

PERANCANGAN EFISIENSI LINTASAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE HELGESON-BIRNIE (*RANKED POSITIONAL WEIGHT*) UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS PRODUKSI (STUDI KASUS PADA UNIT PRODUKSI I SHIFT I PT. SUMBETRI MEGAH)

Wiky Sabardi^{1,*}, Ryan Pramanda¹, Dewiyana¹, Diki Suhandi¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Meurandeh, Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 1 Oktober 2021

Direvisi dari 20 Nopember 2021

Diterima 30 desember 2021

Kata Kunci:

Helgeson Birnie, Kapasitas Produksi, Efisiensi.

ABSTRAK

The problem of line balancing in industry, assembling, and manufacturing often occurs. This is indicated by a relatively high bottleneck of work in process at several stations, resulting in non-optimal line efficiency and non-smooth process flow. This study aims to calculate line balancing and determine the division of work stations that can increase production capacity in the production unit I shift I pt. Magnificent resource. This study used the Helgeson-Birnle (Ranked Positional Weight) method. From this research, the design results were obtained with line efficiency (line efficiency) 89.16%, idle time 2730.85, balance delay 10.84%, smoothness index (smoothness index) 781.24, and the number of work stations 15. Based on the calculation, it can be seen that there is an increase in line efficiency from 74.46% to 89.35%, which is 14.89%.

© 2021 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

PENDAHULUAN

Pada umumnya permasalahan keseimbangan lintasan (*line balancing*) terjadi pada industri yang bersifat *assembling* dibandingkan industri yang bersifat pabrikan. Jika fleksibilitas di dalam mengkombinasikan elemen-elemen kerja ke dalam suatu stasiun kerja semakin tinggi, maka keseimbangan lintasan (*line balancing*) yang dicapai akan semakin tinggi pula.

Permasalahan-permasalahan yang sering terjadi pada suatu lintasan produksi biasanya dapat dilihat dengan adanya penumpukan (*bottleneck work in process*) yang tinggi. Sehingga dalam mengkombinasikan elemen-elemen kerja ke dalam suatu stasiun kerja harus sebaik dan seefisien mungkin. Jika dalam mengkombinasikan elemen-elemen kerja ke dalam suatu stasiun kerja tersebut tidak tepat, maka akan menimbulkan jumlah waktu yang tidak produktif. Untuk memperbaiki kondisi tersebut maka harus dilakukan suatu perancangan efisiensi lintasan produksi agar terjadi keseimbangan kecepatan operasi antar stasiun kerja.

Wahyudi (2018) melakukan penelitian dengan judul "Analisis Keseimbangan Lintasan Produksi Menggunakan Metode *Helgeson-Birnle (Ranked Positional Weight)* Dan *Killbridge-Wester (Region Approach)* Untuk Mengoptimalkan Harga Pokok Produk (Studi Kasus di PT. G-Hyun)." Penelitian tersebut bertujuan Menentukan jumlah stasiun kerja sekaligus menyeimbangkan lini produksi agar stasiun kerja yang ditugaskan pada setiap stasiun kerja dapat terdistribusi secara merata. Untuk mengoptimalkan biaya sarung tangan golf AHNS full leather dan sarung tangan golf tipe sintetis AHNS, diinginkan untuk mengurangi biaya produksi dengan menerapkan beban kerja di setiap tempat kerja.

Ramadhan (2012) dalam Wignjosoebroto (2018) melakukan penelitian "Analisis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini (*Line Balancing*) Pada Sistem Produksi Percetakan Harian Tribun Timur Di Makassar." Pada penelitian ini, konsep line balancing diterapkan pada sistem produksi printer Tribun Timur. Penyeimbangan garis diterapkan secara terpisah untuk bagian yang telah dibuat dan dicetak. Setelah menerapkan konsep keseimbangan garis pada kedua bagian, didapatkan bahwa efisiensi garis pada bagian yang dicetak memiliki efisiensi

garis yang lebih baik dibandingkan dengan efisiensi garis pada bagian cor. Ini mungkin karena proses siklus produk yang cepat dan beberapa tugas produksi otomatis mesin untuk komponen yang dicetak.

PT. Sumbetri Megah merupakan salah satu industri pembuatan tiang listrik beton pra tegangan yang ada di Sumatera Utara. Perusahaan ini berdiri pada tanggal 16 Maret 1987. Perusahaan ini dalam melakukan kegiatan produksinya bersifat *job order* (pesanan). Permintaan pasar untuk tiang beton tersebut selain sudah mencapai kawasan Medan, Padang, Aceh, Riau, Palembang, dan Jambi, juga mencapai kawasan pulau Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Untuk memenuhi pesanan tersebut, PT. Sumbetri Megah harus memproduksi dengan tepat waktu, sehingga diperlukan perancangan suatu sistem keseimbangan lintasan yang baik

Keseimbangan lintasan (*line balancing*) pada Unit Produksi I Shift I PT. Sumbetri Megah sebenarnya sudah cukup baik. Hanya saja pada beberapa permasalahan yang terjadi pada beberapa stasiun, seperti terlihat adanya penumpukan (*bottleneck*) *work in process* pada stasiun pembukaan *mould*, perataan *concrete* pada *mould*, dan pemasangan *mould*, dimana masing-masing elemen kerja tersebut memiliki waktu proses yang cukup tinggi sekitar 600 hingga 800 detik, sehingga operator harus bekerja dengan intensitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan stasiun kerja lainnya. Ada sekitar 2 (dua) hingga 3 (tiga) *work in process* yang menunggu pada elemen-elemen kerja tersebut, sehingga diperlukannya perancangan sistem keseimbangan (*line balancing*) lintasan pada Unit Produksi I PT. Sumbetri Megah

Agar proses produksi dapat dilakukan dengan efisien maka perancangan efisiensi lintasan produksi merupakan salah satu faktor penentu, karena dengan adanya efisiensi lintasan produksi di antara stasiun kerja akan mengakibatkan berimbangnya kecepatan produksi pada setiap stasiun kerja. Metode *Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight)*, adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini. Konsep dari metode ini adalah menentukan jumlah stasiun kerja minimal dan melakukan pembagian task ke dalam stasiun kerja dengan cara memberikan bobot posisi kepada setiap task sehingga semua task telah ditempatkan kepada sebuah stasiun kerja. Pembobotan ini berdasarkan waktu proses task tersebut dan task-task setelahnya.

