



PAPER – OPEN ACCESS

Keseimbangan Stasiun Kerja Produk Ragum Menggunakan Metode Line Balancing

Author : Susan Chyntia Sitorus dkk.,
DOI : 10.32734/ee.v3i2.1000
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 3 Issue 2 – 2020 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Keseimbangan Stasiun Kerja Produk Ragum Menggunakan Metode *Line Balancing*

Susan Chyntia Sitorus^a, Bayu Andra^b, Dinda Putri Namirach^c, Yudha Pratama^d, Sam Stevan Sinulingga^e.

^{a,b,c,d,e}Departemen Teknik Industri

Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Jl. Dr. T. Mansur No. 9, Padang Bulan, Medan, Sumatra Utara, Indonesia

^asusansitorus99@gmail.com, ^bbayuandra014@gmail.com, ^cdnamirach@gmail.com, ^dyudhapratama03061999@gmail.com, ^essamstevan@yahoo.com

Abstrak

Keseimbangan lintasan adalah cara suatu produksi yang digunakan untuk keseimbangan beban kerja dan waktu dalam jumlah suatu proses dengan menghubungkan pada suatu proses agar menghindari terjadinya kapasitas yang berlebih. Beban dan waktu kerja pada tiap rakitan hendaknya harus menyesuaikan dengan siklus waktu, lamanya proses produksi yang saling terhubung pada perusahaan yang terkait. Penerapan *Line Balancing* ini melibatkan beberapa cara adalah metode Constrain, Helgeson-Birnie dan Moodie Young. Hasil dari masing-masing metode kemudian dibandingkan untuk memberikan usulan perbaikan pada stasiun kerja, melalui perakitan ini praktikan dapat memahami cara menyeimbangkan lintasan perakitan dan dapat mengaplikasikannya dalam suatu industri. Kesimpulan yang didapat pada modul *Line Balancing* ini adalah jumlah *work center* pada perakitan Ragum dengan metode Helgeson dan Bernie adalah 4, dengan metode Moodie-Young adalah 4, dan dengan *software WinQSB* adalah 4. Pada metode ini, nilai *Balance Delay* dan *Smoothing Index* sebesar 5,08% dan 1.984,31. Pada metode Moodie-Young Fase 1, nilai *Balance Delay* dan *Smoothing Index* sebesar 8,63% dan 3.304 dan pada Fase 2 sebesar 6,12% dan 3.304. Sedangkan dengan menggunakan *software WinQSB* didapatkan *Balance Delay* dan *Smoothing Index* sebesar 8,47% dan 2.818,98. Perbaikan lintasan menggunakan metode Helgeson Birnie dikarenakan metode tersebut lebih baik dari metode yang lain yaitu dengan 4 *work center* dan *Smoothing Index* yang paling kecil.

Kata Kunci: Lintasan Perakitan, Diagram Precedence, Ragum

Abstract

Track balance is a method of production used to balance workload and time in the amount of a process with a relationship to a process to avoid excessive capacity. Workload and work time on each assembly must be in accordance with the time cycle, the production process that is interrelated to the company concerned. This division of labor is called production line balancing, Linear balancing or just line balancing. Line Balancing The application of this method uses the Constrain, Helgeson-Birnie and Moodie Young methods. The results of each method are then compared to provide improvements to the work station, through this evaluation praktikan can consider how to balance the inspection path and can apply it in an industry. The conclusion obtained in this Line Balancing module is the number of work centers in Ragum calculations with the Helgeson and Bernie method is 4, the Moodie-Young method is 4, and with the WinQSB software is 4. In the Helgeson and Bernie method, the value of Balance Delay and Smoothing The index was 5.08% and 1,984.31. In the Moodie-Young Phase 1 method, the Balance Delay and Smoothing Index values are 8.63% and 3.304 and in Phase 2 the rates are 6.12% and 3.304. Whereas by using WinQSB software, Balance Delay and Smoothing Index obtained are 8.47% and 2,818.98. Track improvement using the Helgeson method. Based on this method, it is better than other methods, with 4 work centers and the smallest Refining Index.

