

**PENERAPAN METODE HEURISTIK *LINE BALANCING*
UNTUK PENENTUAN KESEIMBANGAN LINTASAN OPTIMAL
PADA PRODUKSI SAMPEL SEPATU DI PT.PBI**

**Hasil Pemikiran Yang Tidak Dipublikasikan (Tersimpan dalam Perpustakaan Kampus)
Untuk Keperluan Kelengkapan Unsur Pelaksanaan Penelitian
Pada Laporan Beban Kinerja Dosen Semester Genap 2018/2019**



TIM PENGUSUL

TAUFIQUR RACHMAN, ST, MT (0315077803)

CRYSTAL AVIANTARI SANTOSO (201421078)

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

JAKARTA

2019

RINGKASAN

PENERAPAN METODE HEURISTIK *LINE BALANCING* UNTUK PENENTUAN KESEIMBANGAN LINTASAN OPTIMAL PADA PRODUKSI SAMPEL SEPATU DI PT.PBI

Taufiqur Rachman, Crystal Aviantari Santoso
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Esa Unggul, Jakarta

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan keseimbangan lintasan optimal dengan menggunakan metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW), Metode *Largest Candidate Rule*, dan Metode J-Wagon, dengan objek penelitian pada proses pembuatan model sepatu SSOW di PT.PBI, agar menghasilkan hasil yang optimal sehingga dapat mencapai sasaran secara tepat waktu, tepat jumlah, tepat mutu dengan biaya yang lebih efisien.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode heuristik *line balancing*. Metode ini menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Metode heuristik yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: Metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW), Metode *Largest Candidate Rule* dan Metode J-Wagon. Model heuristik tidak menjamin hasil optimal, tetapi model ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relatif lebih baik dengan mengacu pada pembatas-pembatas tertentu.

Penelitian ini bermanfaat sebagai masukan-masukan untuk perbaikan untuk meningkatkan produktivitas di PT.PBI dengan melakukan perubahan untuk perbaikan lintasan, karena dalam penelitian ini akan membandingkan beberapa metode yang terdapat dalam metode heuristik keseimbangan lintasan.

Target luaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah penentuan metode *line balancing* yang optimal berdasarkan nilai peningkatan nilai efisiensi lintasan dan pengurangan waktu menganggur.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa ketiga metode heuristik yang digunakan menghasilkan keluaran potensial yang sama-sama optimal yaitu efisiensi lini sebesar 85.50%, *balanced delay* sebesar 14.5%, dan total waktu menganggur sebesar 292.413 detik dengan jumlah stasiun kerja sebesar 7 stasiun kerja.

Dengan menggunakan metode heuristik keseimbangan lintasan, terjadi peningkatan efisiensi sebesar 69.33%, dan penurunan *balance delay* sebesar 69.33%, serta pengurangan total waktu menganggur sebesar 8640 detik.

Kata Kunci: *Bottleneck*, Keseimbangan Lintasan, Metode Heuristik, Metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW), Metode *Largest Candidate Rule*, Metode J-Wagon

SUMMARY

APPLICATION OF HEURISTIC LINE BALANCING METHOD FOR DETERMINING THE OPTIMAL LINE BALANCING IN THE PRODUCTION SHOES SAMPLE IN PT.PBI

Taufiqur Rachman, Crystal Aviantari Santoso
Industrial Engineering Departement, Faculty of Engineering, Esa Unggul University

This research aims to determine the optimal line balance using the Helgesson-Birnie/Ranked Positional Weight (RPW) method, the Largest Candidate Rule Method, and the J-Wagon Method, with research objects in the process of making SSOW shoes models in PT.PBI, in order to produce results optimal so that it can reach the target in a timely, right amount, right quality at a more efficient cost.

The method that will be used in this research is the line balancing heuristic method. This method uses logical rules in solving problems. The heuristic method used in this study, namely: Helgesson-Birnie/Ranked Positional Weight (RPW) Method, Largest Candidate Rule Method and J-Wagon Method. The heuristic model does not guarantee optimal results, but this model is designed to produce relatively better strategies with reference to certain constraints.

This research is useful as inputs for improvement to increase productivity in PT.PBI by making changes to improve track, because in this study will compare several methods contained in the line balance heuristic method.

Target outcomes to be achieved in this research are the determination of the optimal line balancing method based on the value of increasing the efficiency of the track and reducing idle time.

From this research it can be know that the three heuristic methods are used, produce equally optimal potential outputs, namely line efficiency of 85.50%, balanced delay of 14.5%, and total idle time of 292,413 seconds with the number of work stations of 7 work stations.

By using the heuristic methods of line balancing, there was an increase in efficiency is 69.33%, and a decrease in balance delay by 69.33%, and a reduction in total idle time by 8640 seconds.

Keywords: Bottleneck, Line Balancing, Heuristic Method, Helgesson-Birnie/Ranked Positional Weight (RPW) Method, Largest Candidate Rule Method, J-Wagon Method

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Segenap pimpinan dan rekan-rekan karyawan Universitas Esa Unggul yang telah memberikan bantuan dan informasi dalam usaha penulis untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
2. Semua anggota keluarga tercinta atas segala doa, motivasi, dukungan serta bantuan dalam penyusunan penelitian ini.
3. Ibu Dr. Nofi Erni sebagai Dekan Fakultas Teknik, Ibu Dr. Iphov Kumala Sriwana sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri dan segenap dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Esa Unggul yang telah membantu penulis selama masa penelitian.
4. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses pembuatan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tentunya memiliki kekurangan, oleh karenanya penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Jakarta, 30 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	2
<i>SUMMARY</i>	3
KATA PENGANTAR	4
DAFTAR ISI	5
BAB I. PENDAHULUAN	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9
BAB III. METODE PENELITIAN	23
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam suatu perusahaan yang memproduksi secara massal, perencanaan produksi memegang peranan yang penting dalam membuat penjadwalan produksi. Pengaturan operasi-operasi atau tugas-tugas yang harus dilakukan menjadi acuan pekerjaan yang melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit. Jika pengaturan dan perencanaannya tidak tepat, maka setiap stasiun kerja dilintas perakitan mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Hal ini akan mengakibatkan lintas perakitan tersebut tidak efisien karena tidak berimbangya kecepatan produksi yang terjadi di antara stasiun kerja secara optimal dan tepat waktu. Permintaan sampel sepatu yang terus menerus setiap periodenya tidak sebanding dengan jumlah pekerja dan mesin pada area sampel room yang tidak terlalu banyak. Oleh sebab itu, PT.PBI merencanakan untuk melakukan perbaikan dengan membagi area *sampel room* menjadi beberapa lini, dimana masing-masing lini mempunyai tingkat efisiensi yang optimal dan mencari sistem yang lebih baik dengan pembagian beban kerja yang seimbang.

Salah satu produk sampel yang di produksi adalah sepatu kategori *original* model SSOW. Ketidakseimbangan pembagian beban kerja dalam kegiatan produksi di lantai produksi sampel sepatu ini dapat dilihat dari adanya *bottleneck* pada proses jahit komponen *quarter stretch* ke *upper* dan proses pendinginan sepatu menggunakan mesin *Chiller* yang membuat proses-proses yang berjalan setelahnya menganggur untuk beberapa saat.

PT.PBI merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi *sportwear* alas kaki atau sepatu. Dalam pemasarannya PT.PBI membagi produknya dalam beberapa segmentasi pasar sesuai jenis dalam kategori sepatu. Salah satu model sepatu untuk kategori *original* yaitu model SSOW, dimana pada produksi pembuatan sampel sepatu model SSOW ini terdiri dari 37 proses kerja. Pengukuran terhadap waktu proses dan masing-masing proses perlu dilakukan sehingga kita bisa menghitung kapasitas produksi sampel sepatu tersebut. Karena saat ini penentuan kapasitas hanya berdasarkan dari penetapan standar hasil dalam satu proses, belum menghitung secara akurat waktu proses dari masing-masing proses produksi. Pada proses produksi sampel sepatu model SSOW ini ditentukan target produksi sampel sepatu sebanyak 100 pasang sepatu dalam 1 hari. Kapasitas tersebut berpengaruh pada proses pembuatan sampel sepatu, dimana untuk sebagian proses kapasitas tersebut terlalu banyak dan tidak bisa dipenuhi.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada proses produksi sampel sepatu kategori original model SSOW di PT.PBI, belum berjalan dengan baik sehingga mengakibatkan lintasan menjadi tidak seimbang. Ketidakseimbangan lintasan dalam kegiatan produksi di lantai produksi sampel sepatu dapat dilihat dari menganggurnya beberapa stasiun kerja, sedangkan distasiun kerja lainnya tetap bekerja secara penuh. Hal ini disebabkan oleh penentuan waktu kerja dan jumlah operator yang digunakan sehingga hasil produksi yang di hasilkan kurang optimal.

Output produksi yang kurang optimal mengakibatkan keterlambatan pengiriman sampel sepatu SSOW ke distributor-distributor. Perusahaan memiliki kebijakan bahwa sampel sepatu yang berkualitas adalah prioritas utama. Penanganan sementara untuk menaggulangi kekurangan pengiriman adalah dengan memberlakukan *overtime*.

Keseimbangan lini merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun kerja-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut. Stasiun kerja tersebut memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dan stasiun kerja. Fungsi dari keseimbangan lini adalah membuat suatu lintasan yang seimbang. Tujuan pokok dari penyeimbangan lintasan adalah mengetahui kapasitas masing-masing proses secara benar, kemudian bisa meminimumkan penumpukan produk pada stasiun kerja serta mengetahui jumlah stasiun kerja yang paling efektif. (Rachman, 2015)

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat diketahui masalah dari penelitian ini adalah bagaimana cara mengoptimalkan setiap proses kerja yang ada dengan membandingkan metode keseimbangan lintasan agar dapat menghasilkan *output* yang maksimal, sehingga dapat meningkatkan efisiensi lintasan di lini produksi sampel sepatu SSOW pada PT.PBI.

1.3. Pembatasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan penelitian, antara lain:

- 1) Metode heuristik yang digunakan untuk penghitungan keseimbangan lintasan lini produksi adalah metode Helgeson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW), metode *Largest Candidate Rule*, dan metode J-Wagon.
- 2) Tenaga kerja mempunyai tingkat keterampilan, kondisi kerja serta konsistensi yang sama.

- 3) Mesin pada masing-masing proses kerja dianggap selalu dalam kondisi prima sehingga tidak terdapat *breakdown*.
- 4) Analisa keseimbangan lintasan lini dilakukan khusus hanya di proses produksi sampel sepatu model SSOW.
- 5) Penelitian lintasan produksi sampel dibatasi hanya mengambil aspek rancangan alur proses produksi, tidak mengubah tata letak dan fasilitas pabrik.
- 6) Parameter yang menjadi ukuran performansi adalah jumlah stasiun kerja, efisiensi lini, *balance delay*, total waktu menganggur dan *smoothness index*.
- 7) Asumsi-asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:
 - a. Tidak terjadi kerusakan mesin/peralatan dan *material handling*.
 - b. Tidak terdapat masalah dalam proses *supply material*.