METODE PENELITIAN

1. Pengertian Perancangan Sistem

Menurut Kristanto (2008) dalam Wignjosoebroto (2018) perancangan sistem adalah fase yang membutuhkan keterampilan desain elemen komputer yang menggunakan sistem, yaitu pemilihan peralatan komputer dan program untuk sistem baru. Tujuan yang dicapai dari tahap perencanaan sistem memiliki maksud atau tujuan utama, sebagai berikut:

1. Untuk memenuhi kebutuhan pemakai sistem (users).
2. Memberikan gambaran yang jelas dan membuat rancangan lengkap untuk pemrogram komputer dan profesional teknis lainnya yang terlibat dalam desain atau manufaktur sistem.

2. Pengukuran Waktu

Menurut Barnes (1980) dalam Khairunnisa (2020), Pengaturan waktu digunakan untuk mencatat waktu item pekerjaan tertentu yang dilakukan dalam kondisi tertentu dan perbandingan pekerjaan, dan untuk menganalisis informasi untuk mendapatkan waktu yang diperlukan untuk pekerjaan yang dilakukan pada tingkat kinerja tertentu. Ini adalah metode pengukuran kerja.

2.1 Pengukuran Waktu Kerja Secara Langsung

Pengukuran waktu kerja secara langsung merupakan pengukuran waktu yang dilakukan secara langsung. Pengukuran waktu kerja secara langsung merupakan aktivitas yang mengawasi dan menjadi landasan untuk kegiatan pengukuran kerja yang lain. Dua cara yang termasuk ke dalam cara ini adalah pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*stop watch time study*) dan sampling kerja (*work sampling*) (Wignjosoebroto, 2018).

2.2 Pengukuran Waktu Kerja Secara Tak Langsung

Menurut Satalaksana, dkk (2006) dalam Khairunnisa (2020), pengukuran waktu kerja secara tak langsung merupakan pengukuran waktu kerja yang dilakukan secara tak langsung dan tanpa harus berada di tempat pekerjaan. Pengukuran waktu kerja dengan cara ini dapat dilakukan Dengan membaca tabel yang tersedia, asalkan Anda tahu bagaimana pekerjaan melalui elemen kerja atau bergerak. Grup ini berisi data waktu standar dan data waktu gerak. Anda dapat menggunakan salah satu metode ini untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang berjalan di stasiun kerja tertentu. Hal ini memungkinkan Anda untuk menemukan stasiun kerja terbaik, sistem yang membutuhkan waktu

pemrosesan terpendek, saat melakukan pengukuran pada beberapa stasiun kerja alternatif.

3. Pengukuran Waktu dengan Jam Henti (Stop Watch Time Study)

Pengukuran waktu kerja menggunakan stopwatch (survei waktu stopwatch) pertama kali diperkenalkan oleh Frederick W. Taylor sekitar abad ke-19 dan sangat cocok untuk tugas-tugas pendek yang berulang. Hasil pengukuran memberikan waktu standar untuk menyelesaikan siklus kerja. Digunakan sebagai standar untuk menyelesaikan pekerjaan semua pekerja yang melakukan pekerjaan yang sama (Wignjosobroto, 2018).

3.1 Pengukuran Waktu Tiap Elemen Kerja

Pengukuran waktu untuk setiap item pekerjaan dilakukan dengan menggunakan stopwatch. Pengukuran dengan stopwatch dapat dilakukan dengan tiga cara: (Henry R, 2011) :

1. Cara kontinyu, dimana pengukuran dilakukan dengan memulai gerakan jarum jam henti pada permulaan pengerjaan elemen kerja yang pertama dan jarum jam tetap bergerak selama pengamatan berjalan.
2. Cara berulang, dimana pengukuran dilakukan dengan menggerakkan jarum jam henti pada saat elemen kerja pertama mulai berjalan dan dihentikan pada saat elemen kerja tersebut berhenti. Waktu dicatat dan jarum jam henti dikembalikan lagi ke posisi nol untuk melakukan pengukuran selanjutnya.
3. Cara kumulatif dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua stopwatch yang dipasang di dekat papan observasi dan dihubungkan sehingga jarum stopwatch pertama bergerak dan jarum stopwatch kedua berhenti dan sebaliknya.

3.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan seragam atau tidak. Artinya, data yang telah diperoleh tersebut harus berada di dalam batas kontrol, sehingga data tersebut merupakan data yang layak untuk diolah lebih lanjut dikarenakan data tersebut terlepas dari sifat ekstremitas data.

Uji keseragaman data dengan tingkat keyakinan (*convidence level*) 95% dapat dilakukan dengan menggunakan formula di bawah ini (Wignjosobroto, 2006) dalam Khairunnisa (2020):

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(xi-\bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (1)$$

$$(BKA = \bar{x} + 2 Sd \text{ dan } BKB = \bar{x} - 2 Sd \dots(2)$$

Dimana:

- BKA = Batas Kontrol Atas
- BKB = Batas Kontrol Bawah
- n = Jumlah pengamatan
- Sd = Standar Deviasi
- Xi = Data hasil pengamatan
- \bar{X} = Rata-rata data hasil pengamatan

3.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan telah cukup untuk diolah dengan tingkat kepercayaan (*convidence level*) 95% dan derajat ketelitian (*degree of accuracy*) 5%. Jika setelah dilakukan pengujian diperoleh hasil bahwa data hasil pengamatan belum cukup untuk diolah, maka pengamatan harus dilakukan kembali.

Formula yang digunakan untuk uji kecukupan data dengan tingkat kepercayaan (*convidence level*) 95% dan derajat ketelitian (*degree of accuracy*) 5 % adalah sebagai berikut (Wignjosobroto, 2006) dalam Khairunnisa (2020):

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- N = Jumlah pengamatan yang telah dilakukan
- N' = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan
- X = Data hasil pengamatan

3.4 Waktu Normal (Wn)

Waktu normal adalah waktu yang dibutuhkan operator untuk melakukan pekerjaan secara normal. Adapun cara perhitungan waktu normal dapat dirumuskan sebagai berikut (Sutalaksana, 2006) dalam Khairunnisa (2020):

$$Wn = \bar{X} x P \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- Wn = Waktu normal
- \bar{X} = Waktu elemen kerja rata-rata
- P = Faktor penyesuaian

3.5 Waktu Baku (Wb)

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan operator untuk melakukan pekerjaan secara standar. Adapun cara perhitungan waktu baku dapat dirumuskan sebagai berikut (Wignjosobroto, 2006) dalam Khairunnisa (2020):

$$Wb = Wn \times \frac{100\%}{100\% - \%Allowance} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

Wb = Waktu baku

Wn = Waktu normal

4. Line Balancing

Menurut Scholl, dkk (2018), *line balancing* merupakan menyeimbangkan penugasan item pekerjaan dari jalur perakitan ke stasiun kerja untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dan meminimalkan waktu menganggur total di semua stasiun kerja untuk tingkat output tertentu. Dalam keseimbangan tugas ini, persyaratan waktu per unit produk yang ditentukan untuk masing-masing hubungan berurutan dan harus diperhitungkan.