Keywords: *Line Balancing, Precedence Diagram, Vise.*

1. Pendahuluan

Line Balancing merupakan suatu analisis yang melakukan perhitungan keseimbangan dari rangkaian mesin dan alat berguna dalam pembuatan suatu produk. Lintasan Perakitan tersebut terbagi menjadi beberapa stasiun kerja yang biasanya dilakukan oleh orang dan beberapa operator dan mungkin dilakukan dengan memakai berbagai jenis alat [1]. Pada tujuan ini dilakukan penyusunan *Line Balancing* adalah suatu kegiatan yang diperoleh dengan alur yang mengambil utilitas yang tinggi sehingga diperoleh

keseimbangan beban kerja dengan menempatkan tiap dari stasiun kerja. Jika dalam melakukan pembuatan produk tidak dilakukannya keseimbangan.

Masalah pada lintasan produksi akan terlihat pada proses perakitan jika dibandingkan dengan proses pabrikasi. Dalam pabrikasi part-part biasanya membutuhkan mesin-mesin berat dengan waktu siklus yang panjang. Bila beberapa operasi dengan peralatan yang berbeda dibutuhkan dalam seri-seri, maka akan sangat sulit untuk menyeimbangkan panjangnya waktu siklus mesin, yang pada akhirnya akan menghasilkan rendahnya penggunaan kapasitas. Gerakan kontinu lebih dapat dicapai dengan operasi perakitan yang dilakukan secara manual jika operasi-operasi tersebut dapat dibagi-bagi menjadi pekerjaan-pekerjaan kecil dengan waktu yang sangat pendek. Semakin besar fleksibilitas dalam mengkombinasikan tugas-tugas tersebut, semakin tinggi pula derajat keseimbangan yang dapat dicapai. Hal ini membolehkan aliran yang mulus dengan menggunakan tenaga kerja peralatan yang tinggi.

Praktikum ini dilakukan pada modul *Line Balancing* yaitu penyeimbangan lintasan perakitan suatu produk Ragum yang digunakan beberapa metode *Line Balancing*. Penerapan lintasan perakitan terhadap proses perakitan ini melibatkan beberapa metode. Beberapa metode tersebut adalah Constrain, Helgeson-Birnie dan Moodie Young. Hasil dari masing-masing metode kemudian dibandingkan untuk memberikan usulan perbaikan pada stasiun kerja, melalui perakitan ini praktikan dapat memahami cara menyeimbangkan lintasan perakitan dan dapat mengaplikasikannya dalam suatu industri.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Pengertian, Tujuan Utama, dan Permasalahan dalam Line Balancing

Line Balancing merupakan suatu analisis yang melakukan perhitungan keseimbangan dari rangkaian mesin dan alat berguna dalam pembuatan suatu produk.. Lintasan Perakitan tersebut terbagi menjadi beberapa stasiun kerja yang biasanya dilakukan oleh orang dan beberapa operator dan mungkin dilakukan dengan memakai bermacam-macam alat.[1]

Tujuan utama dilakukan penyusunan *Line Balancing* adalah untuk memperoleh suatu arus produksi yang lancar dalam rangka memperoleh utilitas yang tinggi sehingga diperoleh keseimbangan beban kerja dengan menempatkan tiap dari stasiun kerja. Jika dalam melakukan pembuatan produk tidak dilakukannya keseimbangan, sehingga menimbulkan tidak efisiennya suatu kerja pada elemen kerja.

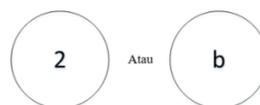
2.2. Istilah-Istilah Pada Line Balancing

Berikut merupakan pengertian dari istilah-istilah pada *Line Balancing*:

- *Precedence Diagram*

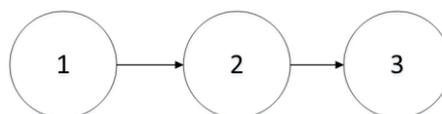
Precedence Diagram merupakan gambaran dari urutan operasi serta ketergantungan atau peta proses operasi pada posisi horizontal, tanda inspeksi dihilangkan dan atributnya dilepaskan kecuali atribut waktu dan tanda panah. [2] *Precedence diagram* memiliki dua simbol diantaranya adalah:

- Elemen Simbol, merupakan suatu gambar bulat yang memiliki huruf ataupun nomor yang memiliki elemen. Fungsi yang terdapat nomor/huruf berurutan adalah untuk menyatakan identifikasi.