1.4. Tujuan Penelitian

Dikarenakan terdapat banyak pilihan metode untuk memperbaiki keseimbangan lintasan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode heuristik keseimbangan lintasan yang optimal diantara metode *Helgesson-Birnie*, metode *Largest Candidate Rule* dan metode *J-Wagon*. Selain itu, penelitian ini juga bermanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perubahan untuk perbaikan lintasan. Target luaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah penentuan metode keseimbangan lintasan yang optimal berdasarkan nilai peningkatan nilai efisiensi lintasan, pengurangan waktu menganggur, dan indeks kelancaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lini Produksi

Lini produksi adalah penempatan area-area kerja dimana operasi-operasi diatur secara berturut-turut dan material bergerak secara kontinu melalui operasi yang terangkai seimbang. Menurut karakteristiknya proses produksinya, lini produksi dibagi menjadi dua, antara lain: (Baroto, 2002)

- 1) Lini fabrikasi, merupakan lintasan produksi yang terdiri atas sejumlah operasi pekerjaan yang bersifat membentuk atau mengubah bentuk benda kerja
- 2) Lini perakitan, merupakan lintasan produksi yang terdiri atas sejumlah operasi perakitan yang dikerjakan pada beberapa stasiun kerja dan digabungkan menjadi benda *assembly* atau *subassembly*.

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari perencanaan lini produksi yang baik sebagai berikut:

- 1) Jarak perpindahan material yang minim diperoleh dengan mengatur susunan dan tempat kerja.
- 2) Aliran benda kerja (material), mencakup gerakan dari benda kerja yang kontinu. Alirannya diukur dengan kecepatan produksi dan bukan oleh jumlah spesifik.
- 3) Pembagian tugas terbagi secara merata yang disesuaikan dengan keahlian masing-masing pekerjaan sehingga pemanfaatan tenaga kerja lebih efisiensi.
- 4) Pengerjaan operasi yang serentak yaitu setiap operasi dikerjakan pada saat yang sama di seluruh lintasan produksi.
- 5) Operasi unit.
- 6) Gerakan benda kerja tetap sesuai dengan set-up dari lintasan dan bersifat tetap.
- 7) Proses memerlukan waktu yang minimum.

Persyaratan yang harus diperhatikan untuk menunjang kelangsungan lintasan produksi antara lain:

- 1) Pemerataan distribusi kerja yang seimbang di setiap stasiun kerja yang terdapat di dalam suatu lintasan produksi fabrikasi atau lintasan perakitan yang bersifat manual
- 2) Pergerakan aliran benda kerja yang kontinu pada kecepatan yang seragam. Alirannya tergantung pada waktu operasi

- 3) Arah aliran material harus tetap sehingga memperkecil daerah penyebaran dan mencegah timbulnya atau setidaknya tidaknya mengurangi waktu menunggu karena keterlambatan benda kerja
- 4) Produk yang kontinu guna menghindari adanya penumpukan benda kerja di lain tempat sehingga diperlukan aliran benda kerja pada lintasan produksi secara kontinu

Keseimbangan lintasan, proses penyusunannya bersifat teoritis. Dalam praktik persyaratan di atas mutlak untuk dijadikan dasar pertimbangan.

2.2. Keseimbangan Lintasan (*Line Balancing*)

Istilah keseimbangan Lini/*Line Balancing/Assembly Line Balancing* merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun kerja-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut.

Keterkaitan sejumlah pekerjaan dalam suatu lini produksi harus dipertimbangkan dalam menentukan pembagian pekerjaan ke dalam masing-masing stasiun kerja. Hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu precedence diagram atau diagram pendahuluan, sedangkan hubungan itu disebut *precedence job* atau *precedence network*. (Bedworth, David. D, 1982; Elsayed, A, 1985)

Dalam suatu perusahaan yang mempunyai tipe produksi massa, yang melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit, perencanaan produksi memegang peranan yang penting dalam membuat penjadwalan produksi, terutama dalam pengaturan operasi-operasi atau penugasan kerja yang harus dilakukan.

Bila pengaturan dan perencanaannya tidak tepat, maka setiap stasiun kerja di lintas perakitan mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Hal ini akan mengakibatkan lintas perakitan tersebut tidak efisien karena terjadi penumpukan material/produk setengah jadi di antara stasiun kerja yang tidak berimbang kecepatannya. Akibat sampingan lainnya adalah kompensasi biaya-biaya yang hilang serta akibat psikologis yang negatif bagi si pekerja.

Persoalan keseimbangan lintasan perakitan bermula dari adanya kombinasi penugasan kerja kepada operator atau grup operator yang menempati tempat kerja tertentu. Karena penugasan elemen kerja (*work elemen*) yang berbeda akan menyebabkan perbedaan dalam sejumlah waktu yang tidak produktif dan variasi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan output produksi tertentu di dalam suatu lintas perakitan.

Masalah kombinasi tersebut menjadi masalah penyeimbangan lintas perakitan, penyeimbangan operasi atau stasiun kerja dengan tujuan untuk mendapatkan waktu yang sama di setiap stasiun kerja sesuai dengan kecepatan produksi yang diinginkan.

Masalah utama yang dihadapi dalam lintasan produksi adalah: (Biegel, 1992)

- 1) Kendala sistem yang erat kaitannya dengan *maintenance* (perawatan).
- 2) Menyeimbangkan beban kerja pada beberapa stasiun kerja (*work station*) untuk:
 - a) Mencapai suatu efisiensi yang tinggi
 - b) Memenuhi rencana produksi yang telah dibuat
- 3) Gejala ketidakseimbangan lintasan produksi:
 - a) Adanya stasiun kerja yang sibuk dan idle yang menyolok.
 - b) Adanya work in process (produk setengah jadi) pada beberapa stasiun kerja.

Sedangkan hal-hal yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan pada lintasan produksi antara lain:

- 1) Rancangan lintasan yang salah.
- 2) Peralatan atau mesin sudah tua sehingga seringkali breakdown dan perlu di set up ulang.
- 3) Operator yang kurang terampil dan metode kerja yang kurang baik.

Rancangan lintasan produksi yang seimbang bertujuan: (Elsayed, 1985)

- 1) Untuk menyeimbangkan beban kerja yang dialokasi pada setiap stasiun kerja sehingga pekerjaan dapat selesai dalam waktu yang seimbang dan mencegah terjadinya bottleneck.
- 2) Menjaga lini perakitan agar tetap lancar dan kontinu berlangsung.

Pada usaha pencapaian keseimbangan lini, terdapat beberapa cara yang dikenal antara lain: (Buffa Elwood S, 1984)

- 1) Penumpukan material, caranya dengan membuat tumpukan material pada stasiun kerja yang lambat. Kemudian pada stasiun kerja ini harus melakukan kerja lembur atau menambah tenaga kerja. Cara ini merupakan cara yang paling mudah, tetapi tidak menjadikan lebih baik karena dengan adanya penumpukan material akan mengakibatkan pemborosan waktu pada stasiun kerja yang lain dan pemborosan ruangan yang dipakai.
- 2) Pergerakan operator, caranya adalah apabila seorang operator mempunyai waktu operasi yang lebih cepat dari operator lainnya, ia dapat bergerak sepanjang lini produksi tersebut untuk membantu operator lainnya yang waktu operasinya lebih lama.

- 3) Pemecahan elemen pekerjaan, cara ini dilakukan jika suatu operasi membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada stasiun kerja lainnya. Operator tersebut dapat menangani lebih dari satu operasi, misalnya menyusun sub rakitan jika operasi ini dilakukan di luar lininya atau membantu operasi lainnya maupun bekerja pada lini yang lain.
- 4) Perbaikan operasi, cara ini harus ditempuh melalui perbaikan metode kerja khususnya jika terdapat operasi yang lebih lama dibandingkan dengan yang lainnya dan memerlukan waktu set up yang lama. Studi gerakan akan selalu menghasilkan cara yang lebih baik untuk melakukan pekerjaan dan akan mengurangi waktu kerja yang dibutuhkan.
- 5) Perbaikan performansi operator, pada umumnya operasi yang mengalami kemacetan (bottleneck) dapat diseimbangkan melalui penambahan latihan pada operator yang bersangkutan atau pergantian operator dengan operator yang bekerja lebih cepat atau lebih baik. Performansi keseimbangan lini produksi yang baik dapat diketahui melalui efisiensi lini dan efisiensi dari stasiun kerja.
- 6) Pengelompokan operasi, cara ini berusaha untuk mengelompokkan beberapa operasi atau elemen kerja hasil pembagian ke dalam grup-grup atau stasiun-stasiun kerja secara seimbang, sehingga setiap grup memiliki waktu kerja yang sama panjang.

Pada umumnya, merencanakan suatu keseimbangan di dalam sebuah lintas perakitan meliputi usaha yang bertujuan untuk mencapai suatu kapasitas optimal, dimana tidak terjadi penghambatan fasilitas. Tujuan tersebut dapat tercapai bila:

- 1) Lintas perakitan bersifat seimbang, setiap stasiun kerja mendapat tugas yang sama nilainya diukur dengan waktu.
- 2) Stasiun-stasiun kerja berjumlah minimum.
- 3) Jumlah waktu menganggur di setiap stasiun kerja sepanjang lintas perakitan minimum.

Dengan demikian, kriteria yang umum digunakan dalam suatu keseimbangan lintas perakitan adalah:

- 1) Minimum waktu menganggur.
- 2) Minimum keseimbangan waktu senggang (*balance delay*).

Selain itu ada pula yang menggunakan maksimum efisiensi, tetapi pada prinsipnya ketiga hal tersebut sama. Waktu menganggur biasanya digunakan untuk menyatakan ukuran ketidakseimbangan suatu lintas produksi.

Berdasarkan uraian di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa keseimbangan lintas perakitan tersebut didasarkan pada hubungan antara:

- 1) Kecepatan produksi (*production rate*)
- 2) Operasi-operasi yang diperlukan dan urutan-urutan kebergantungan (*sequence*).
- 3) Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap operasi (*work element time*).
- 4) Jumlah operator/pekerja yang melakukan operasi tersebut.