Menurut Baroto (2002) Manajer industri untuk memecahkan masalah keseimbangan lini harus mengetahui metode kerja, peralatan, mesin dan personel yang digunakan dalam proses kerja. Data kebutuhan adalah informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap lini perakitan dan hubungan prioritas. Operasi adalah susunan dan urutan pekerjaan yang berbeda yang harus dilakukan, manajemen industri harus menentukan tingkat produksi harian untuk disesuaikan dengan tingkat permintaan total, dan kemudian membaginya menjadi waktu. Waktu produksi tersedia pada siang hari. Ini menghasilkan waktu siklus yang merupakan waktu produk tersedia di setiap stasiun kerja.

4.1 Terminologi Line Balancing

Terdapat beberapa istilah dalam *line balancing* yang penting untuk diketahui demi tercapainya proses *line balancing*. Adapun beberapa istilah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Elemen Kerja

Elemen kerja operasi merupakan bagian dari seluruh proses perakitan yang dilakukan (Baroto, 2002).

2. Waktu Siklus

(*Cycle Time*)

Waktu Siklus (CT) merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk per satu stasiun. $T_i \max \leq CT \leq \frac{P}{Q}$

P = Waktu kerja efektif per hari

Q = Output per hari

3. Waktu Operasi (*Operation Time*)

Waktu operasi (OT) adalah waktu standar untuk menyelesaikan suatu operasi (Baroto, 2017).

4. Waktu Stasiun (*Station Time*)

Waktu stasiun (ST) adalah jumlah waktu dari elemen kerja yang dilakukan pada suatu stasiun kerja yang sama (Baroto, 2017).

5. Precedence Diagram

Precedence diagram merupakan gambaran secara fisis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan dari operasi kerja lainnya yang tujuannya untuk mempermudah pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya (Baroto, 2017).

6. Waktu Menganggur (*Idle Time*)

Baroto (2017) mengatakan bahwa *idle time* (IT) merupakan selisih antara waktu siklus (CT) dan waktu stasiun (ST). *Idle time* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IT = CT - ST$$

$$IT = \text{Idle Time}$$

$$CT = \text{Cycle Time}$$

$$ST = \text{Station Time}$$

7. Efisiensi Stasiun Kerja (*Station Efficiency*)

Station Efficiency (SE) merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja dan waktu operasi stasiun kerja terbesar (Baroto, 2017). *Station efficiency* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SE = \frac{ST}{CT} \times 100\%$$

$$SE = \text{Station Efficiency}$$

$$CT = \text{Cycle Time}$$

$$ST = \text{Station Time}$$

8. Efisiensi Lintasan Produksi (*Line Efficiency*)

Line Efficiency (LE) adalah rasio waktu shift total dibagi dengan siklus kali jumlah shift. *Line Efficiency* dapat dirumuskan sebagai berikut (Baroto, 2002):

$$LE = \frac{\sum ST}{K \times CT} \times 100\%$$

$$LE = \text{Line Efficiency}$$

$$CT = \text{Cycle Time}$$

$$K = \text{Jumlah stasiun kerja}$$

$$ST = \text{Station Time}$$

9. Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*)

Balance delay (BD) merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur waktu sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja. *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut (Baroto, 2002):

$$BD = 100\% - LE$$

$$BD = \text{Balance Delay}$$

$$LE = \text{Line Efficiency}$$

10. Smoothness Index (SI)

Smoothness index merupakan indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu. *Smoothness index* dapat dirumuskan sebagai berikut: $SI = \sqrt{\sum (ST_{\max} - ST_i)^2}$

$ST_{max} = \text{Maximum Station Time}$

$ST_i = \text{Station Time}$

11. Station Kerja (*Workstation*)

Baroto (2017) mengatakan bahwa stasiun kerja (WS) merupakan tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus:

$$K_{min} = \frac{\sum OT}{CT}$$

K_{min} = Jumlah stasiun minimum

CT = *Cycle Time*

OT = *Operation Time*

Kapasitas (*Capacity*)

Menurut Heizer, dkk (2009) dalam Baroto (2017), kapasitas adalah hasil produksi atau volume pemrosesan (*throughput*) atau jumlah unit yang dapat ditangani, diterima, disimpan, atau diproduksi oleh sebuah fasilitas pada suatu periode waktu tertentu.

4.2 Tujuan *Line Balancing*

Menurut Scholl, dkk (2008) dalam Baroto (2017), dikatakan bahwa tujuan keseimbangan lintasan (*line balancing*) adalah mencapai alur kerja yang lancar untuk mencapai pemanfaatan fasilitas, tenaga kerja dan peralatan yang tinggi dengan menyeimbangkan waktu kerja antar stasiun kerja, di mana setiap elemen tugas produk Operasi produksi dikelompokkan bersama dalam sejumlah stasiun kerja yang telah ditentukan untuk mendapatkan keseimbangan waktu kerja yang baik. Awal mula munculnya masalah penyeimbangan lini berasal dari ketidakseimbangan lini produksi berupa work-in-progress pada beberapa *workstation*. Tujuan dari *line balancing* adalah sebagai berikut:

1. Menghindari penumpukan barang dalam suatu proses pada suatu bagian produksi.
2. Menghindari pengangguran pada bagian produksi lainnya.
3. Mendapatkan efisiensi sistem yang cukup tinggi.
4. Memenuhi rencana produksi yang telah ditetapkan.

