

SKRIPSI

**ANALISIS *LINE BALANCING* PADA PRODUKSI ROTI
MENGUNAKAN METODE *RANKED POSITIONAL WEIGHT*,
LARGEST CANDIDATE RULE DAN *REGION APPROACH*
(STUDI KASUS *PANSA CAKE AND BAKERY*)**

Disusun dan diajukan oleh

**ASRIADI
D071 18 1334**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

SKRIPSI

**ANALISIS *LINE BALANCING* PADA PRODUKSI ROTI
MENGUNAKAN METODE *RANKED POSITIONAL WEIGHT*,
LARGEST CANDIDATE RULE DAN *REGION APPROACH*
(STUDI KASUS *PANSA CAKE AND BAKERY*)**

Disusun dan diajukan oleh

**ASRIADI
D071 18 1334**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS *LINE BALANCING* PADA PRODUKSI ROTI MENGUNAKAN METODE *RANKED POSITIONAL WEIGHT*, *LARGEST CANDIDATE RULE* DAN *REGION APPROACH* (STUDI KASUS PANSA CAKE AND BAKERY)

diajukan oleh

ASRIADI

D071181334

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada 7 Februari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Pembimbing Pendamping,



Dr.Eng.Ir.Irwan Setiawan,S.T., M.T.,IPM
NIP. 19760602 200501 1 002

Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T.,M.T.,IPM
NIP. 19891201 201903 2 013

Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,



Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU
NIP. 19740621 200604 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asriadi
NIM : D071181334
Program Studi : Teknik Industri
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan berjudul

***ANALISIS LINE BALANCING PADA PRODUKSI ROTI MENGGUNAKAN
METODE RANKED POSITIONAL WEIGHT, LARGEST CANDIDATE RULE DAN
REGION APPROACH (STUDI KASUS PANSA CAKE AND BAKERY)***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 7 Februari 2024

Yang Menyatakan Tanda Tangan


ASRIADI
NIM. D071181334



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

ASRIADI. Analisis *Line Balancing* pada Produksi Roti Menggunakan Metode *Ranked Positional Weight*, *Largest Candidate Rule* dan *Region Approach* (Studi Kasus *Pansa Cake and Bakery*)

Pansa Cake and Bakery merupakan usaha yang bergerak dalam produksi aneka jenis roti dan kue. Salah satu produk olahannya adalah roti sobek. Permasalahan yang dihadapi dalam proses produksi roti sobek ini adalah adanya penumpukan produk setengah jadi dari proses *rolling* dan penambahan isian ke proses *proofing* yang diakibatkan karena waktu proses pada saat proses *proofing* sangat jauh selisihnya dengan proses *rolling* dan penambahan isian yakni sebesar 265,06 detik. Sehingga dilakukan analisis *line balancing* dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (RPW), *Largest Candidate Rule* (LCR) dan *Region Approach* (RA). Data diperoleh dari hasil pengukuran langsung tiap operasi pengerjaan produksi roti sobek. Hasil analisis dengan metode RPW diperoleh tingkat *line efficiency* sebesar 74,76%, *balance delay* sebesar 25,24% dan nilai *smoothing index* sebesar 232,36 detik, metode LCR diperoleh tingkat *line efficiency* sebesar 74,76%, *balance delay* sebesar 25,24% dan nilai *smoothing index* sebesar 232,36 detik dan metode RA diperoleh tingkat *line efficiency* sebesar 74,76%, *balance delay* sebesar 25,24% dan nilai *smoothing index* sebesar 232,36 detik. Metode *region approach* lebih direkomendasikan karena metode ini masih dapat dimaksimalkan dengan mengatur *layout* (tata letak) lini produksi, sehingga waktu kelonggaran dapat diminimalkan.