2.3. Terminologi *Line Balancing*

Beberapa istilah yang ada dalam line balancing antara lain:

- 1) *Work Element*, merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan dalam proses assembly. Umumnya, N didefinisikan sebagai jumlah total dari elemen kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu assembly dan i adalah elemen kerja.
- 2) *Workstation (WS)*, merupakan lokasi pada lini *assembly* atau pembuatan suatu produk dimana pekerjaan diselesaikan baik manual maupun otomatis. Jumlah minimum dari stasiun kerja adalah K, dimana K harus $\leq i$.
- 3) *Minimum Rational Work Element* (Elemen Kerja Terkecil), untuk menyeimbangkan pekerjaan dalam setiap stasiun yang ada maka pekerjaan tersebut harus dipecah menjadi elemen-elemen pekerjaan. Elemen kerja minimum adalah elemen pekerjaan terkecil dari suatu pekerjaan yang tidak dapat dibagi-bagi lagi.
- 4) *Total Work Content* (Total Waktu Pengerjaan), merupakan jumlah dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen pekerjaan dari suatu lini.
- 5) *Workstation Process Time* (Waktu Proses Stasiun Kerja), merupakan elemen pekerjaan yang diselesaikan dalam satu stasiun kerja (work station) dapat terdiri dari satu elemen pekerjaan atau lebih. Waktu proses dalam stasiun kerja merupakan penjumlahan dari seluruh waktu pengerjaan setiap elemen kerja yang berada di dalam stasiun kerja tersebut.
- 6) *Precedence Constraints* (Pembatas Pendahulu), dalam menyelesaikan suatu elemen pekerjaan seringkali terdapat urutan-urutan teknologi yang harus terpenuhi sebelumnya agar elemen itu dapat dijalankan. Beberapa tipe pembatas dalam keseimbangan lini adalah:
 - a) Pembatas teknologi (*technological restriction*). Pembatas ini disebut juga precedence constraints dalam bahasa keseimbangan lintasan. Yang dimaksud dengan pembatas teknologi adalah proses pengerjaan yang sudah tertentu, misalnya suatu proses tidak mungkin dikerjakan bila proses sebelumnya belum dikerjakan, atau suatu proses harus dilakukan langsung segera setelah penyelesaian suatu proses tertentu. Urutan proses

serta ketergantungannya digambarkan dalam suatu diagram ketergantungan (*precedence diagram*) dan *operating process chart* (OPC).

- b) Pembatas Fasilitas (*facility restriction*). Pembatas disini adalah akibat adanya fasilitas/mesin yang tidak dapat dipindahkan (fasilitas tetap).
 - c) Pembatas Posisi (*positional restriction*). Membatasi pengelompokan elemen-elemen kerja karena orientasi produk terhadap operator yang sudah tertentu.
- 7) *Zoning constraint*. Terdiri atas *Positive Zoning Constraint* dan *Negative Zoning Constraint*. *Positive Zoning Constraint* berarti bahwa elemen-elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama.
- 8) *Negative Zoning Constraint* menyatakan bahwa jika satu elemen pekerjaan dengan elemen pekerjaan lain sifatnya saling mengganggu maka sebaiknya tidak ditempatkan saling berdekatan. Sebagai ilustrasi, suatu elemen pekerjaan dengan elemen pekerjaan membutuhkan koordinasi yang baik dan hati-hati sebaiknya tidak ditempatkan berdekatan dengan stasiun kerja yang menimbulkan kegaduhan dan getaran keras / berat.
- 9) *Precedence Diagram* (Diagram Pendahuluan), adalah suatu gambaran secara grafis dari suatu urutan pekerjaan yang memperlihatkan 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. Diagram pendahuluan dapat dibuat dengan 2 alternatif, yaitu:
- a) Diagram AOA (*Activity on Arrow*), dimana setiap aktivitas digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan 2 node (lingkaran).
 - b) Diagram AON (*Activity on Node*), dimana setiap aktivitas digambarkan dalam bentuk lingkaran (node), sedangkan tanda panah menunjukkan aliran aktivitas.
- 10) *Balance Delay* (BD), merupakan rasio dari total waktu menganggur dengan keterkaitan waktu siklus dan jumlah stasiun kerja atau dengan kata lain jumlah antara *balance delay* dan *line efficiency* sama dengan 1. Secara matematis, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$BD = \frac{n \cdot W_d - \sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_i} \times 100\%$$

Dimana:

- BD = Keseimbangan waktu senggang = *balance delay*
- n = jumlah stasiun kerja
- W_d = waktu stasiun terbesar/waktu daur (*cycle time*)
- W_i = waktu sebenarnya pada setiap stasiun
- i = 1,2,3,...,n

atau

$$BD = 100\% - LE$$

11) *Assembled Product*, merupakan produk yang melewati suatu urutan stasiun kerja dimana pekerjaan-pekerjaan diatur dan mencapai pada stasiun akhir.

12) *Cycle Time (CT)*, merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk dari lini perakitan dengan asumsi setiap assembly mempunyai kecepatan yang konstan. Nilai minimum dari waktu siklus \geq waktu stasiun yang terpanjang.

$$T_c \geq \max T_{si}$$

13) *Delay Time of A Station*, merupakan selisih antara waktu siklus dengan waktu stasiun. Perbedaan antara waktu stasiun dengan waktu siklus atau disebut juga idle time.

$$\text{Waktu Mengganggu Stasiun} = W_d - W_i$$

$$\text{Total waktu mengganggu} = n \cdot W_d - \sum_{i=1}^n W_i$$

14) *Line Efficiency (Efisiensi Lini)*, merupakan rasio dari total waktu stasiun terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja yang dinyatakan dalam persentase.

$$LE = \frac{\sum T_{si}}{K \cdot CT} \times 100\%$$

Dimana:

- T_{si} = station time atau waktu stasiun ke-i
- K = jumlah total stasiun kerja
- CT = cycle time atau waktu siklus terpanjang

15) *Smoothes index (SI)*

Adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relative dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

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

Di mana:

- ST_{max} = maksimum waktu di stasiun
- ST_i = waktu stasiun di stasiun kerja ke-i

16) *Station Efficiency (Efisiensi Stasiun Kerja)*, merupakan rasio dari waktu kerja terhadap waktu siklus atau waktu stasiun kerja terbesar.

$$SE = \frac{T_{si}}{CT} \times 100\%$$

2.4. Langkah-Langkah dalam *Line Balancing*

Langkah-langkah yang perlu diketahui dalam melakukan penyeimbangan lini adalah: (Chase dan Aquilano, 1995)

1) Tentukan hubungan antara pekerjaan-pekerjaan yang terlibat dalam suatu lini produksi dan hubungan atau keterkaitan antara pekerjaan tersebut digambarkan dalam precedence diagram.

2) Menentukan waktu siklus yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$CT = \frac{\text{production time per hari}}{\text{output per hari (unit)}}$$

3) Menentukan jumlah minimum stasiun kerja teoritis yang dibutuhkan untuk memenuhi pembatas waktu siklus dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{\text{jumlah total dari waktu pekerjaan setiap elemen}}{\text{waktu siklus (CT)}}$$

4) Memilih metode untuk melakukan penyeimbangan lini.

5) Menghitung efisiensi lini, efisiensi stasiun kerja, waktu menganggur dan balance delay berdasarkan metode yang dipilih untuk melihat performansi keseimbangan lintasan produksi.

2.5. Metode Keseimbangan Lini Produksi

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi. Secara umum terdapat tiga metode dasar, yaitu :

1) Metode Analitik (matematik). (Rigg, James L, 1976)

Merupakan metode yang dapat menghasilkan suatu solusi optimal. Metode keseimbangan lini ini, mempunyai karakteristik dalam pemecahan masalah, adalah dalam pendekatan secara kuantitatif atau matematis. Umumnya pendekatan ini menggunakan operation research dalam mengoptimalkan lintasan, seperti penggunaan:

a) *Linear programming*

b) *Dynamic programming*

Penggunaan *linear programming* untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan dikemukakan oleh M.E. Salvenson yang memecahkan masalah ini dengan mengelompokkan operasi-operasi ke dalam sejumlah kombinasi dan menganalisa kemungkinan untuk menetapkan kombinasi-kombinasi tadi menjadi tugas sepanjang lintasan assembling. Penggunaan *linear programming* dalam memecahkan masalah keseimbangan lintasan ini dikemukakan oleh E.H. Bowman. Ia juga menggunakan *integer linear programming* untuk

memastikan bahwa setiap tugas dibebankan hanya kepada stasiun, sedangkan Bowman menggunakan dua *integer programming* secara terpisah, tetapi prinsip dari metode yang terakhir ini adalah sama dengan Salvenson. Metode *integer linear programming* yang dikemukakan Bowman kemudian diperbaiki oleh W.W. White.

Ketiga metode untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan dengan menggunakan *linear programming* seperti yang telah diuraikan di atas, melibatkan banyak persamaan-persamaan matematis dan sejumlah variabel untuk mendapatkan solusinya. Meskipun pendekatan ini exact dan keoptimalannya dapat dijamin akan tetapi apabila persoalan lintasan *assembling* menjadi kompleks dan melibatkan banyak pekerjaan, maka pendekatan dengan linear programming ini menjadi tidak praktis.

Berkenaan dengan pemilihan alternatif atas kombinasi operasi *assembly*, J.R. Jacson mengemukakan metode keseimbangan lintasan dengan menggunakan *dynamic programming*. Ia mengemukakan prosedur eliminasi yang sistematis atas alternatif-alternatif yang kurang berharga. Eliminasi dilakukan berturut-turut pada tingkat analisa ke arah optimasi lintas *assembly*, dengan demikian jumlah alternatif dapat dibatasi. Hal ini dimaksudkan untuk menyederhanakan analisa persoalan yang dihadapi. Metode ini lebih cocok dihitung secara manual dan untuk operasi yang masih sedikit, dengan demikian metode ini menjadi kurang praktis dan memerlukan ketelitian dan usaha yang besar dalam memecahkan persoalan lintasan *assembling* yang berskala besar.

Secara umum metode analitik ini memiliki prosedur yang dijelaskan sebagai berikut: (Buffa Elwood S, 1984)

- a) Tetapkan keputusan variabel, yaitu variabel x dan y.
- b) Tetapkan fungsi tujuan (Z), yaitu persamaan linear yang berkaitan dengan keputusan variabel, yang menunjukkan tujuan usaha pemecahan persoalan. Persamaan ini menaksir pengaruh tujuan dalam pemilihan nilai keputusan variabel yang berbeda.

Secara umum fungsi tujuan Z dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Maksimum } Z = ax + by$$

Dimana :

a = jumlah kontribusi dari variabel x.

b = jumlah kontribusi dari variabel y.

- c) Tetapkan batasan (*constraints*) sebagai hitungan linear yang meliputi keputusan variabel. Batasan menunjukkan restriksi pada keputusan-keputusan itu. Alternatif-alternatif dapat dibentuk melalui pemilihan nilai-nilai untuk keputusan variabel yang diperlukan untuk tekanan-tekanan itu.

2) Metode Heuristic. (Bedworth, David.D, 1982).

Heuristic berasal dari bahasa Yunani yang berarti "menemukan". Metode Heuristic ini pertama kali digunakan oleh Simon and Newll untuk menggambarkan pendekatan tertentu untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Model Heuristic menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Inti dari pendekatan secara heuristic adalah untuk mengaplikasikan rutin secara selektif yang mengurangi bentuk permasalahan. Sebagai contoh, masalah produksi yaitu line balancing yang dapat dipecahkan dengan mengurangi keseluruhan sistem menjadi rangkaian line balancing sederhana yang dapat dipelajari secara analitis. Bentuk lain dari pengurangan adalah digunakan pada aturan yang relatif sederhana yaitu diterapkan secara berulang sampai semua hasil keputusan telah dibuat.