Gambar 1. Simbol Pada Elemen

- Interaksi antara Simbol, terdapat anak sumbu garis yang digunakan agar menunjukkan interaksi anatara tanda yang satu dengan lain. Tanda sumbu garis haruslah diawali pada elemen kepaatanda tersebut.



Gambar 2 Interaksi antara simbol

- Waktu mengganggu adalah waktu nganggur dimana peralatan atau mesin tidak dapat digunakan. [3]
- *Balance Delay*
Balance Delay adalah keseimbangan waktu senggang yang digunakan untuk mengukur seberapa besar waktu mengganggu dalam suatu lintasan produksi. Tundaan keseimbangan (*balance delay*) atau idle time menggambarkan besarnya waktu mengganggu yang terjadi di salah satu atau beberapa stasiun kerja. [4]
- Efisiensi Stasiun Kerja
Efisiensi stasiun kerja adalah perbandingan waktu operasi (W_i) dengan waktu operasi stasiun kerja paling besar (W_s). [5] Efisiensi stasiun kerja juga dicapai dengan menentukan pembagian tugas pada masing-masing stasiun kerja berdasarkan daftar elemen kerja dan besarnya *cycle time* serta memperbaiki pembagian tugas. [6]
- *Line Efficiency*
Line Efficiency (LE) merupakan perbandingan pada total waktu stasiun kerja terhadap waktu siklus (*cycle time*) dikalikan dengan jumlah stasiun kerja (*work station*). [7]
- *Work Station*
Work station ialah suatu tempat yang digunakan untuk mengerjakan sebuah perakitan. *Workstation* adalah tempat stasiun kerja dalam melakukan proses perakitan. [8]
- Smoothness Index (SI)
Smoothness index adalah strategi yang digunakan untuk ukur waktu menunggu pada lini rakitan [9]. Semakin mendekati nol nilai *smoothing index* suatu nilai, maka semakin seimbang suatu lini.

2.3. Zoning Constraint dalam Line Balancing

Selain *precedence constraint*, pembagian dari bagian-bagian stasiun juga dijaga daerah *constraint*. *Zoning constraint* yang mengharuskan dikelompokkan beberapa bagian tertentu saja terhadap stasiun tertentu. *Zoning constraint* yang negatif menghalangi pengelompokan elemen kerja pada stasiun yang sama. \ Dapat disimpulkan bahwa *zoning constraint* adalah pembatas yang membatasi dikelompokkan antara elemen kerja yang satu dengan elemen kerja yang lain, dimana *zoning constraint* terdiri dari *zoning constraint* positif yang dimana mendukung dikelompokkannya bagian pada satu stasiun yang sama dan berbanding terbalik dengan *zoning constraint* negatif dimana tidak mendukung terjadinya pengelompokan elemen pada sama [1] Dua jenis kendala ini, yaitu zonasi positif dan zonasi negatif. Zonasi positif berarti beberapa tugas harus dilakukan ditugaskan ke stasiun yang sama sementara zonasi negatif menunjukkan bahwa beberapa tugas harus ditugaskan ke stasiun yang berbeda karena keselamatan, keterampilan dan peralatan. [10]