4.3 Langkah Pemecahan dalam *Line Balancing*

Menurut Gaspersz (2004) dalam Baroto (2017), Ada beberapa langkah untuk memecahkan masalah saluran keseimbangan. Berikut langkah-langkah untuk memecahkan masalah:

1. Identifikasi tugas atau kegiatan individu yang akan dilaksanakan.
2. Tentukan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tugas.

3. Tetapkan batasan prioritas, jika relevan dengan setiap tugas.
4. Tentukan output yang dibutuhkan dari jalur perakitan.
5. Tentukan total waktu yang tersedia untuk menghasilkan output.
6. Hitung waktu siklus yang diperlukan, misalnya waktu dari penyelesaian produk yang dibutuhkan hingga penyelesaian output yang diinginkan dalam rentang waktu yang diizinkan (*allowable delay*).
7. Tetapkan tugas kepada pekerja atau mesin.
8. Tentukan jumlah minimum workstation yang dibutuhkan untuk menghasilkan hasil yang diinginkan.
9. Mengevaluasi efektivitas dan efisiensi solusi.
10. Pencarian terobosan untuk perbaikan proses berkelanjutan (*continuous process improvement*).

5. Metode *Line Balancing*

Menurut Groover (1987) dalam Baroto (2017), ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah keseimbangan lintasan (*line balancing*), Antara lain:

1. *Large Candidate Rule*
2. *Killbridge's and wester / Region Approach*
3. *Ranked Positional Weight / Helgeson-Birnie*

Ketiga metode ini termasuk ke dalam metode heuristik, dikarenakan berdasarkan intuisi dan pengalaman untuk mencari solusi yang lebih baik.

5.1 Metode *Ranked Positional Weight / Helgeson-Birnie*

Menurut Heizer, dkk (2009) dalam Baroto (2017), metode *Ranked Positional Weight* (RPW) adalah kombinasi dari metode Aturan Kandidat Besar dan Pendekatan Area. Nilai RPW merupakan perhitungan antara item pekerjaan dan posisi setiap item pekerjaan pada grafik prioritas. Langkah-langkah dari metode RPW adalah sebagai berikut :

1. Buatlah prioritas atau diagram jaringan dari OPC.
2. Hitung waktu siklus.
3. Buat matriks jalur berdasarkan skema preferensi.
4. Pembobotan posisi setiap perdagangan dihitung berdasarkan durasi transaksi dan transaksi yang mengikutinya.
5. Urutan operasi dari bobot aktivitas terbesar ke terkecil.
6. Hitung jumlah minimum workstation.
7. Gambarkan bagan organisasi untuk stasiun kerja minimal kemudian upload pengoperasian ke stasiun kerja mulai dari yang memiliki bobot

operasi terbesar hingga terkecil, dengan kriteria waktu operasi total lebih kecil dari waktu operasi siklus yang diinginkan.

8. Percobaan dan kesalahan untuk efisiensi orbital maksimum.
9. Hitung penundaan keseimbangan lintasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Aktual Pada Unit Produksi I Shift I

Setelah dilakukan penentuan elemen-elemen kerja pada Unit Produksi I Shift I PT. Sumbetri Megah, maka didapatkan hasil sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Elemen-elemen Kerja Pada Unit Produksi I Shift I PT. Sumbetri Megah

No	Proses / Elemen Kerja
1	Pembersihan kerak pada <i>mould</i> untuk dikirim ke bagian pemasangan <i>mould</i>
2	Pelumasan <i>mould</i> dengan oli untuk dikirim ke bagian pemasangan <i>mould</i>
3	Pemindahan <i>mould</i> dari bagian pembukaan <i>mould</i> ke bagian pemasangan <i>mould</i>
4	Pemindahan <i>mould</i> dari bagian pembukaan <i>mould</i> ke bagian pemasangan rangka
5	Peletakan <i>mould</i> dari lori ke bagian pemasangan rangka
6	Pembersihan <i>mould</i> dari kerak beton yang menempel
7	Pelumasan <i>mould</i> dengan oli
8	Pemasangan rangka beton pada <i>mould</i>
9	Pemindahan <i>mould</i> dari bagian pemasangan rangka ke bagian pengisian <i>concrete</i>
10	Peletakan <i>mould</i> pada bagian pengisian <i>concrete</i>
11	Pengisian <i>concrete</i>
12	Pemindahan <i>mould</i> yang telah berisi <i>concrete</i> ke bagian perataan
13	Perataan <i>concrete</i> pada seluruh bagian <i>mould</i> dan rangka
14	Proses pemasangan <i>mould</i>
15	Pemindahan <i>mould</i> ke mesin <i>stressing</i>
16	Proses <i>stressing</i>
17	Pemindahan <i>mould</i> ke mesin <i>spinning</i>
18	Proses <i>spinning</i>
19	Pemindahan <i>mould</i> dari mesin <i>spinning</i> ke penguapan
20	Proses <i>steaming</i>
21	Pemindahan <i>mould</i> dari tempat penguapan ke bagian
22	Proses pembukaan <i>mould</i>
23	Pemberian label
24	Pemindahan beton ke unit penyimpanan

2. Waktu Proses Tiap Elemen-elemen Kerja

Setelah dilakukan penentuan terhadap elemen-elemen kerja, maka dilakukan pengukuran waktu proses tiap elemen-elemen kerja. Pengukuran dilakukan dengan metode / cara berulang. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali dan hasilnya dapat dilihat pada Lampiran I.

3. Faktor Penyesuaian

Pengukuran *performance rating* dilakukan dengan menggunakan *wasting house rating system's*. Pengukuran dilakukan dengan mengamati operator-operator yang sedang melakukan pekerjaan pada tiap elemen-elemen kerja. Hasil dari pengukuran *performance rating* dapat dilihat pada Tabel 1.