Model heuristic tidak menjamin hasil optimal, tetapi model ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relatif lebih baik dengan mengacu pada pembatas-pembatas tertentu. Model heuristic ini banyak dipakai dalam masalah *line balancing*.

Kriteria pokok pendekatan dengan metode ini adalah:

- a) Pemecahan yang lebih baik dan lebih cepat
- b) Lebih murah daripada metode yang lainnya.
- c) Usaha yang dikeluarkan relatif lebih kecil.

Beberapa metode heuristic yang umum dikenal:

- a) Metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW).
- b) Metode *Region Approach*.
- c) Metode *Largest Candidate Rule*.
- d) Metode J-Wagon.

3) Metode Probabilistik. (Buffa Elwood S, 1984)

Metode probabilistik adalah digunakannya bentuk-bentuk distribusi yang merupakan data aktual dari waktu operasi. Metode-metode line balancing yang sebelumnya dikemukakan menggunakan asumsi waktu bahwa dari setiap elemen-elemen kerja adalah tetap atau konstan, dengan merancang kapasitas dari stasiun kerja secara deterministik berdasarkan waktu operasi rata-rata, atau menggunakan waktu standart.

Sedangkan model probabilistik mengasumsikan suatu yang lebih realistis, di mana waktu-waktu kegiatan mencerminkan distribusi kemungkinan (*probabilistic distribution*). Kemungkinan distribusi waktu-waktu kegiatan didasarkan atas tiga perkiraan waktu yang disusun untuk setiap kegiatan, yaitu:

- a) Waktu optimis, yang dimaksud dengan waktu optimis (a), ialah waktu tersingkat yang mungkin dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan syarat bahwa segala sesuatunya berjalan dengan lancar.
- b) Waktu pesimis, yang dimaksud dengan waktu pesimis (b), ialah waktu kegiatan yang paling lama dalam kondisi yang tidak menguntungkan, kecuali yang disebabkan oleh alam.
- c) Waktu yang paling mungkin dapat dicapai, yang dimaksud waktu yang paling mungkin (m), ialah waktu pengandaian (modal time) untuk distribusi waktu kegiatan.

Algoritma perhitungan akan memperkecil ke tiga perkiraan waktu tersebut sampai menjadi suatu nilai tunggal rata-rata atau nilai yang diharapkan yaitu t_e yang benar-benar dipergunakan dalam prosedur perhitungan. Model yang biasa mengasumsikan t_e ialah distribusi beta, Perkiraan mean dan selisih distribusi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{1}{6}[a + 4m + b]$$

$$s^2 = \left[\frac{1}{6}(b - a) \right]^2$$

dimana:

- \bar{x} = Perkiraan mean (t_e)
- s^2 = Perbedaan selisih distribusi (σ_t^2)
- a = Waktu optimis
- b = Waktu pesimis
- m = Waktu yang paling mungkin

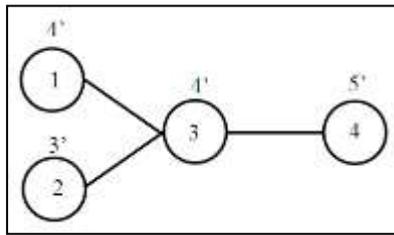
Dengan menggunakan model kemungkinan (*probabilistic model*), kita dapat melihat adanya suatu kemungkinan di mana beberapa kegiatan yang tampaknya tidak kritis dapat menjadi kegiatan yang kritis. Hal ini dapat terjadi karena adanya satu waktu pelaksanaan yang lama untuk suatu kegiatan, atau beberapa waktu pelaksanaan yang lama untuk berbagai kegiatan yang sudah berada pada lintasan yang penting.

2.6. Metode Helgesson-Birnie/Ranked Positional Weight (RPW)

Yang dimaksud dengan bobot posisi dari suatu tugas adalah jumlah waktu pelaksanaan semua tugas-tugas yang mengikutinya. Cara penentuan bobot dari *precedence diagram* yang dimulai dari proses akhir.

Bobot (RPW) = waktu proses operasi tersebut + waktu proses operasi yang berikutnya

Contoh:



Berarti :

- Bobot untuk operasi 4 adalah 5
- Bobot untuk operasi 3 adalah $4 + \text{RPW}(4) = 4 + 5 = 9$
- Bobot untuk operasi 2 adalah $3 + \text{RPW}(3) = 3 + 9 = 12$, dan seterusnya.

Pengelompokan operasi ke dalam stasiun kerja dilakukan atas dasar urutan RPW (dari yang terbesar) dan juga memperhatikan pembatas berupa waktu siklus.

Metode Heuristic ini mengutamakan waktu elemen kerja yang terpanjang, dimana elemen kerja ini akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja yang lain yang memiliki waktu elemen yang lebih rendah. Proses ini dilakukan dengan memberikan bobot. Bobot ini diberikan pada setiap elemen kerja dengan memperhatikan diagram precedence. Dengan sendirinya elemen pekerjaan yang memiliki ketergantungan yang besar akan memiliki bobot yang semakin besar pula, dengan kata lain akan diprioritaskan. (Bedworth, David.D, 1982).

Adapun metode ini memiliki prosedur yang dapat dijelaskan sebagai berikut: (Bedworth, David.D, 1982; Elsayed, 1985; Buffa, Elwood S., 1978).

- a) Gambar jaringan precedence sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.
- b) Tentukan *positional weight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaan dari suatu operasi yang memiliki waktu penyelesaian (waktu baku) terpanjang mulai dari awal pekerjaan hingga ke akhir elemen pekerjaan yang memiliki waktu penyelesaian (waktu baku) terendah.
- c) Urutkan elemen pekerjaan berdasarkan *positional weight* pada langkah b). Elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi diurutkan pertama kali.
- d) Lanjutkan dengan menempatkan elemen pekerjaan yang memiliki *positional weight* tertinggi hingga ke yang terendah ke setiap stasiun kerja.
- e) Jika pada setiap stasiun kerja terdapat kelebihan waktu, dalam hal ini waktu stasiun melebihi waktu siklus, tukar atau ganti elemen pekerjaan yang ada dalam stasiun kerja tersebut ke stasiun kerja berikutnya selama tidak menyalahi *precedence diagram*.
- f) Ulangi langkah d) dan e) di atas sampai seluruh elemen pekerjaan sudah ditempatkan ke dalam stasiun kerja.

2.7. Metode *Region Approach*

Pendekatan ini merupakan perbaikan Helgesson-Birnie oleh Mansoor dimana dijamin memberikan hasil yang optimal. Pendekatan ini melibatkan pertukaran antara pekerjaan setelah keseimbangan mula-mula diperoleh. Pendekatan ini tidak layak untuk jaringan yang besar serta kombinasi pekerjaannya yang dapat dipertukarkan dapat menjadi kaku. (Bedworth, David.D, 1982).

Dasarnya adalah OPC yang ditransformasikan menjadi precedence diagram dengan langkah-langkah sebagai berikut: (Bedworth, David D., 1982).

- a) Membuat jaringan precedence.
- b) Membagi operasi dalam precedence diagram dalam beberapa region / daerah dari kiri ke kanan dengan syarat dalam satu daerah tidak boleh ada operasi yang saling bergantung. Kumpulkan semua pekerjaan ke wilayah precedence yang terakhir. Hal ini akan meyakinkan bahwa pekerjaan dengan sedikit ketergantungan akan paling sedikit dipertimbangkan untuk pekerjaan paling akhir dalam jadwal.
- c) Dalam tiap-tiap wilayah precedence urutkan waktu pekerjaan dari yang maksimum ke yang minimum. Ini akan meyakinkan pekerjaan terbesar akan dipertimbangkan terlebih dahulu, memberikan kesempatan untuk memperoleh kombinasi yang lebih baik dengan pekerjaan-pekerjaan yang lebih kecil.
- d) Kumpulkan pekerjaan-pekerjaan dengan urutan sebagai berikut :
 - Mula-mula wilayah paling kiri.
 - Dalam sebuah wilayah, mula-mula dikerjakan pekerjaan yang terbesar.
- e) Kelompokkan operasi dalam stasiun kerja, berdasarkan syarat yang tidak melebihi waktu siklus yang telah ditetapkan. Di akhir tiap-tiap stasiun kerja, putuskan apakah penggunaan waktunya dapat diterima. Jika tidak, periksa semua pekerjaan yang memiliki hubungan precedence. Tentukan apakah penggunaan akan meningkat bila dilakukan pertukaran pekerjaan yang precedence dengan pekerjaan yang sedang dipertimbangkan. Bila ya, lakukan pertukaran.
- f) Teruskan hingga semua elemen pekerjaan ditempatkan pada semua stasiun kerja.
- g) Susun pola aliran produksi.

2.8. Metode *Largest Candidate Rule*

Merupakan metode yang paling sederhana. Adapun prosedur tersebut secara detil dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Urutkan semua elemen kerja dari yang paling besar waktunya hingga yang paling kecil.

- b) Elemen kerja pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Elemen kerja pindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah elemen kerja telah melebihi waktu siklus.
- c) Lanjutkan proses langkah b), hingga semua elemen kerja telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi \leq waktu siklus (*cycle time*).

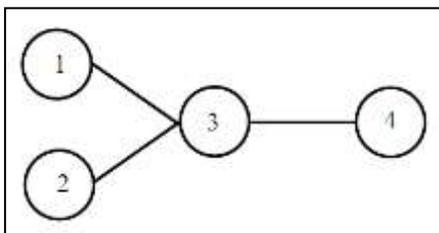
2.9. Metode J-Wagon

Metode heuristic ini mengutamakan jumlah elemen kerja yang terbanyak, dimana elemen kerja tersebut akan diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja lain yang memiliki jumlah elemen kerja yang lebih sedikit. (Aquilano & Chase, 1995)

Apabila terdapat dua elemen kerja yang memiliki nilai bobot yang sama, maka prioritas akan diberikan kepada elemen kerja yang memiliki waktu pengerjaan lebih besar. Sedangkan prosedur selanjutnya, sama dengan metode Helgesson-Birnie (*Ranked Positional Weight*), hanya saja dalam menentukan bobot yang dihitung adalah jumlah operasi (bukan waktu operasi).

Bobot (J – Wagon) = jumlah proses operasi yang bergantung pada operasi tersebut

Contoh:



Berarti :

- Bobot untuk operasi 4 adalah 0
- Bobot untuk operasi 3 adalah 1 yaitu operasi 4
- Bobot untuk operasi 2 adalah 2 yaitu operasi 3 dan 4
- Bobot untuk operasi 1 adalah 2 yaitu operasi 3 dan 4

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu penelitian

Lokasi pengumpulan data untuk penyusunan tugas akhir ini dilakukan pada PT.PBI yang terletak di Kota Tangerang. Waktu pelaksanaannya dilakukan mulai bulan Februari 2019. Pengambilan data dilakukan di lini produksi sampel sepatu SSOW.