2.4. Pembagian Metode atau Teknik dalam Line Balancing

- Pendekatan Analitis
Penyeimbangan lintasan perakitan dapat dibagi menjadi dua yaitu :
 - Metode 0-1 (*zero-one*)
Model ini pada awalnya dikenalkan oleh Patterson dan Albracht guna dapat membentuk rumus yang baik bagi problem penyeimbang lintasan.
 - Metode *Helgeson & Birnie*
Metode ini biasa disebut dengan *ranked positional weight system* atau sistem RPW, yang harus dilakukan yaitu dengan dibuany diagram *precedence* atau matriks *precedence*, lalu kita menghitung bobot positional.
- Pendekatan *Heuristik*
Penyeimbangan lintasan perakitan dengan pendekatan heuristik terbagi atas:
 - Metode Kilbridge and Wester (*Region Approach*)
Dalam metode ini diagram *precedence* dengan element-elementnya dikelompokkan dalam sejumlah kolom. Semua element yang tergabung dalam sebuah kolom independent karenanya dapat dipermutasikan diantara mereka dalam berbagai cara tanpa melanggar kaidah *precedence*. Elemen-elemen juga bisa di transferkan dari kolom satu ke kolom lain dikanannya tanpa mengubah *precedence* dengan menjaga permutabilitas dalam kolom yang baru.
 - Metode Integer (Berdasarkan Formulasi *Problem Line Balancing-U*)
Perakitan terdiri rangkaian stasiun kerja kumpulan dari tugas yang dinyatakan berdasarkan rangkaian tugas-tugas. Masalah dalam pemilihan dan pengelompokan subjek pada rangkaian ini terdiri atas rangkaian stasiun kerja yang diberikan berdasarkan langkah-langkah produksi atau pemaksimalan rata-rata produksi diberikan berdasarkan jumlah stasiun kerja yang biasanya dalam lintasan perakitan.

2.5. Rating Factor dan Allowance

Rating Factor (faktor penyesuaian) adalah rasio antara faktor performansi seorang pekerja dengan faktor kecapata seorang pekerja. Berikut ini ada cara lain cara lainnya yaitu :

- Dengan Penjelasan
Dengan cara ini, diharapkan mampu menyesuaikan sepenuhnya dengan menentukan oleh alat ukur si pengukur.
- Dengan Shumard
Cara Shumard ini memberitahu pemahaman nilai dari kerja. .
Allowance (Kelonggaran) adalah sejumlah waktu yang ditambahkan dalam waktu normal untuk memenuhi kebutuhan pribadi, waktu-waktu tunggu uang tak dapat dihindari dan kelelahan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