Kata Kunci : Keseimbangan Lintasan, Metode Heuristik, Produksi Roti Sobek



ABSTRACT

ASRIADI. *Line Balancing Analysis in Bread Production Using the Ranked Positional Weight Method, Largest Candidate Rule and Region Approach (Case Study of Pansa Cake and Bakery)*

Pansa Cake and Bakery is a business engaged in the production of various types of bread and cakes. One of the processed products is torn bread. The problem faced in the torn bread production process is the accumulation of semi-finished products from the rolling process and adding filling to the proofing process which is caused by the process time during the proofing process being very different from the rolling and adding filling process, namely 265.06 seconds. So a line balancing analysis was carried out using the Ranked Positional Weight (RPW), Largest Candidate Rule (LCR) and Region Approach (RA) methods. Data was obtained from the results of direct measurements of each operation in the production of torn bread. The results of the analysis using the RPW method obtained a line efficiency level of 74.76%, a balance delay of 25,24% and a smoothing index value of 232,36 seconds, the LCR method obtained a line efficiency level of 74.76%, a balance delay of 25,24% and a smoothing index value of 232,36 seconds and the RA method obtained a line efficiency level of 74,76%, balance delay of 25.24% and a smoothing index value of 232,36 seconds. The region approach method is more recommended because this method can still be maximized by arranging the production line layout, so that slack time can be minimized.

Keyword : *Line Balancing, Heuristic Method, Torn Bread Production*



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Sholawat dan salam senantiasa kita curahkan kepada nabi besar Muhammad SAW. Berkat segala rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisis *Line Balancing* pada Produksi Roti Menggunakan Metode *Ranked Positional Weight*, *Largest Candidate Rule* dan *Region Approach* (Studi Kasus Pansa *Cake and Bakery*)” Tugas akhir ini dapat selesai berkat bantuan baik pikiran, tenaga, dukungan, maupun doa dari banyak pihak. Pada halaman kata pengantar ini penulis ucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Askar dan Ibu Darmiati yang selalu hadir dengan cinta, doa dan senantiasa memberikan segala yang mereka punya untuk penulis.
2. Ibu Ir. Kifayah Amar, ST., MT., IPM selaku Ketua Departemen Teknik Industri FT-UH.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, S.T., M.T., IPM selaku dosen pembimbing I dan Ibu Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T., IPM selaku dosen pembimbing II yang selalu meluangkan waktu serta memberi arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T. dan Ibu Ir. Dwi Handayani, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang memberi saran serta masukan dalam perbaikan tugas akhir ini.
5. Bapak/Ibu Dosen serta Staf Departemen Teknik Industri FT-UH yang telah berjasa dalam membantu penulis menyelesaikan masa studinya.
6. Ketiga saudari-saudari penulis yang menjadi alasan penulis untuk secepatnya menyelesaikan masa studinya.
7. Teman-teman FEAZ18LE yang telah menemani penulis dari masa hitam putih, kembali ke hitam putih.



di Laboratorium Sistem Manufaktur Terintegrasi yang sudah memacu alin penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

9. Seluruh Segenap Keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada penulis meskipun terhalang oleh jarak.
10. Terakhir untuk diri saya sendiri yang telah mau dan bisa menyelesaikan tanggung jawab sebagai Mahasiswa dan juga anak.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem Produksi.....	6
2.2 Uji Statistik Data.....	9
2.3 Waktu Siklus, Waktu Normal dan Waktu Baku.....	12
2.4 <i>Precedence Diagram</i>	13
2.5 <i>Line Balancing</i>	14
2.6 Langkah-Langkah Pemecahan Masalah pada <i>Line Balancing</i>	22
2.7 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Objek Penelitian.....	29
3.2 Jenis Data.....	29
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	29
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.5 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	31
3.6 Kerangka Pikir.....	32
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pengumpulan Data.....	33
4.2 Data Pengamatan.....	34
4.3 Uji Kecukupan dan Uji Keseragaman.....	35
4.4 Perhitungan Waktu Siklus, Waktu Normal dan Waktu Baku.....	39
<i>Precedence Chart</i> dan <i>Precedence Diagram</i>	43
Penentuan <i>Cycle Time</i>	44
Kondisi Awal Perusahaan.....	44
Metode Penyeimbangan Lintasan.....	45



4.9 Rekapitulasi Hasil Penyeimbangan Lintasan Produksi53
4.10 Pembahasan54
BAB V PENUTUP.....62
5.1 Kesimpulan.....62
5.2 Saran63
DAFTAR PUSTAKA65
LAMPIRAN68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Contoh <i>Precedence Diagram</i>	14
Gambar 2 <i>Flowchart</i> Penelitian	31
Gambar 3 <i>Flowchart</i> Proses Produksi Roti Sobek.....	34
Gambar 4 <i>Control Chart</i> Elemen Kerja 1	38
Gambar 5 <i>Precedence Diagram</i> kondisi awal proses pembuatan roti	43
Gambar 6 <i>Precedence Diagram</i> usulan proses pembuatan roti	45
Gambar 7 Pembagian Elemen Kerja dalam 9 Stasiun Kerja.....	46



