Keseimbangan Lintasan Produksi. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 5(03). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jbmstr/article/view/16766>
- Huettemann, G., Buckhorst, A. F., & Schmitt, R. H. (2019). Modelling and Assessing Line-Less Mobile Assembly Systems. *Procedia CIRP*, 81, 724–729. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.184>
- Idris, M., Zulfa, M. C., & Lofian, B. (2019). Analisis Keseimbangan Lintasan Menggunakan Metode Rpw Dan Moodie Young Lini Produksi Sewing Line 16 Pt. *Starcam Apparel Indonesia. CIEHIS Prosiding*, 1(1), 148–155. <https://ejournal.uin-suka.ac.id/saintek/ciehis/article/view/1585>
- Jatikusumo, A., Erni, N., Suwandi, A., Rachman, T., & others. (2021). Usulan Perbaikan Keseimbangan Lini di PT. XYZ Menggunakan Moodie-Young dan Ranked Positional Weight untuk Meningkatkan Efisiensi Lini Produksi. *Jurnal Metris*, 22(02), 82–91. <https://doi.org/10.25170/metris.v22i02.2913>
- Krisnaningsih, E., Dwiyatno, S., & Sasongko, R. (2020). Usulan Penentuan Waktu Baku Pada Operator Packing Folding Kain Tetoron Rayon Dengan Metode Stopwatch. *Jurnal Intent: Jurnal Industri Dan Teknologi Terpadu*, 3(2), 67–81. <https://doi.org/10.47080/intent.v3i2.952>
- Maul, D. (2019). *The International Labour Organization: 100 Years of Global Social Policy*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG Publisher.
- Natalia, L., Sinulingga, S., & Siregar, I. (2014). Penyeimbangan Lintasan Pada Perakitan Transformator Dengan Metode Moodie Young Dan Comsoal Pada PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri USU*, 3(4). <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1431548>
- Nurusilawati, I., & Bahari, S. (2022). Pengukuran Keseimbangan Lintasan Produksi Kabel Low Voltage NYM di PT. XYZ. *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, Dan Teknik Logistik*, 1(2), 65–71. <https://doi.org/10.20895/trinistik.v1i2.666>
- Özceylan, E., Kalayci, C. B., Güngör, A., & Gupta, S. M. (2019). Disassembly Line Balancing Problem: A Review of the State of the Art and Future Directions. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4805–4827. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2018.1428775>
- Sakiman, S., Arfah, M., & Suliawati, S. (2022). Analisa Line Balancing Untuk Meningkatkan Produksi Rempeyek. *Buletin Utama Teknik*, 18(1), 16–20. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/5845>
- Sriwana, I. K., Jatikusumo, A., & No, J. A. U. (2020). Usulan Perbaikan Keseimbangan Lini Pada Line 2 Produk Sepatu X di PT. XYZ Menggunakan Metode Ranked Positional Weight, Moodie Young, dan Discrete-Event Simulation. *Jurnal Inovisi*, 16(1). [https://digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-Journal-22672-11\\_2109.pdf](https://digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-Journal-22672-11_2109.pdf)
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Alfabeta.