3.2. Populasi dan Sampel Penelitian

Untuk populasi penelitian yang akan diteliti adalah produksi sampel sepatu di PT.PBI dengan sampel penelitian adalah proses produksi sampel sepatu di lini produksi sampel sepatu SSOW. Sedangkan untuk pengambilan sampel dari populasi dengan menggunakan metode *purposive sampling*, dimana sampel akan dipilih secara sengaja, karena keterbatasan waktu, dan dianggap cukup baik dalam mempresentasikan kondisi populasi.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam permasalahan yang sedang diteliti adalah sebagai berikut:

- 1) Variabel Terikat, merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel-variabel bebas, dimana variabel terikat dalam penelitian ini adalah performansi keseimbangan lintasan.
- 2) Variabel Bebas, merupakan variabel-variabel yang mempengaruhi variabel terikat, dimana dalam penelitian ini antara lain waktu siklus dan jumlah proses serta pekerja tiap stasiun kerja.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan berbagai macam data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, digunakan beberapa teknik pengumpulan data, antara lain:

1. *Library Research* (Studi kepustakaan), merupakan penelaahan buku-buku, proses ini dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi mengenai hal-hal yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti serta metode-metode yang perlu dilakukan untuk mencari solusi dari suatu permasalahan.

2. *Field Research* (Studi lapangan), merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan investigasi langsung ke objek penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:
 - a. Data primer, yaitu data yang berasal dari pengamatan langsung ke sumber data kemudian dihitung langsung sesuai dengan kebutuhan.
 - b. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh peneliti dari pengumpulan data yang ada diperusahaan. Adapun informasi atau data yang diperoleh berupa arsip-arsip yang dikumpulkan dan ada kaitannya dengan penelitian ini, antara lain: data proses produksi, jumlah tenaga kerja, dan data-data yang lainnya.

Sedangkan untuk teknik-teknik dalam pengumpulan data di lapangan, antara lain:

1. Observasi, merupakan pengumpulan data yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung di lapangan.
2. Interview, merupakan suatu metode untuk memperoleh data dan keterangan dengan cara mengadakan komunikasi secara langsung dengan pimpinan ataupun operator tentang hal-hal yang berhubungan dengan obyek yang diteliti, khususnya yang terlibat langsung dengan pelaksanaan sehari-hari.

3.5. Metode Pengolahan Data

Setelah data yang diperlukan telah diperoleh dari pengamatan kemudian dilakukan analisis dengan *line balancing* meliputi waktu proses, perhitungan kemampuan produksi tiap-tiap stasiun kerja dan perhitungan jumlah karyawan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- 1) *Precedence Diagram*, merupakan gambaran grafis dari hubungan antar elemen kerja, yang memperlihatkan keseluruhan dan ketergantungan dari masing-masing operasi.
- 2) Perhitungan Performansi Lini Perakitan Saat ini, dengan menghitung keadaan aktual dari performansi lini perakitan saat ini.
- 3) Pembentukan Rancangan Keseimbangan Lintasan, dalam melakukan analisa keseimbangan lintasan, digunakan beberapa metode *heuristic* untuk memecahkan masalah dengan cara melakukan analisa secara teknis, antara lain:
 - a) Menghitung *balance delay* (BD), yang merupakan ukuran dari ketidakefisiensinan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja, berdasarkan persamaan:

$$BD = \frac{n \cdot W_d - \sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_i} \times 100\%$$

- b) *Line efficiency* (LE), merupakan rasio dari total waktu di stasiun kerja dibagi dengan waktu siklus dikalikan jumlah stasiun kerja, berdasarkan persamaan:

$$LE = \frac{\sum T_{si}}{K \cdot CT} \times 100\%$$

- c) *Smoothes index* (SI), merupakan suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relative dari penyeimbangan lini perakitan tertentu, berdasarkan persamaan:

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

- d) *Idle time* (I), merupakan selisih (perbedaan) antara *cycle time* (CT) dan *station time* (ST) atau CT dikurangi ST.
- 4) Evaluasi Kinerja, dengan melakukan pemilihan hasil perhitungan *line balancing* yang mempunyai performansi yang terbaik dengan kriteria performansi seperti *line efficiency*, *balance delay*, dan *idle time* dan *smoothness index* untuk mendapatkan rancangan *line balancing* dengan jumlah operator dan elemen kerja yang optimal.
- 5) Perbandingan Kondisi Aktual dan Hasil Rancangan, dari hasil penentuan model keseimbangan lintasan produksi dan analisa teknis, kemudian dilakukan perbandingan *line efficiency*, *balance delay*, *idle time* dan *smoothes index* yang terjadi pada lintasan produksi dengan kondisi awal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada lini produksi model sepatu SSOW di PT.PBI yang memiliki ketidakseimbangan lini yang terlihat dari menganggurnya beberapa operator pada saat operator lainnya bekerja dengan penuh.

4.1. Precedence Diagram

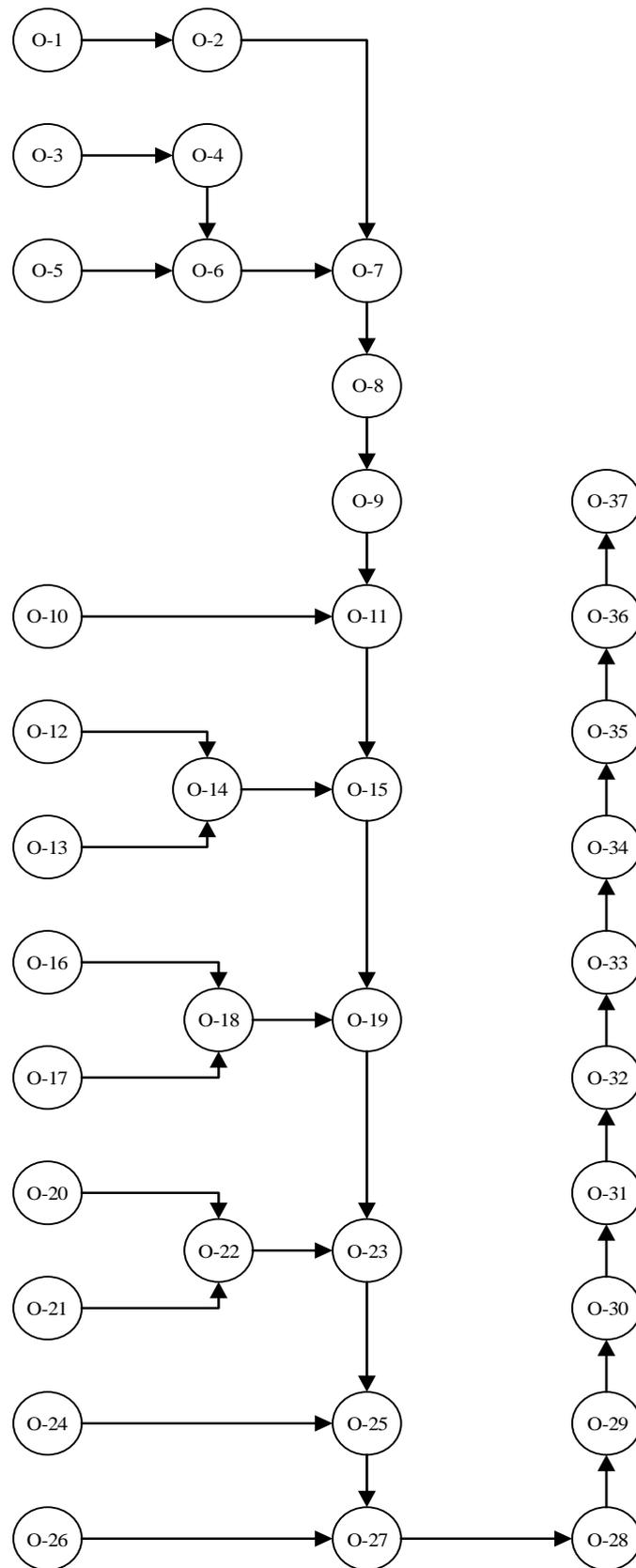
Merupakan gambaran grafis dari hubungan antar elemen kerja, yang memperlihatkan keseluruhan dan ketergantungan dari masing-masing operasi. (Daelima, Febianti, & Ilhami, 2013). Untuk menggambarkan precedence diagram harus diketahui terlebih dahulu proses produksi dan waktu dari setiap proses. Tabel 1 merupakan waktu proses pada lini produksi sampel sepatu model SSOW yang diperoleh dari PT.PBI.

Tabel 1. Data Waktu Baku Proses Pembuatan Sepatu SSOW

Proses	Waktu Baku (detik)	Proses	Waktu Baku (detik)
1	11.816	20	18.270
2	7.520	21	11.597
3	12.301	22	18.943
4	11.694	23	60.829
5	11.582	24	12.521
6	24.990	25	215.041
7	21.950	26	11.572
8	22.316	27	53.625
9	27.498	28	66.462
10	19.300	29	31.710
11	40.635	30	32.923
12	20.950	31	39.474
13	11.759	32	33.116
14	17.770	33	107.056
15	93.532	34	30.367
16	15.020	35	360.000
17	11.302	36	11.836
18	19.276	37	121.126
19	85.908	Total	1723.587

(Sumber: PT.PBI, data diolah, 2019)

Setelah mengetahui proses pembuatan sepatu beserta waktunya, maka dapat dibuat *precedence diagram* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Precedence Diagram Proses Pembuatan Sepatu SSOW

(Sumber: PT.PBI, data diolah, 2019)

Perhitungan Keseimbangan Lini Perakitan Awal

Untuk jumlah stasiun kerja diasumsikan yaitu 37 stasiun sesuai dengan jumlah proses yang ada, karena untuk proses pembuatan sepatu di area produksi sampel belum menerapkan keseimbangan lini. Dan untuk masing-masing stasiun dikerjakan oleh 1 orang operator.

Berikut ini adalah perhitungan keseimbangan lini perakitan awal pada lini produksi sepatu SSOW dengan jumlah produksi sebesar 100 pcs yang merupakan target dari perusahaan dengan 8 jam kerja.

- 1) Total waktu operasi seluruh stasiun kerja

$$= 1723.587 \text{ detik}$$

- 2) Waktu Siklus yang dibutuhkan (CT)

$$CT = \frac{8 \times 3600}{100} = 288 \text{ detik}$$

- 3) Efisiensi Lini (LE)

$$LE = \frac{1723.587}{(37)(288)} \times 100\% = 16.17\%$$

- 4) *Balance Delay* (BD)

$$BD = \frac{(37 \times 288) - 1723.587}{(37 \times 288)} \times 100 = 83.83\%$$

- 5) Total waktu menganggur

$$= (37 \times 288) - 1723.587 = 8932.413 \text{ detik}$$

- 6) *Smothness Indeks*

$$SI = \sqrt{(288.000 - 11.816)^2 + \dots + (288.000 - 121.126)^2} = 1522.755$$

- 7) Efisiensi stasiun kerja

Dihitung untuk setiap stasiun kerja.