4. Penentuan Allowance

Adapun hasil dari pengukuran *allowance* untuk *personal allowance*, *fatigue allowance* dan *delay allowance* dapat dilihat pada Tabel 2. Metode pengukuran *allowance* dapat dilihat pada Pengujian keseragaman data untuk elemen kerja 1, dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(176-185.05)^2 + (163-185.05)^2 + \dots + (185-185.05)^2}{20-1}}$$

$$SD = 13.03$$

$$BKA = \bar{X} + 2 Sd = 185.05 + 2 (13.03) = 211.11$$

$$BKB = \bar{X} - 2 Sd = 185.05 - 2 (13.03) = 158.99$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Keseragaman Data

Elemen Kerja	\bar{X}	$\sum (X_i - \bar{X})^2$	SD	BKB	BKA	Keterangan
1	185.05	3226.95	13.03	158.99	211.11	SERAGAM
2	102.5	2439	11.33	79.84	125.16	SERAGAM
3	108.8	2651.2	11.81	85.17	132.42	SERAGAM
4	63.6	250.8	3.63	56.33	70.87	SERAGAM
5	54.5	589	5.57	43.36	65.64	SERAGAM
6	197.85	6428.55	18.39	161.06	234.64	SERAGAM
7	114.4	2496.8	11.46	91.47	137.33	SERAGAM
8	203.75	5863.75	17.57	168.61	238.89	SERAGAM
9	174.9	5519.8	17.04	140.81	208.99	SERAGAM
10	107.9	2249.8	10.88	86.14	129.66	SERAGAM
11	197.85	7628.55	20.04	157.77	237.93	SERAGAM
12	68.45	1114.95	7.66	53.13	83.77	SERAGAM
13	382.75	19525.75	32.06	318.64	446.86	SERAGAM
14	509.1	42131.8	47.09	414.92	603.28	SERAGAM
15	94.85	2106.55	10.53	73.79	115.91	SERAGAM
16	85	1416	8.63	67.73	102.27	SERAGAM
17	104.75	2611.75	11.72	81.3	128.2	SERAGAM
18	568.75	30487.75	40.06	488.63	648.87	SERAGAM
19	96	2248	10.88	74.25	117.75	SERAGAM
20	10800	0	0	10800	10800	SERAGAM
21	60.95	900.95	6.89	47.18	74.72	SERAGAM
22	569.4	59996.8	56.19	457.01	681.79	SERAGAM
23	156.9	3227.8	13.03	130.83	182.97	SERAGAM
24	140.7	3856.2	14.25	112.21	169.19	SERAGAM

Hasil dari uji keseragaman data untuk elemen kerja lainnya dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel dibawah dapat dilihat bahwa data hasil pengukuran sebanyak 20 kali untuk tiap elemen kerja adalah seragam, ini berarti data hasil pengukuran berada pada rentang BKB dan BKA, sehingga data hasil pengukuran layak untuk diolah lebih lanjut. Untuk mempermudah meng-*check* apakah data telah seragam atau tidak, dapat dilihat pada grafik keseragaman data untuk tiap elemen kerja.

5. Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data untuk elemen kerja 1, dapat dilakukan dengan pengukuran berikut:

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 = \left[\frac{40\sqrt{20(688097) - (13697401)^2}}{3701} \right]^2$$

$$N' = 7.54$$

Hasil dari uji kecukupan data untuk elemen kerja lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data

Elemen Kerja	$\sum x$	\bar{x}	$\sum x^2$	$(\sum x)^2$	N'	Ket
1	3701	185.05	688097	13697401	7.54	CUK IIP
2	2050	102.5	212564	4202500	18.57	CUK IIP
3	2176	108.8	239400	4734976	17.92	CUK IIP
4	1272	63.6	81150	1617984	4.96	CUK IIP
5	1090	54.5	59994	1188100	15.86	CUK IIP
6	3957	197.85	789321	15657849	13.14	CUK IIP
7	2288	114.4	264244	5234944	15.26	CUK IIP
8	4075	203.75	836145	16605625	11.3	CUK IIP
9	3498	174.9	617320	12236004	14.44	CUK IIP
10	2158	107.9	235098	4656964	15.46	CUK IIP
11	3957	197.85	790521	15657849	15.59	CUK IIP
12	1369	68.45	94823	1874161	19.04	CUK IIP
13	7655	382.75	2949477	58599025	10.66	CUK IIP
14	10182	509.1	5225788	103673124	13	CUK IIP
15	1897	94.85	182037	3598609	18.73	CUK IIP
16	1700	85	145916	2890000	15.68	CUK IIP
17	2095	104.75	222063	4389025	19.04	CUK IIP
18	11375	568.75	6500019	129390625	7.54	CUK IIP
19	1920	96	186568	3686400	19.51	CUK IIP
20	21600	10800	233280000	46656000000	0	CUK IIP
21	1219	60.95	75199	1485961	19.4	CUK IIP
22	11388	569.4	6544324	129686544	14.8	CUK IIP
23	3138	156.9	495580	9847044	10.49	CUK IIP
24	2814	140.7	399786	7918596	15.58	CUK IIP

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa data hasil pengukuran sebanyak 20 kali untuk tiap elemen kerja adalah cukup, ini berarti pengukuran yang harus dilakukan sebanyak kurang dari 20 kali atau tidak lebih dari 20 kali sebagaimana yang telah dilakukan. Sehingga data hasil pengukuran sebanyak 20 kali telah cukup untuk diolah lebih lanjut. Untuk melihat hasil dari uji kecukupan data melalui grafik, dapat dilihat pada Gambar 1. Dari grafik terlihat bahwa jumlah pengukuran yang seharusnya dilakukan untuk tiap elemen kerja berada dibawah 20 (dua puluh).

6. Pengukuran Waktu Normal dan Waktu Baku

Pengukuran waktu normal dan waktu baku untuk elemen kerja 1 dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Baku

No Proses	\bar{x}	Rating	Wn	Allowance	Wb
1	185.05	1.09	201.7	21%	255.32
2	102.5	1.10	112.75	21%	142.72
3	108.8	1.10	119.68	21%	151.49
4	63.6	1.15	73.14	21%	92.58
5	54.5	1.13	61.59	21%	77.96
6	197.85	1.12	221.59	21%	280.5
7	114.4	1.16	132.7	21%	167.98
8	203.75	1.23	250.61	21%	317.23
9	174.9	1.16	202.88	21%	256.82
10	107.9	1.13	121.93	21%	154.34
11	197.85	1.18	233.46	21%	295.52
12	68.45	1.10	75.3	21%	95.31
13	382.75	1.23	470.78	21%	595.93
14	509.1	1.23	626.19	21%	792.65
15	94.85	1.10	104.34	21%	132.07
16	85	1.18	100.3	21%	126.96
17	104.75	1.13	118.37	21%	149.83
18	568.75	1.13	642.69	21%	813.53
19	96	1.10	105.6	21%	133.67
20	10800	1.18	12744	21%	16131.65
21	60.95	1.10	67.05	21%	84.87
22	569.4	1.15	654.81	21%	828.87
23	156.9	1.15	180.44	21%	228.4
24	140.7	1.18	166.03	21%	210.16
Total					22516.35