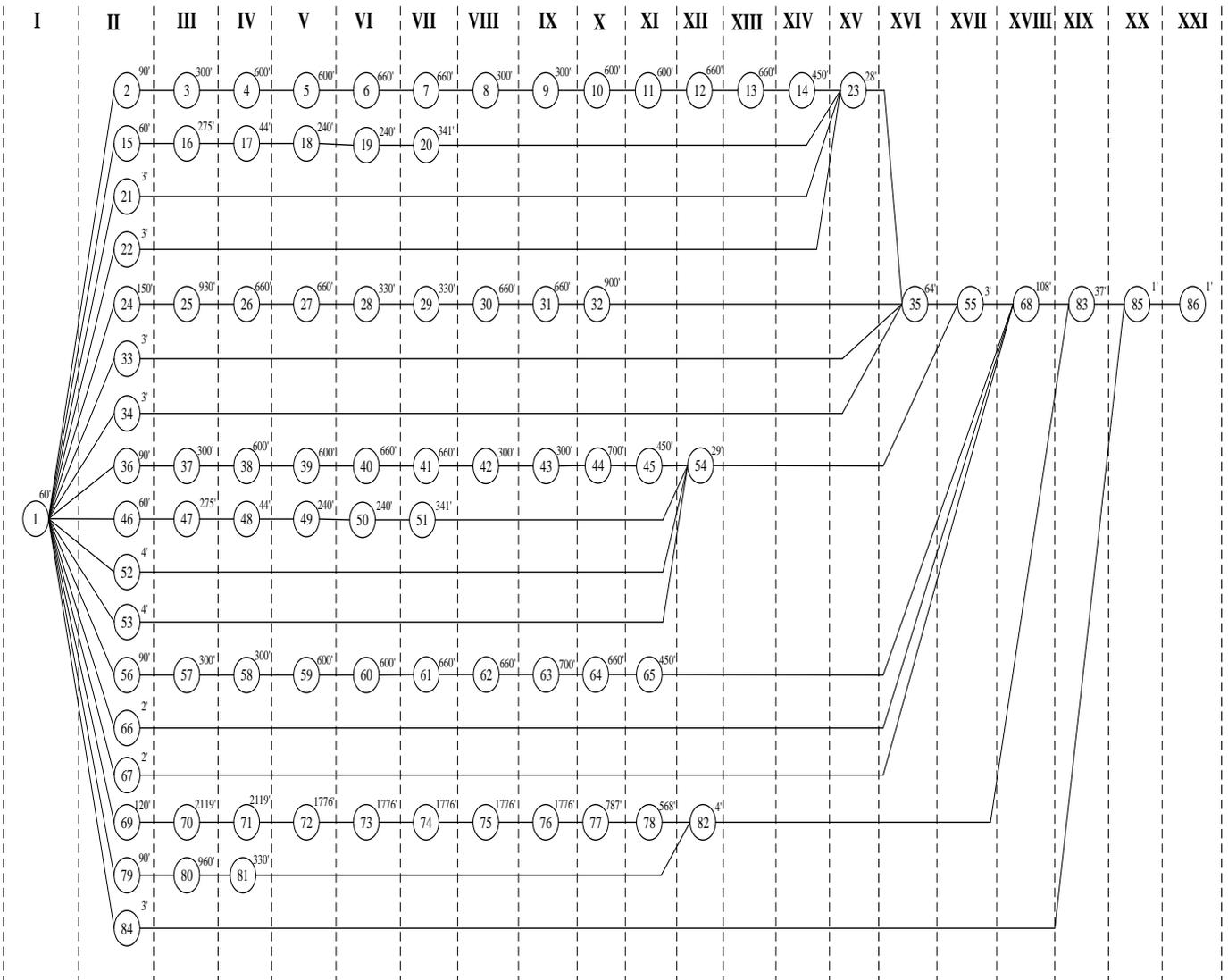
Adapun input pada pengolahan data ini adalah:

- Data peramalan jumlah penjualan ragam pada tahun 2020
- Data waktu elemen kerja
- Data *rating factor*
- Data *allowance*
- Data waktu baku
- Diagram *precedence*
Diagram *Precedence* yang menggambarkan lintasan produksi dari perakitan Ragum mulai dari persiapan hingga akhir terdiri dari 66 elemen pekerjaan dengan waktu penyelesaian 503237 detik berdasarkan waktu baku dari simulasi.

3.1.1. Proses

Berikut ini proses yang dilakukan yaitu :

- Penentuan Waktu Siklus *Work center*
Pada penentuan waktu siklus dicapai dari jumlah ramalan kausal produk Ragum tahun 2020 yaitu 199.928 unit. Diasumsikan target jumlah produk yang diproduksi pada tahun 2020 adalah 1% sehingga total produksi adalah $199.928 \times 1\% = 1.999,28$ unit ≈ 2000 unit. Hari kerja pada tahun 2020 adalah 297 hari dengan 8 jam kerja/ hari dan 2 *shift*/hari. Total produksi Ragum per jam adalah 0,4209 unit / jam. Total produksi ragam adalah 0,4209 unit/ jam dengan asumsi efisiensi produksi adalah 100% maka waktu siklus produksi Ragum yang diinginkan adalah 8.554 detik/unit. *Precedence* lintasan produksi perakitan Ragum ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Precedence Ragum

- **Penentuan Jumlah Stasiun Kerja Minimum**
 Perhitungan dengan menggunakan metode perkiraan dari jumlah suatu stasiun adalah
 Jumlah Waktu Produksi = 30.924 detik
 Jumlah Stasiun Kerja Minimum = $30.924 / 8.554 = 3,615 \approx 4$ stasiun
 Jumlah stasiun kerja minimum berdasarkan hasil perhitungan adalah 4 stasiun kerja.
- **Menentukan Work Center Secara Manual**
 Dilakukan cara manual dapat dilakukan dalam beberapa cara. Metode-metode penyeimbangan lintasan pada modul ini dibatasi dengan metode *Helgeson & Birnie* dan metode *Moodie-Young*.
- **Zoning Constraint**
 Pengelompokan didasarkan pada elemen kerja sejenis yang mempunyai sifat operasi yang sama. Contohnya elemen kerja penyolderan dikelompokkan pada stasiun kerja yang sama karena menggunakan peralatan yang sama.