- a) Untuk efisiensi stasiun kerja 1

$$= \frac{11.816}{288} \times 100\% = 4.10\%$$

- b) Untuk efisiensi stasiun kerja 2

$$= \frac{7.520}{288} \times 100\% = 2.61\%$$

- c) Untuk efisiensi stasiun kerja 3

$$= \frac{12.301}{288} \times 100\% = 4.27\%$$

- d) Untuk efisiensi stasiun kerja yang lain dapat dilihat pada Tabel 2.

- 8) Waktu menganggur

Dihitung untuk setiap stasiun kerja.

- a. Untuk waktu mengganggu stasiun kerja 1
 $= 288 - 11.816 = 276.184 \text{ detik}$
- b. Untuk waktu mengganggu stasiun kerja 2
 $= 288 - 7.520 = 280.480 \text{ detik}$

- c. Untuk waktu mengganggu stasiun kerja 3
 $= 288 - 12.301 = 275.699 \text{ detik}$
- d. Untuk waktu mengganggu stasiun kerja yang lain dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Lini Perakitan Awal

Stasiun Kerja	Waktu Operasi (detik)	Efisiensi Stasiun kerja (%)	Waktu Mengganggu (detik)
1	11.816	4.10	276.184
2	7.520	2.61	280.480
3	12.301	4.27	275.699
4	11.694	4.06	276.306
5	11.582	4.02	276.418
6	24.990	8.68	263.010
7	21.950	7.62	266.050
8	22.316	7.75	265.684
9	27.498	9.55	260.502
10	19.300	6.70	268.700
11	40.635	14.11	247.365
12	20.950	7.27	267.050
13	11.759	4.08	276.241
14	17.770	6.17	270.230
15	93.532	32.48	194.468
16	15.020	5.22	272.980
17	11.302	3.92	276.698
18	19.276	6.69	268.724
19	85.908	29.83	202.092

Stasiun Kerja	Waktu Operasi (detik)	Efisiensi Stasiun kerja (%)	Waktu Mengganggu (detik)
20	18.270	6.34	269.730
21	11.597	4.03	276.403
22	18.943	6.58	269.057
23	60.829	21.12	227.171
24	12.521	4.35	275.479
25	215.041	74.67	27.959
26	11.572	4.02	276.428
27	53.625	18.62	234.375
28	66.462	23.08	221.538
29	31.710	11.01	256.290
30	32.923	11.43	255.077
31	39.474	13.71	248.526
32	33.116	11.50	254.884
33	107.056	37.17	180.944
34	30.367	10.54	257.633
35	360.000	125.00	-72.000
36	11.836	4.11	276.164
37	121.126	42.06	166.874

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Keseimbangan Lini

Penyeimbangan lini perakitan ini dilakukan dengan menggunakan metode heuristik yang terdiri dari beberapa metode, antara lain: Metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW), Metode *Largest Candidate Rule*, dan Metode J-Wagon.

Untuk metode heuristik yang lain yaitu metode *Region Approach* tidak disertakan dalam penelitian ini, karena lini perakitan yang dijadikan obyek penelitian memiliki kombinasi pekerjaan yang besar, sehingga berdasarkan teori pada tinjauan pustaka bahwa pendekatan

Region Approach tidak layak untuk jaringan yang besar serta kombinasi pekerjaannya yang dapat dipertukarkan dapat menjadi kaku.

Untuk dapat menyeimbangkan lini perakitan, perlu dilakukan terlebih dahulu perhitungan untuk menentukan waktu siklus dan menentukan jumlah stasiun kerja minimum. Perhitungan dilakukan dengan mengetahui waktu jam kerja perhari dan target produksi perhari.

1) Menentukan Waktu Siklus (CT) Untuk Stasiun Kerja

- Produksi per hari = 100 unit
- Jam kerja per hari = 8 jam
- Waktu Siklus (CT) yang dibutuhkan

$$CT = \frac{8 \times 3600}{100} = 288 \text{ detik}$$

Berarti untuk satu unit produksi diperlukan waktu pemrosesan pada setiap stasiun kerja sebesar 288 detik.

2) Menentukan Jumlah Stasiun Kerja Minimum (N))

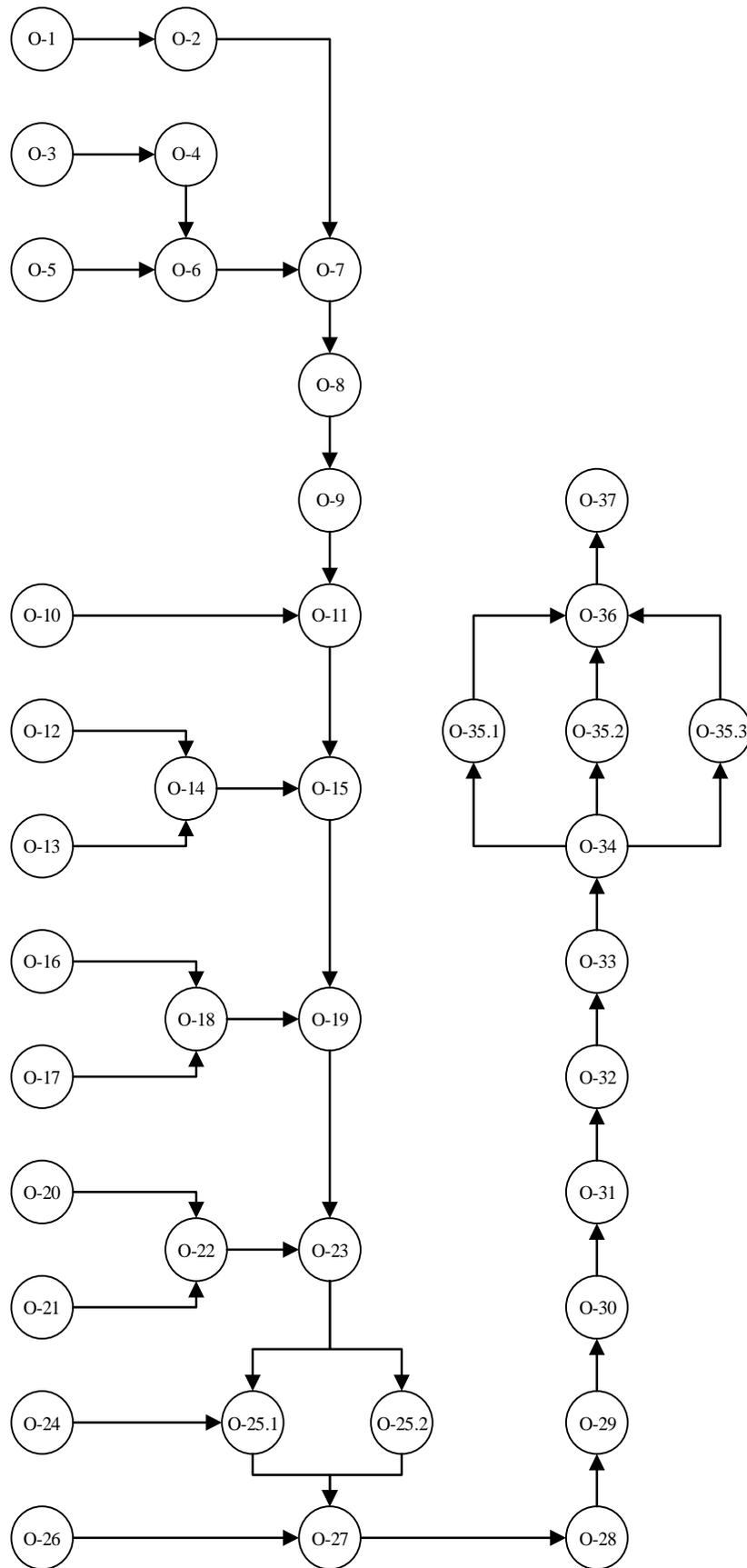
$$N = \frac{1723.587}{288} = 5.984 \approx 6$$

Dilakukan pembulatan keatas, sehingga jumlah minimum stasiun yang dapat dibentuk sebesar 6 stasiun kerja.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa terdapat proses yang memiliki waktu menganggur lebih sedikit dari yang lainnya yaitu untuk proses 25, maka untuk proses 25 harus dibuat menjadi beberapa proses. Jika hal tersebut tidak dilakukan maka akan terjadi penumpukan (*bottleneck*) pada proses tersebut. Untuk itu proses 25 akan dibagi menjadi 2 yaitu, 25.1 dengan waktu 107.521 detik dan 25.2 dengan waktu 107.520 detik.

Selain itu juga terdapat proses yang memiliki waktu menganggur bernilai minus yang berarti stasiun tersebut memiliki waktu proses yang lebih besar dari waktu siklus yaitu untuk proses 35, sehingga untuk proses 35 akan dibuat menjadi 3 proses yaitu, 35.1, 35.2, dan 35.3 dengan waktu masing masing sebesar 120 detik.

Dari perubahan stasiun kerja tersebut, maka akan terdapat penambahan operator untuk stasiun kerja yang mengalami perubahan tersebut. Gambar 2 merupakan hasil *precedence diagram* yang telah diperbaharui sesuai dengan pemecahan stasiun kerja untuk proses 25 dan proses 35.



Gambar 2. Precedence Diagram Berdasarkan Hasil Perubahan Stasiun Kerja

(Sumber: Pengolahan Data, 2019)

Metode Helgesson–Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW)

Dalam perhitungan dengan metode ini digunakan teori-teori yang telah diuraikan. Langkah-langkah menyeimbangkan lintasan dengan metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW) adalah sebagai berikut:

1) Dari *precedence diagram* yang didapat (Gambar 2), maka dapat dihitung nilai bobot posisi setiap elemen kerja.

a) Bobot operasi 37 atau RPW(37)

$$= 121.126$$

b) Bobot operasi 36 atau RPW(36)

$$= 11.836 + \text{RPW}(37)$$

$$= 11.836 + 121.126 = 132.962$$

c) Bobot operasi 35 atau RPW(35.3)

$$= 120 + \text{RPW}(36)$$

$$= 120 + 132.962 = 252.962$$

d) Bobot operasi lain dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Bobot Posisi Metode Helgesson-Birnie

Operasi	Waktu Operasi (detik)	Operasi yang Mendahului	Bobot Posisi
1	11.816	-	1567.413
2	7.520	1	1555.597
3	12.301	-	1560.378
4	11.694	3	1548.077
5	11.582	-	1547.965
6	24.990	4, 5	1536.383
7	21.950	2, 6	1511.393
8	22.316	7	1489.443
9	27.498	8	1467.127
10	19.300	-	1458.929
11	40.635	9, 10	1439.629
12	20.950	-	1419.944
13	11.759	-	1410.753
14	17.770	12, 13	1398.994
15	93.532	11, 14	1381.224
16	15.020	-	1302.712
17	11.302	-	1298.994
18	19.276	16, 17	1287.692
19	85.908	15, 18	1268.416
20	18.270	-	1200.778
21	11.597	-	1194.105
22	18.943	20, 21	1182.508
23	60.829	19, 22	1163.565
24	12.521	-	1115.257
25.1	107.521	23, 24	1102.736
25.2	107.520	23, 24	995.215
26	11.572	-	899.267
27	53.625	25, 26	887.695
28	66.462	27	834.070
29	31.710	28	767.608
30	32.923	29	735.898
31	39.474	30	702.975
32	33.116	31	663.501
33	107.056	32	630.385
34	30.367	33	523.329
35.1	120.000	34	492.962
35.2	120.000	34	372.962
35.3	120.000	34	252.962
36	11.836	35.1, 35.2	132.962
37	121.126	36	121.126