Faktor	Allowance	
Tenaga yang Dikeluarkan	Sedang	12%
Sikap kerja	Berdiri di atas dua kaki	1%
Gerakan kerja	Normal	0%
Kelelahan mata	Pandangan yang terputus-putus	3%
Keadaan suhu tempat kerja	Normal	0%
Keadaan atmosfer	Baik	0%
Keadaan lingkungan yang baik	Bersih, sehat, dengan kebisingan rendah	0%
Delay Allowance		5%
Total		21%

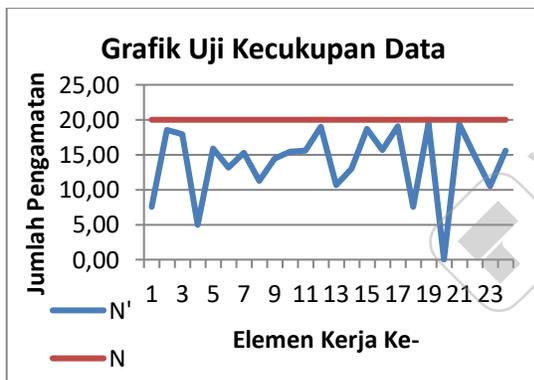
$$W_n = \bar{X} \times P = 188.6 \times 1.09 = 205.57$$

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

$$= 205.57 \times \frac{100\%}{100\% - 21\%}$$

$$= 260.22$$

Hasil perhitungan waktu normal dan waktu baku untuk tiap elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 4 diatas.



Gambar 1. Grafik Uji Kecukupan Data

7. Perhitungan Waktu Siklus

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari perusahaan, diketahui bahwa unit produksi I untuk shift I memiliki jam kerja efektif selama 7 (tujuh) jam dan memiliki target produksi sebanyak 15 (lima belas) tiang beton untuk diproduksi setiap harinya. Sehingga waktu siklus yang diperlukan adalah :

$$CT = \frac{P}{Q} = \frac{25200 \text{ detik}}{15} = 1680 \text{ detik}$$

8. Perhitungan Jumlah Stasiun Minimum

Berdasarkan formula (2.12) yang telah ditampilkan pada sub bab 2.6.1, maka diperoleh jumlah stasiun minimum sebanyak 13.4 stasiun \approx 14 stasiun, dari perhitungan sebagai berikut:

$$K_{min} = \frac{\sum OT}{CT} = \frac{22516.35}{1680}$$

$$= 13.4 \approx 14$$

9. Perhitungan Keseimbangan Lintasan (*Line Balancing*) Aktual Pada Unit Produksi I Shift I PT. Sumbetri Megah

Hasil perhitungan keseimbangan lintasan (*line balancing*) aktual pada Unit Produksi I Shift I PT. Sumbetri Megah dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Keseimbangan Lintasan (*Line Balancing*) Aktual Pada Unit Produksi I Shift I *Line Efficiency* :

$$LE = \frac{\sum ST}{K \times CT} \times 100\%$$

$$= \frac{22516.35}{18 \times 1680} \times 100\%$$

$$= 74.46\%$$

Idle Time :

$$IT = CT - \sum ST$$

$$= 30240 - 22516.35$$

$$= 7723.65 \text{ detik}$$

Balance Delay :

$$BD = 100\% - LE$$

$$= 100\% - 74.46\%$$

$$= 25.54\%$$

Smoothness Indeks :

$$SI = \sqrt{\frac{\sum (St_{max} - St_i)^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1647.61 - 549.54)^2 + (1647.61 - 1100.48)^2 + \dots + (1647.61 - 1444.88)^2}{18}}$$

$$= 2041.72$$

Pada Tabel 6 terlihat bahwa ada 18 stasiun kerja pada Unit Produksi I dengan efisiensi lintasan (*line efficiency*) 74.46% , waktu menganggur (*idle time*) 7723.65 detik, keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) 25.54%, dan indeks kelancaran (*smoothness index*) 2041.72. Hasil dari keempat performansi tersebut sudah cukup baik, hanya saja pada tiap-tiap stasiun kerja memiliki efisiensi stasiun kerja yang tidak seimbang terhadap efisiensi stasiun kerja yang lainnya. Seperti pada stasiun kerja 1 dan 3 yang hanya memiliki efisiensi stasiun kerja 32.71% dan 32.45%, sangat jauh di bawah efisiensi stasiun kerja yang lainnya. Begitu juga stasiun kerja 4 yang memiliki efisiensi stasiun kerja 98.07%, sangat tinggi dibandingkan efisiensi stasiun kerja lainnya. Hal ini akan menyebabkan menyebabkan indeks kelancaran (*smoothness index*) semakin tinggi, sehingga proses produksi di rantai produksi akan semakin tidak lancar. Karena jika efisiensi stasiun kerja antar stasiun kerja semakin tidak seimbang, maka indeks kelancaran (*smoothness index*) semakin tinggi, sebaliknya jika keseimbangan efisiensi stasiun kerja antar stasiun kerja semakin tinggi, maka indeks kelancaran (*smoothness index*) juga semakin rendah.

10. Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan (*Line Balancing*) dengan Menggunakan Metode *Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight)*

Perancangan sistem keseimbangan lintasan dengan metode *Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight)* diawali dengan cara memberikan bobot posisi pada tiap elemen kerja berdasarkan *precedence diagram*, kemudian mengurutkan bobot posisi pada tiap elemen kerja dimulai dari bobot posisi terbesar hingga bobot posisi terkecil.