Tabel 1. Zoning Constrain

Elemen Kerja sebagai 1 Kelompok	Keterangan
21,31,48,49,60,74,75,76,	Karena merupakan elemen perakitan
14,20,23,41,47,59,70,73	Karena merupakan elemen penghalusan
15,22,32,42,50,61,71	Karena merupakan elemen pengukuran
3,8,9,16,17,26,27,33,38,39,43,44,51,52,	Karena merupakan elemen pengurangan
4,5,10,11,18,19,24,25,28,29,30,34,33,40,45,46,53,54,57,69	Karena merupakan elemen pembuatan lubang

Dapat dilihat pada tabel 1. bahwa elemen kerja dibagi dalam enam kelompok berdasarkan kesamaan kegiatan, yaitu elemen kerja perakitan, elemen kerja penghalusan, elemen kerja pengukuran dan elemen kerja pengurangan, elemen kerja pembuatan lubang dan elemen kerja pembuatan ulir.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Metode Helgeson & Birnie

Dari data pembentukan stasiun dengan metode *Helgeson & Birnie*, maka dapat dihitung *Balance Delay*, dengan rumus:

- *Balance delay*

Dimana,

D = *Balance Delay*

Sm = Waktu paling maksimum dalam lintasan

n = Jumlah stasiun kerja

Si = Waktu masing-masing stasiun

$$D = \frac{n \cdot S_m - \sum Si}{n \cdot S_m} \quad (1)$$

$$D = \frac{4 \times 8142 - (8142 + 8071 + 7912 + 6787)}{4 \times 8142} = 0,0508 \times 100\% = 5,08\%$$

- Efisiensi

Dimana,

n = Jumlah stasiun kerja

Si = Waktu masing-masing stasiun

C = Waktu Siklus

$$\text{Efisiensi} = \frac{\sum_{i=1}^n Si}{n \cdot C} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{(8142 + 8071 + 7912 + 6787)}{4 \times 8142} \times 100\% = 94,92\%$$

- *Smoothing Index (SI)*

Dimana,

n = Jumlah stasiun kerja

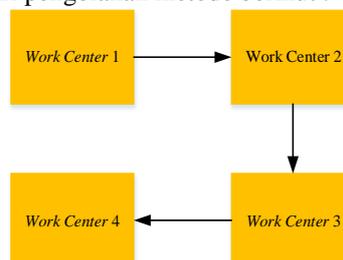
Si = Waktu masing-masing stasiun

C = Waktu Siklus

$$\text{Smoothing Index} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C - Si)^2} \quad (3)$$

$$\text{Smoothing Index} = \sqrt{(169744)^2 + (233289)^2 + (412164)^2 + (3122289)^2} = 1984,3100$$

Pada gambar dibawah ini terdapat hasil dari pengolahan metode berikut .



Gambar 2. Tiap stasiun suatu kerja

Semua elemen kerja pada metode *Helgeson* dan *Birnie* dibagi ke dalam stasiun kerja dengan prinsip pembagian berdasarkan hubungan yang dapat dilihat dari besar bobot dengan nilai -1, 0, dan +1, kemudian dihitung nilai bobot setiap elemen kerja. Bobot elemen kerja tersebut diurutkan berdasarkan yang terbesar hingga terkecil. Adapun *Work Center* yang terbentuk pada metode ini adalah sebanyak 6 *work center* dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini