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

- 2) Nilai bobot posisi yang telah didapat, kemudian diranking dari urutan nilai bobot posisi tertinggi sampai nilai bobot posisi terendah untuk penentuan prioritas pengelompokkan stasiun kerja. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Prioritas Bobot Posisi Metode Helgesson-Birnie

Prioritas	Bobot Posisi	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Operasi Yang Mendahului
1	1567.413	1	11.816	-
2	1560.378	3	12.301	-
3	1555.597	2	7.520	1
4	1548.077	4	11.694	3
5	1547.965	5	11.582	-
6	1536.383	6	24.990	4, 5
7	1511.393	7	21.950	2, 6
8	1489.443	8	22.316	7
9	1467.127	9	27.498	8
10	1458.929	10	19.300	-
11	1439.629	11	40.635	9, 10
12	1419.944	12	20.950	-
13	1410.753	13	11.759	-
14	1398.994	14	17.770	12, 13
15	1381.224	15	93.532	11, 14
16	1302.712	16	15.020	-
17	1298.994	17	11.302	-
18	1287.692	18	19.276	16, 17
19	1268.416	19	85.908	15, 18
20	1200.778	20	18.270	-
21	1194.105	21	11.597	-
22	1182.508	22	18.943	20, 21
23	1163.565	23	60.829	19, 22
24	1115.257	24	12.521	-
25	1102.736	25.1	107.521	23, 24
26	995.215	25.2	107.520	23, 24
27	899.267	26	11.572	-
28	887.695	27	53.625	25, 26
29	834.070	28	66.462	27
30	767.608	29	31.710	28
31	735.898	30	32.923	29
32	702.975	31	39.474	30
33	663.501	32	33.116	31
34	630.385	33	107.056	32
35	523.329	34	30.367	33
36	492.962	35.1	120.000	34
37	372.962	35.2	120.000	34
38	252.962	35.3	120.000	34
39	132.962	36	11.836	35
40	121.126	37	121.126	36

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

- 3) Menempatkan atau mengelompokkan elemen-elemen kerja tersebut kedalam stasiun kerja dengan memperhatikan prioritas urutan nilai bobot posisi dan waktu siklus yang sebelumnya telah dihitung terlebih dahulu. Alokasikan operasi, mulai dari prioritas bobot tertinggi stasiun kerja, kemudian hitung jumlah waktu operasi mulai dari prioritas bobot tertinggi hingga waktu operasi stasiun memenuhi waktu siklus yang ditentukan, yaitu sebesar 288 detik. Tabel 5 merupakan hasil pengelompokkan stasiun kerja.

Tabel 5. Hasil Pengelompokkan Stasiun Kerja Metode Helgesson-Birnie

Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Operasi	Waktu Operasi (detik)		
1	262.081	1	11.816	3	180.871	23	60.829		
		3	12.301			24	12.521		
		2	7.520			25.1	107.521		
		4	11.694	4	270.889	25.2	107.520		
		5	11.582			26	11.572		
		6	24.990			27	53.625		
		7	21.950			28	66.462		
		8	22.316			29	31.710		
		9	27.498	5	242.936	30	32.923		
		10	19.300			31	39.474		
		11	40.635			32	33.116		
		12	20.950			33	107.056		
		2	273.848	13	11.759	6	240.000	34	30.367
				14	17.770			35.1	120.000
15	93.532			7	252.962	35.2	120.000		
16	15.020					35.3	120.000		
17	11.302			36	11.836				
18	19.276			37	121.126				
19	85.908								
20	18.270								
21	11.597								
22	18.943								

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan metode Helgesson-Birnie dibutuhkan 7 stasiun kerja di lini produksi sepatu SSOW, dan untuk mengetahui tingkat performansinya maka dilakukan perhitungan kriteria performansi yang terdiri dari efisiensi lini, *balance delay*, total waktu menganggur, efisiensi stasiun kerja, dan waktu

mengganggu stasiun kerja. Performansi dari lini produksi sepatu SSOW dapat diuraikan sebagai berikut.

1) Efisiensi Lini (LE)

$$LE = \frac{1723.587}{7 \times 288} \times 100\% = 85.50\%$$

2) *Balance Delay* (BD)

$$BD = \frac{(7 \times 288) - 1723.587}{7 \times 288} \times 100\% = 14.50\%$$

3) Total waktu mengganggu

$$= (7 \times 288) - 1732.587 = 292.413 \text{ detik}$$

4) *Smoothness Indeks*

$$SI = \sqrt{(288.000 - 262.081)^2 + \dots + (288.000 - 252.962)^2} = 135.985$$

5) Efisiensi stasiun kerja

Untuk efisiensi stasiun kerja 1

$$= \frac{262.081}{288} \times 100\% = 91.00\%$$

6) Waktu mengganggu

Untuk waktu mengganggu stasiun kerja 1

$$= 288 - 262.081 = 25.919 \text{ detik}$$

Untuk efisiensi stasiun kerja dan waktu mengganggu stasiun kerja yang lain dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Performansi Stasiun Kerja Metode Helgesson-Birnie

Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja (%)	Waktu Mengganggu (detik)
1	262.081	91.00	25.919
2	273.848	95.09	14.152
3	180.871	62.80	107.129
4	270.889	94.06	17.111
5	242.936	84.35	45.064
6	240.000	83.33	48.000
7	252.962	87.83	35.038
Total	1723.587	-	292.413

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Metode *Largest Candidate Rule*

Prosedur metode *Largest Candidate Rule* secara detil dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Urutkan semua elemen kerja dari yang paling besar waktunya hingga yang paling kecil.
- 2) Elemen kerja pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Elemen kerja pindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah elemen kerja telah melebihi waktu siklus.
- 3) Lanjutkan proses langkah 2, hingga semua elemen kerja telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi \leq waktu siklus (*cycle time*). Untuk waktu siklus (*cycle time*) digunakan perhitungan yang sama dengan metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW) yaitu sebesar 288 detik.

Berdasarkan prosedur metode *Largest Candidate Rule* maka diperoleh hasil pengelompokkan elemen kerja seperti yang tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengelompokkan Stasiun Kerja Metode *Largest Candidate Rule*

Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Operasi	Waktu Operasi (detik)
1	268.183	12	20.950
		10	19.300
		20	18.270
		16	15.020
		24	12.521
		3	12.301
		1	11.816
		13	11.759
		14	17.770
		4	11.694
		21	11.597
		22	18.943
		5	11.582
		6	24.990
		26	11.572
		17	11.302
		18	19.276
		2	7.520
		2	205.931
8	22.316		
9	27.498		
11	40.635		
15	93.532		

Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Operasi	Waktu Operasi (detik)
3	254.258	19	85.908
		23	60.829
		25.1	107.521
4	259.317	25.2	107.520
		27	53.625
		28	66.462
		29	31.710
5	242.936	30	32.923
		31	39.474
		32	33.116
		33	107.056
		34	30.367
6	251.836	35.1	120.000
		35.2	120.000
		36	11.836
7	241.126	37	121.126
		35.3	120.000

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Setelah lini perakitan dilakukan penyeimbangan, maka hasil keluaran potensial lintasan yang telah diseimbangkan dengan metode *Largest Candidate Rule* adalah sebagai berikut.

1) Efisiensi Lini (LE)

$$LE = \frac{1723.587}{7 \times 288} \times 100\% = 85.50\%$$

2) *Balance Delay* (BD)

$$BD = \frac{(7 \times 288) - 1723.587}{7 \times 288} \times 100\% = 14.50\%$$

3) Total waktu menganggur

$$= (7 \times 288) - 1732.587 = 292.413 \text{ detik}$$

4) *Smoothness Indeks*

$$SI = \sqrt{(288.000 - 268.183)^2 + \dots + (288.000 - 241.126)^2} = 120.934$$

5) Efisiensi stasiun kerja

Untuk efisiensi stasiun kerja 1

$$= \frac{268.183}{288} \times 100\% = 93.12\%$$

6) Waktu menganggur

Untuk waktu menganggur stasiun kerja 1

$$= 288 - 268.183 = 19.817 \text{ detik}$$

Untuk efisiensi stasiun kerja dan waktu menganggur stasiun kerja yang lain dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Performansi Stasiun Kerja Metode *Largest Candidate Rule*

Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja (%)	Waktu Menganggur (detik)
1	268.163	93.12	19.817
2	205.931	71.50	82.069
3	254.258	88.28	33.742
4	259.317	90.04	28.683
5	242.936	84.35	45.064
6	251.836	87.44	36.164
7	241.126	82.72	46.874
Total	1723.587	-	292.413

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Metode J-Wagon

Langkah pertama metode J-Wagon adalah menghitung bobot posisi dari setiap operasi. Berikut diberikan contoh hasil perhitungan bobot dengan menggunakan metode J-Wagon.

- 1) Bobot operasi 37 = 0
- 2) Bobot operasi 36 = 1 (yaitu proses 37)
- 3) Bobot operasi 35.3 = 2 (yaitu proses 36 dan 37)

Setelah bobot posisi diketahui, langkah selanjutnya sama dengan metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW) yaitu nilai bobot posisi yang telah didapat, kemudian diranking dari urutan nilai bobot posisi tertinggi sampai nilai bobot posisi terendah. Untuk bobot operasi lainnya dan urutan prioritas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Urutan Prioritas dan Bobot Posisi Metode J-Wagon

Prioritas	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Bobot Posisi
1	3	12.301	24
2	1	11.816	23
3	4	11.694	23
4	5	11.582	23
5	2	7.520	22
6	6	24.990	22
7	7	21.950	21
8	8	22.316	20
9	9	27.498	19
10	10	19.300	19
11	12	20.950	19
12	13	11.759	19
13	11	40.635	18
14	14	17.770	18
15	16	15.020	18
16	17	11.302	18
17	15	93.532	17
18	18	19.276	17
19	20	18.270	17
20	21	11.597	17

Prioritas	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Bobot Posisi
21	19	85.908	16
22	22	18.943	16
23	23	60.829	15
24	24	12.521	15
25	25.1	107.521	13
26	25.2	107.520	13
27	26	11.572	13
28	27	53.625	12
29	28	66.462	11
30	29	31.710	10
31	30	32.923	9
32	31	39.474	8
33	32	33.116	7
34	33	107.056	6
35	34	30.367	5
36	35.1	120.000	2
37	35.2	120.000	2
38	35.3	120.000	2
39	36	11.836	1
40	37	121.126	0

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Langkah selanjutnya yaitu menempatkan dan mengelompokkan elemen-elemen kerja kedalam stasiun kerja dengan memperhatikan urutan nilai bobot posisi dan waktu siklus yang sudah dihitung pada metode Helgesson-Birnie/*Ranked Positional Weight* (RPW) yaitu sebesar 288 detik. Hasil penempatan dan pengelompokkan elemen-elemen kerja kedalam stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengelompokkan Stasiun Kerja Metode J-Wagon

Stasiun Kerja	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Stasiun Kerja	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Operasi	Waktu Operasi (detik)
1	277.101	3	12.301	3	180.871	23	60.829
		1	11.816			24	12.521
		4	11.694			25.1	107.521
		5	11.582	4	270.889	25.2	107.520
		2	7.520			26	11.572
		6	24.990			27	53.625
		7	21.950			28	66.462
		8	22.316			29	31.710
		9	27.498			30	32.923
		10	19.300			31	39.474
		12	20.950	5	242.936	32	33.116
		13	11.759			33	107.056
		11	40.635			34	30.367
		14	17.770			6	240.000
		16	15.020	35.2	120.000		
		2	258.828	17	11.302	7	252.962
15	93.532			36	11.836		
18	19.276			37	121.126		
20	18.270						
21	11.597						
19	85.908						
22	18.943						

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Setelah setiap operasi di tempatkan dan dikelompokkan, maka dapat di hitung hasil keluaran potensial lintasan yang telah diseimbangkan dengan metode J-Wagon, adalah sebagai berikut.