Tabel 6. Perancangan sistem keseimbangan lintasan dengan metode *Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight)*

No Pro ses	Factors								Jumlah	Rating Performance
	Skill		Effort		Condition		Concistency			
1	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0	D	0.09	1.09
2	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.1	1.1
3	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.1	1.1
4	0.03	C2	0.05	C1	0.04	B	0.03	B	0.15	1.15
5	0.06	C1	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.13	1.13
6	0.03	C2	0.05	C1	0.04	B	0	D	0.12	1.12
7	0.06	C1	0.05	C1	0.04	B	0.01	C	0.16	1.16
8	0.08	B2	0.08	B2	0.04	B	0.03	B	0.23	1.23
9	0.06	C1	0.05	C1	0.04	B	0.01	C	0.16	1.16
10	0.06	C1	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.13	1.13
11	0.06	C1	0.05	C1	0.04	B	0.03	B	0.18	1.18
12	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.1	1.1
13	0.08	B2	0.08	B2	0.04	B	0.03	B	0.23	1.23
14	0.08	B2	0.08	B2	0.04	B	0.03	B	0.23	1.23
15	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.1	1.1
16	0.06	C1	0.05	C1	0.04	B	0.03	B	0.18	1.18
17	0.03	C2	0.05	C1	0.04	B	0.01	C	0.13	1.13
18	0.06	C1	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.13	1.13
19	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.1	1.1
20	0.08	B2	0.02	C2	0.04	B	0.04	A	0.18	1.18
21	0.03	C2	0.02	C2	0.04	B	0.01	C	0.1	1.1
22	0.06	C1	0.05	C1	0.04	B	0	D	0.15	1.15
23	0.06	C1	0.02	C2	0.04	B	0.03	B	0.15	1.15
24	0.06	C1	0.05	C1	0.04	B	0.03	B	0.18	1.18

Hasil perhitungan bobot posisi pada tiap elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 7. Perhitungan bobot posisi dilakukan dengan menjumlahkan waktu operasi suatu elemen kerja dengan waktu operasi elemen-elemen kerja setelahnya pada *precedence diagram*. Sebagai contoh elemen kerja 1, maka bobot posisinya adalah penjumlahan waktu operasi elemen

kerja 1 dengan elemen kerja 2, 3, 14 dan seterusnya hingga elemen kerja 24. Begitu juga dengan elemen kerja 2, 3, dan seterusnya hingga elemen kerja terakhir.

Tabel 7. Perhitungan Bobot Posisi Pada Tiap Elemen Kerja

No	Bobot	Waktu	No	Bobot	Waktu	No	Bobot	Waktu
4	21966.82	92.58	2	19926.87	142.72	20d	1748.39	1613.17
5	21874.23	77.96	3	19784.15	151.49	20e	1748.39	1613.17
6	21796.28	280.50	14	19632.66	792.65	20f	1748.39	1613.17
7	21515.78	167.98	15	18840.01	132.07	20g	1748.39	1613.17
8	21347.8	317.23	16	18707.94	126.96	20h	1748.39	1613.17
9	21030.57	256.82	17	18580.98	149.83	20i	1748.39	1613.17
10	20773.76	154.34	18	18431.14	813.53	20j	1748.39	1613.17
11	20619.42	295.52	19	17617.62	133.67	21	1352.3	84.87
12	20323.89	95.31	20a	1748.39	1613.17	22	1267.43	828.87
13	20228.58	595.93	20b	1748.39	1613.17	23	438.56	228.40
14	20182.19	255.32	20c	1748.39	1613.17	24	210.16	210.16

Setelah dilakukan pembobotan pada tiap elemen kerja, langkah selanjutnya adalah pengurutan yang dimulai dari elemen kerja dengan bobot paling besar ke paling kecil. Hasil pengurutan bobot pada tiap elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 8.

Langkah selanjutnya adalah pengalokasian elemen-elemen kerja ke dalam stasiun kerja dan melakukan perhitungan *line efficiency*, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index*.

Tabel 8. Pengurutan Bobot Pada Tiap Elemen Kerja

No	Bobot	No	Bobot	No	Bobot
1	20182.19	12	20323.89	20d	1748.39
2	19926.87	13	20228.58	20e	1748.39
3	19784.15	14	19632.66	20f	1748.39
4	21966.82	15	18840.01	20g	1748.39
5	21874.23	16	18707.94	20h	1748.39
6	21796.28	17	18580.98	20i	1748.39
7	21515.78	18	18431.14	20j	1748.39
8	21347.8	19	17617.62	21	1352.3
9	21030.57	20a	1748.39	22	1267.43
10	20773.76	20b	1748.39	23	438.56
11	20619.42	20c	1748.39	24	210.16

Alokasi elemen kerja dilakukan dengan memasukkan beberapa elemen-elemen kerja.

Tabel 9. Perbaikan dengan Metode *Helgeson-Birnie* (*Ranked Positional Weight*)

Iterasi 1						
Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Wb	ST	CT	CT - ST	Efisiensi stasiun
1	4	92.58	1642.92	1680	37.08	97.79%
	5	77.96				
	6	280.50				
	7	167.98				
	8	317.23				
	9	256.82				
	10	154.34				
2	11	295.52	1240.77	1680	439.23	73.86%
	12	95.31				
	13	595.93				
	1	255.32				
3	2	142.72	1201.51	1680	478.49	71.52%
	3	151.49				
	14	792.65				
	15	132.07				
4	16	126.96	947.20	1680	732.80	56.38%
	17	149.83				
5	18	813.53	1613.17	1680	66.84	96.02%
	19	133.67				
6	20a	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
7	20b	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
8	20c	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
9	20d	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
10	20e	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
11	20f	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
12	20g	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
13	20h	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
14	20i	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
15	20j	1613.17	1613.17	1680	66.84	96.02%
	21	84.87	1352.30	1680	327.70	80.49%
	22	828.87				
	23	228.40				
24	210.16					
Jumlah		22516.36	22516.36	25200	2683.64	
<i>Line Efficiency</i>		89.35%				
<i>Idle Time</i>		2683.64 detik				
<i>Balance Delay</i>		10.65%				
<i>Smoothness Index</i>		966.39				

Hasil perhitungan dari efisiensi lintasan (*line efficiency*), waktu menganggur (*idle time*), keseimbangan waktu senggang (*balance delay*), dan indeks kelancaran (*smoothness index*) pada metode

Helgeson-Birnie (*Ranked Positional Weight*) Iterasi 1 dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

Line Efficiency :

$$\begin{aligned} LE &= \frac{\sum ST}{K \times CT} \times 100 \% \\ &= \frac{22516.36}{15 \times 1680} \times 100 \% \\ &= 89.35 \% \end{aligned}$$

Idle Time :

$$\begin{aligned} IT &= CT - ST \\ &= 25200 - 22516.36 \\ &= 2683.64 \text{ detik} \end{aligned}$$

Balance Delay :

$$\begin{aligned} BD &= 100 \% - LE \\ &= 100 \% - 89.35 \% \\ &= 10.65 \% \end{aligned}$$