Tabel 2. Tabel Waktu *Work Center* pada Metode *Helgeson* dan *Birnie*

Metode	Work Center	Waktu Kerja (detik)
	I	8.142
<i>Helgeson</i> dan	II	8.071
<i>Birnie</i>	III	7.912
	IV	6.787

Waktu kerja terbesar terdapat pada *workcenter* I dengan waktu kerja 8.142 detik. Waktu kerja terkecil terdapat pada *workcenter* IV dengan waktu kerja 6.787 detik. Berikut adalah tabel hasil metode *Helgeson* dan *Birnie* untuk masing-masing parameter yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Metode *Helgeson* dan *Birnie*

Metode	Balance Delay	Efisiensi	Waktu kosong	Smoothness Index
<i>Helgeson</i> dan <i>Birnie</i>	5,08%	94,92%	5,08%	1.984,31

Dari tabel dapat diketahui nilai *balance delay* 5,08%, efisiensi 94,92% waktu kosong 5,08 %, dan *smoothing index* 1.984,31.

3.2.2. Metode *Moodie-Young*

Metode ini terdapat fase 1 dan fase 2 untuk mendapatkan *smoothing index* yang lebih baik. Didapat nilai goal sebesar 4.

Tabel 4. Hasil Metode *Moodie-Young*

Metode	Balance Delay	Efisiensi	Waktu kosong	Smoothness Index
<i>Moodie Young</i>	6,12%	90,34%	9,66%	3.304

Dari tabel dapat diketahui nilai *balance delay* 6,12%, efisiensi 90,34% waktu kosong 9,66%, dan *smoothing index* 3.304.

3.2.3. Menentukan *Work Center* dengan *Software*

Nilai *Balance Delay* yang diperoleh dari penentuan *work center* dengan menggunakan *software* WinQSB adalah sebesar 12,95%. Terdapat perbedaan antara perhitungan secara manual dan dengan cara menggunakan *software*. Disebabkan karena perbedaan yang signifikan antar waktu pada setiap *work center* yang terdapat dalam perhitungan dengan menggunakan *software* dan aturan pembagian *task* ke tiap *work center* dengan cara mengurutkan waktu elemen kerja terbesar hingga terkecil tanpa memperhatikan *region*. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan *Software* WinQSB dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil dengan Menggunakan *Software* WinQSB

Metode	Balance Delay	Efisiensi	Waktu kosong	Smoothness Index
<i>Software</i> WinQSB	8,47%	91,48%	8,52%	2.818,98

Dari tabel dapat diketahui nilai *balance delay* 8,47%, efisiensi 91,48%, waktu kosong 8,52%, dan *smoothing index* 2.818,98.

3.2.4. Pendekatan untuk Memperbaiki *Line Balancing*

Metode *Helgeson Birnie* yang dipilih dalam penggunaan perbaikan *line balancing* adalah metode stasiun kerja dengan metode *Helgeson Birnie* dipilih karena memiliki *smoothing index* terkecil. Parameter performansi keseimbangan lintasan dengan metode pendekatan untuk memperbaiki *line balancing* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil dengan Pendekatan untuk Memperbaiki *Line Balancing*

Metode	Balance Delay	Efisiensi	Waktu kosong	Smoothness Index
<i>Moodie-Young</i>	5,08%	94,92%	5,08%	1.984,31

Dari tabel dapat diketahui nilai *balance delay* 5,08%, efisiensi 94,92%, waktu kosong 5,08%, dan *smoothing index* 1.984,31.

3.2.5. Penyusunan Data Rute Operasi

Setiap elemen kerja dibagi menurut komponen yang dirakit pada struktur produk yang terdiri dari nomor operasi, *work center*, *setup time* dan waktu operasi pada tiap-tiap elemen kerja. Adapun komponen-komponen yang terdapat dalam data rute operasi yaitu FP, A-1, A-3, B-1, B-2, B-4, B-5, C-1, C-2, C-4, C-5, C-7, C-8, C-9, D-1, D-2.