1) Efisiensi Lini (LE)

$$LE = \frac{1723.587}{7 \times 288} \times 100\% = 85.50\%$$

2) *Balance Delay* (BD)

$$BD = \frac{(7 \times 288) - 1723.587}{7 \times 288} \times 100\% = 14.50\%$$

3) Total waktu menganggur

$$= (7 \times 288) - 1723.587 = 292.413 \text{ detik}$$

4) *Smothness Indeks*

$$SI = \sqrt{(288.000 - 277.101)^2 + \dots + (288.000 - 252.962)^2} = 135.284$$

5) Efisiensi stasiun kerja

Untuk efisiensi stasiun kerja 1

$$= \frac{277.101}{288} \times 100\% = 96.02\%$$

6) Waktu menganggur

Untuk waktu menganggur stasiun kerja 1

$$288 - 277.101 = 10.899 \text{ detik}$$

Untuk efisiensi stasiun kerja dan waktu menganggur stasiun kerja yang lain dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Performansi Stasiun Kerja Metode J-Wagon

Stasiun	Waktu Stasiun Kerja (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja (%)	Waktu Menganggur (detik)
1	277.101	96.22	10.899
2	258.828	89.87	29.172
3	180.871	62.80	107.129
4	270.889	94.06	17.111
5	242.936	84.35	45.064
6	240.000	83.33	48.000
7	252.962	87.83	35.038
Total	1723.587	-	292.413

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Analisa Keseimbangan Lini Kondisi Awal

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa untuk keseimbangan lini awal didapat efisiensi lini sangat kecil yaitu 16.17% dan *balanced delay* sebesar 83.83%. Operasi yang waktu bakunya lebih besar dari yang lainnya adalah operasi 25

dan 35, dimana kedua operasi tersebut membutuhkan waktu sebesar 215.041 dan 360 detik. Operasi tersebut juga menghasilkan waktu menganggur yang paling sedikit yaitu, operasi 25 dengan waktu menganggur sebesar 27.959, dan operasi 35 dengan waktu menganggur sebesar -75 detik yang berarti waktu operasi 35 melebihi dari waktu siklus yang ditetapkan. Dilihat dari sedikitnya waktu menganggur untuk kedua operasi tersebut dibandingkan dengan operasi lainnya, maka akan terjadi penumpukan (*bottleneck*) pada operasi tersebut. Oleh sebab itu operasi tersebut akan dibagi agar waktu bakunya tidak terlalu lama dan mengurangi adanya penumpukan (*bottleneck*). Operasi 25 dibagi menjadi 2 operasi dengan waktu baku sebesar 107.521 detik untuk operasi 25.1, dan 107.520 detik untuk operasi 25.2. Sedangkan untuk operasi 35, dibagi menjadi 3 operasi yaitu 35.1, 35.2 dan 35.3 dengan waktu baku masing-masing sebesar 120 detik.

Analisa Keseimbangan Lini Setelah Perbaikan

Untuk meratakan distribusi waktu pekerja, maka operasi-operasi yang ada dikelompokkan ke dalam stasiun-stasiun kerja, dimana stasiun kerja tersebut memiliki waktu siklus sebesar 288 detik. Jadi operasi-operasi yang dikelompokkan tersebut tidak boleh melebihi waktu siklus yang telah ditentukan.

Untuk menyeimbangkan beban kerja dari lini perakitan digunakan tiga metode yaitu metode Helgesson-Birnie, metode *Largest Candidate Rule*, dan metode J-Wagon. Setelah dilakukan perhitungan, ketiga metode tersebut menghasilkan keluaran potensial (performansi) yang sama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Performansi *Line Balancing*

Keluaran Potensial	Lini Perakitan Awal	Metode <i>Line Balancing</i>		
		Helgesson-Birnie	<i>Largest Candidate Rule</i>	J-Wagon
Jumlah Stasiun Kerja	37	7	7	7
Efisiensi Lini	16.17%	85.50%	85.50%	85.50%
<i>Balance Delay</i>	83.83%	14.5%	14.5%	14.5%
Total Waktu Menganggur	8932.413	292.413	292.413	292.413
<i>Smoothness Index</i>	1522.755	135.985	120.934	135.284

(Sumber: Pengolahan data, 2019)

Dari Tabel 12 dapat diketahui bahwa performansi keseimbangan lintasan menunjukkan bahwa ketiga metode yaitu, metode Helgesson-Birnie, metode *Largest Candidate Rule*, dan metode J-wagon menghasilkan perbaikan performansi lini. Diantara ketiga metode tersebut apabila dilakukan perbandingan secara teoritis memiliki nilai yang sama, yaitu terbagi kedalam 7 stasiun kerja, efisiensi lini sebesar 85.50%, *balance delay* sebesar 14.5%, waktu menganggur sebesar 292.413 detik.

Dengan hasil yang sama pada hampir semua faktor, maka yang dapat menentukan metode yang optimal adalah nilai *smoothness index*. Nilai ini menunjukkan tingkat kemulusan dari suatu lini perakitan. Karena semakin kecil nilai dari *smoothness index*, maka semakin baik performansi lini tersebut. Berdasarkan faktor tersebut dapat disimpulkan bahwa metode *Largest Candidate Rule* merupakan metode yang optimal diantara metode lainnya, dengan nilai *smoothness index* terkecil yaitu 120.934.

Setelah dilakukan perbaikan keseimbangan lini dengan menggunakan metode heuristik, dapat diketahui bahwa efisiensi lini mengalami peningkatan sebesar sebesar 69.33%, dan penurunan *balance delay* sebesar 69.33%, serta pengurangan total waktu menganggur sebesar 8640 detik. Hal ini jelas akan membuat produksi berjalan dengan baik dan lancar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan data-data yang telah dikumpulkan dalam memecahkan masalah keseimbangan lintasan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Jumlah stasiun kerja di lintasan lini produksi yang optimal pada lini produksi sampel sepatu SSOW adalah 7 stasiun kerja.
2. Setelah dilakukan perbaikan dengan metode *Helgeson-Birnie*, *Largest Candidate Rule*, dan *J-Wagon*, diperoleh bahwa ketiga metode memperlihatkan peningkatan performansi lini yang lebih baik daripada lini perakitan sebelumnya dengan keluaran potensial yaitu efisiensi lini sebesar 85.50%, *balanced delay* sebesar 14.5%, dan total waktu menganggur sebesar 292.413 detik.
3. Performansi dari lini awal adalah *line efficiency* sebesar 16.17%, *balance delay* sebesar 83.83%, dan waktu menganggur sebesar 8932.413 detik. Hasil performansi lini awal menunjukkan bahwa lini perakitan masih belum lancar aliran produksinya, karena memiliki waktu menganggur yang besar pada sebagian besar stasiun kerjanya sementara sebagian kecil stasiun lainnya sibuk.
4. Metode yang optimal digunakan adalah metode *Helgesson-Birnie* dengan nilai *smoothness index* paling rendah yaitu 120.934.
5. Performansi dari lini setelah perbaikan dengan menggunakan metode heuristik adalah terjadi peningkatan efisiensi sebesar 69.33%, dan penurunan *balance delay* sebesar 69.33%, serta pengurangan total waktu menganggur sebesar 8640 detik.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan metode keseimbangan lintasan yang lain agar dapat diketahui perbandingan hasil keluaran potensialnya.
2. Untuk PT.PBI agar melakukan perbaikan terhadap lintasan perakitannya sesuai dengan hasil perhitungan keseimbangan lintasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amardeep, T. M. Rangaswamy, Gautham J, 2013, "Line Balancing Of Single Model Assembly Line", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, Issue 5, May 2013
- Baroto, Teguh. 2002. Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Bedworth, D. David dan James, E. Bailey, 1982, "Integrated Production And Control System", John Wiley & Sons, New York
- Buffa, Elwood. S, 1973, "Operation Management: Problem and Model", 4th edition, John Wiley & Sons, New York
- D. Roy, D. Khan, 2010, "Assembly Line Balancing to Minimize Balancing Loss and System Loss", Journal Industrial Engineering International, 6 (11), 1-5, Spring
- Daelima, V. F., Febianti, E., & Ilhami, M. A. (2013). Analisis Keseimbangan Lintasan untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Pendekatan Line Balancing dan Simulasi, *I(2)*, 107–113.
- Helgeson, W. P., & Birnie, D. P. (1961). Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique. *Journal of Industrial Engineering*,.
- John, E. Biegel, 1992, "Pengendalian Produksi: Suatu Pendekatan Kuantitatif", Cetakan Pertama, Penerbit Akademika Pressindo Jakarta
- Pratikto, Tanti Octavia, 2009, "Keseimbangan Lintasan Tipe *U- Line Assembly* Pada Perakitan Pompa Air", Jurnal Teknik Industri, Vol. 11, No. 1, pp. 43-50, Juni 2009
- Rachman, T. (2015). Penentuan Keseimbangan Lintasan Optimal Dengan Menggunakan Metode Line Balancing. *Jakarta : Univesitas Esa Unggul , Jurnal Inovisi, volume 11*.
- Rigg, James L, 1976, "Production System, Planning, Analysis and Control", 2nd edition, John Wiley & Sons, New York
- S. H. Eryuruk, F. Kalaoglu, M. Baskak, 2008, "Assembly Line Balancing in a Clothing Company", Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 16, No. 1 (66), March 2008
- Santosh T. Ghutukade, Dr. Suresh M. Sawant, 2013, "Use of Ranked Position Weighted Method for Assembly Line Balancing", International Journal of Advanced Engineering Research and Studies
- Tam, P. W. M., & Dissanayake, P. B. G. (2011). Construction project scheduling by ranked positional weight method. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 25(3), 424–436.