Smoothness Index :

$$\begin{aligned} SI &= \sqrt{\sum (ST_{\max} - ST_i)^2} \\ &= \sqrt{(1642.92 - 1642.92)^2 + (1642.92 - 1240.77)^2 + \dots + (1642.92 - 1352.3)^2} \\ &= 966.39 \end{aligned}$$

11. Pembahasan Hasil Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan dengan Metode *Helgeson-Birnie* (*Ranked Positional Weight*)

Hasil perancangan perbaikan pada tabel 10, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan untuk keempat performansi dengan efisiensi lintasan (*line efficiency*) 89.35%, waktu menganggur (*idle time*) 2683.64 detik, keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) 10.65%, dan indeks kelancaran (*smoothness index*) 966.39, dibandingkan dengan kondisi aktual dengan efisiensi lintasan (*line efficiency*) 74.46%, waktu menganggur (*idle time*) 7723.65 detik, keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) 25.54%, dan indeks kelancaran (*smoothness index*) 2041.71.

Tabel 10. Hasil Perancangan

<i>Helgeson-Birnie</i> (<i>Ranked Positional Weight</i>)					
Iterasi	<i>Line Efficiency</i>	<i>Idle Time</i>	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	Jumlah Stasiun
Aktual	74.46 %	7723.65 detik	25.54 %	2041.72	18 unit
Perbaikan	89.35 %	2683.64 detik	10.65 %	966.39	15 unit

Pada Tabel 10 terlihat bahwa dari hasil perancangan terjadi peningkatan *line efficiency*, penurunan *idle time*, penurunan *balance delay*, dan penurunan *smoothness index*. Berdasarkan perhitungan diatas terlihat terjadi peningkatan *line efficiency* dari 74,46 % menjadi 89,35 % yaitu sebesar 14,89 %.

12. Pembagian Stasiun Kerja Pada *Precedence Diagram* dan *Diagram Alir Metode Helgeson-Birnie (Ranked Positional weight)*

Setelah dilakukan pengalokasian elemen kerja ke dalam stasiun kerja hingga, maka pembagian stasiun kerja pada *precedence diagram*. Pembagian stasiun kerja pada *precedence diagram* berfungsi untuk melihat pembagian stasiun kerja secara fisis, membantu menstruktur *line assembling* dan stasiun kerja, mempermudah memvisualisasikan langkah-langkah tugas serta mempermudah pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya.

Tabel 11. Hasil Perancangan stasiun kerja secara fisis dengan *line assembling*

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Wb	ST	CT	CT – ST	Efisiensi Stasiun
1	1	255.3	549.54	1680	1130.46	32.71%
	2	142.7				
	3	151.4				
2	5	77.96	1100.48	1680	579.52	65.5%
	6	280.5				
	7	167.9				
	8	317.2				
3	9	256.8	545.17	1680	1134.83	32.45%
	10	154.3				
	11	295.5				
4	12	95.31	1647.61	1680	32.39	98.07%
	13	595.9				
	14	792.6				
	15	132.0				
5	16	126.9	1097.03	1680	582.97	65.3%
	17	149.8				
	18	813.5				
	19	133.6	1444.88	1680	235.12	86%
6	20a	1344.				
7	20b	1344.				
8	20c	1344.				
9	20d	1344.				
10	20e	1344.				
11	20f	1344.				
12	20g	1344.				
13	20h	1344.				
14	20i	1344.				
15	20j	1344.				
16	20k	1344.				
17	20l	1344.				
18	21	84.87				
	22	828.8				
	23	228.4				
	24	210.1				
	4	92.58				
Jumlah		22516	22516.35	3024	7723.65	
Line Efficiency		74.46	Balance Delay		25.54	
Idle Time		7723.	Smoothness		2041.72	

Sedangkan pembagian stasiun kerja pada diagram alir berfungsi untuk memberikan gambaran visual secara nyata dan jelas pembagian-pembagian stasiun kerja pada layout pabrik, dimana proses produksi berlangsung.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah terjadi peningkatan untuk keempat performansi dengan efisiensi lintasan (*line efficiency*) 89.35%, waktu menganggur (*idle time*) 2683.64 detik, keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) 10.65%, dan indeks kelancaran (*smoothness index*) 966.39. Terjadi peningkatan *line efficiency* dari 74,46 % menjadi 89,35 % yaitu sebesar 14,89 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada seluruh Akademisi Fakultas Teknik yang berkontribusi baik langsung maupun tidak langsung serta kepada sumber-sumber yang menjadi rujukan dalam publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, Ralph, M. (1980). *Motion And Time Study Design And Measurement of Work* 7nd edition. California: John Wilie & Son.
- Baroto, T. (2017). *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Gaspersz, Vincent. (2004). *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Groover, Mikell P. (1987). *Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing*. Prentice Hall.
- Heizer, J., Render, Barry. (2019). *Manajemen Operasi*. Salemba Empat: Jakarta
- Henry, R. E. (2011). *Analisa Peningkatan Kapasitas Produksi Pada Line Assembling Transmisi Pada PT. X Dengan Metode Line Balancing*. UI: Depok
- Khairunnisa, Fauziah. (2020). *Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Penerimaan Kas Pada Bengkel Intan Mulia Motor*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Kristanto, Andri. (2008). *Perancangan Sistem Informasi Dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Gava media.
- Nasution, Arman H. (2003). *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. Surabaya: Guna Widya.
- Ramadhan, Syahrul. (2012). *Analisis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini (Line Balancing) Pada Sistem Produksi Percetakan Harian Tribun Timur*. Makassar: Universitas Hasanuddin.

- Rochaety, Eti., Ridwan, Faizal., Setyowati, Tupi. (2013). *Sistem Informasi Manajemen*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Scholl, A., Boysen, N., Fliedner, M. (2018). *The sequence-dependent assembly line balancing problem*
- Sinulingga, Sukaria. (2011). *Metode Penelitian*. Medan: USU Press.
- Sutalaksana, Iftikar Z. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB.
- Wahyudi, Ihsan. (2018). *Analisis Keseimbangan Lintasan Produksi Menggunakan Metode Helgeson-Birnie (Ranked Positional Weight) dan Killbridge- Wester (Region Approach) Untuk Mengoptimalkan Harga Pokok Produk (Studi Kasus di PT. G-Hyun)*.
- Wignjosoebroto, S. (2018). *Perancangan Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: ITS.