3.3. Output

Output yang diperoleh dari penelitian ini adalah bertambahnya *work center* dan pengalokasian elemen kegiatan agar terjadi optimalisasi pada masing-masing *work center*.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan modul praktikum *Line Balancing* adalah berikut:

- *Precedence Diagram* Ragum dibagi dalam 20 daerah berdasarkan cara ialah s sebanyak 76 elemen kerja.
- Waktu siklus yang digunakan pada perakitan Ragum dengan target pasar 1% adalah sebesar 8.554 detik dengan jumlah 4 *work center*.
- Jumlah *work center* pada perakitan Ragum dengan metode Helgeson dan Bernie adalah 4, dengan metode Moodie-Young adalah 4, dan dengan *software WinQSB* adalah 4.
- Pada metode *Helgeson & Birnie*, nilai *Balance Delay* dan *Smoothing Index* sebesar 5,08% dan 1.984,31. Pada metode Moodie-Young Fase 1, nilai *Balance Delay* dan *Smoothing Index* sebesar 8,63% dan 3.304 dan pada Fase 2 sebesar 6,12% dan 3.304. Sedangkan dengan menggunakan *software WinQSB* didapatkan *Balance Delay* dan *Smoothing Index* sebesar 8,47% dan 2.818,98.
- Perbaikan lintasan menggunakan metode Helgeson Birnie dikarenakan metode tersebut lebih baik dari metode yang lain yaitu dengan 4 *work center* dan *Smoothing Index* yang paling kecil.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh Asisten Laboratorium Sistem Produksi yang telah menjadi penyedia data pada penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana hingga selesai. Dan ucapan terima kasih dan rasa hormat saya kepada ibu Ir. Rosnani Ginting, MT, P.hD yang telah membimbing peneliti hingga penelitian ini selesai.

Referensi

- [1] Ginting, Rosnani. (2014). *Sistem Pendukung Keputusan*. Medan: USU Press
- [2] Herdiani, Leni dan Rico Syafarudin Nurcahyo. (2018). "Line Balancing Demi Tercapainya Efisiensi Kerja Optimal Pada Stasiun Kerja". *Jurnal Tiarsie*, **15** (2), 49-54
- [3] Siska, M. dan Suryanata, R. (2012). "Analisis Keseimbangan Lintasan pada Lantai Produksi CV. Bobo Bakery". *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri*
- [4] Panudju, A. T., Panulisan, B. S. dan Fajriati, E. (2018). "Analisis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini (Line Balancing) Dengan Metode Ranked Position Weight (RPW) Pada Sistem Produksi Penyamakan Kulit Di PT. Tong Hong Tannery Indonesia Serang Banten". *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, **5** (2), 69-80
- [5] Fudianto, D. dan Munir, M. (2017). Rancangan Keseimbangan Lintasan Stasiun Kerja Guna Meningkatkan Efisiensi Waktu Siklus Operasi Produk Es Balok (Studi Kasus: Perusahaan Es Balok, PT. X Pandaan Pasuruan). *JKIE (Journal Knowledge Industrial Engineering)*, **4** (3)
- [6] Prabowo, Rony. (2016). "Penerapan Konsep Line Balancing Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja Pada PT. HM. Sampoerna Tbk". *Jurnal IPTEK*, **20** (2), 9-20
- [7] Azwir, H. H. dan 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
- [8] Putri, L. S. C., dkk. (2018). "Rancangan Line Balancing untuk Meminimasi Waste Waiting pada Proses Produksi Modul Surya 260WP PT XYZ dengan Pendekatan Lean Manufacturing". *eProceedings of Engineering*, **5** (2)
- [9] Rochman, D. D. dan Caparina, W. R. (2017). "Analisis Line Balancing Pada Lini Perakitan Handle Switch di PT. X". *Seminar Nasional Akuntansi dan Bisnis (SNAB)*
- [10] Li, Dashuang, dkk. 2016. "A Multi-Objective TLBO Algorithm for Balancing Two-Sided Assembly Line with Multiple Constraints". *Journal of Intelligent Manufacturing*, **27** (4), 725-739