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 2 Daftar Elemen Kerja.....	33
Tabel 3 Tabel Pengamatan Elemen Kerja 1.....	35
Tabel 4 Tabel Pengamatan Elemen Kerja 1.....	35
Tabel 5 Hasil Uji Kecukupan Data.....	36
Tabel 6 Tabel Pengamatan Elemen Kerja 1.....	37
Tabel 7 Hasil Uji Keseragaman Data.....	39
Tabel 8 Waktu Siklus Tiap Elemen Kerja.....	40
Tabel 9 Faktor Penyesuaian menurut <i>Westinghouse</i>	40
Tabel 10 Faktor Penyesuaian menurut Tabel Objektif.....	41
Tabel 11 Waktu Normal Tiap Elemen Kerja.....	41
Tabel 12 Faktor Kelonggaran (<i>Allowance</i>).....	42
Tabel 13 Waktu Baku Tiap Elemen Kerja.....	43
Tabel 14 <i>Precedence Chart</i>	43
Tabel 15 Efisiensi Kondisi Awal Perusahaan.....	44
Tabel 16 Pengelompokan Elemen dan Stasiun Kerja RPW.....	48
Tabel 17 Elemen Kerja Pendahulu LCR.....	49
Tabel 18 Urutan Waktu Baku LCR.....	50
Tabel 19 Pengelompokan Elemen dan Stasiun Kerja LCR.....	50
Tabel 20 Pembagian Wilayah berdasarkan Metode RA.....	51
Tabel 21 Pengelompokan Elemen dan Stasiun Kerja RA.....	52
Tabel 22 Rekapitulasi Penyeimbangan Lintasan Produksi.....	53
Tabel 23 Stasiun Kerja pada Kondisi Awal.....	54
Tabel 24 Performansi Lini Produksi pada Kondisi Awal.....	55
Tabel 25 Stasiun Kerja menggunakan Metode RPW.....	56
Tabel 26 Performansi Lini Produksi dengan Metode RPW.....	56
Tabel 27 Stasiun Kerja menggunakan Metode LCR.....	57
Tabel 28 Performansi Lini Produksi dengan Metode LCR.....	57
Tabel 29 Performansi Lini Produksi Menggunakan Metode RA.....	58
Tabel 30 Performansi Lini Produksi dengan Metode RA.....	58
Tabel 31 Perbandingan Performansi Setiap Metode.....	59



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan di dunia industri saat ini telah mengalami perubahan yang signifikan, sehingga persaingan di dunia industri semakin ketat, terutama dalam bidang manufaktur. Salah satu aspek penting dalam manufaktur adalah efisiensi produksi. Efisiensi adalah perbandingan terbaik antara suatu kegiatan dengan hasilnya. Oleh karena itu, banyak perusahaan yang berusaha untuk meningkatkan efisiensi produksinya untuk dapat bersaing dan mempertahankan posisinya di pasar dengan menerapkan konsep-konsep yang terkait dengan manajemen operasi. Salah satu konsep penting dalam manajemen operasi adalah *line balancing*.

Pansa *Cake and Bakery* merupakan usaha yang bergerak pada produksi berbagai jenis roti, kue kering dan kue bolu. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pemilik usaha, masalah yang dihadapi oleh “Pansa *Cake and Bakery*” adanya penumpukan produk di beberapa stasiun. Hal ini disebabkan karena banyaknya variasi produk yang diproduksi seperti beberapa jenis roti, kue kering dan kue bolu yang diproduksi pada stasiun kerja yang sama. Hal tersebut menyebabkan terjadinya hambatan pada beberapa elemen pekerjaan. Pada penelitian ini penulis berfokus pada hambatan yang terjadi pada produk roti sobek karena produk ini merupakan produk yang paling banyak peminatnya, banyak elemen kerjanya, dan menjadi salah satu produk yang *idle time* paling besar. Setelah melakukan observasi pada proses produksi, penulis melihat banyak produk roti setengah jadi yang terhambat proses produksinya dikarenakan adanya elemen kerja yang memiliki waktu proses yang cukup besar, yaitu ketika adonan roti yang telah dibentuk tidak langsung dipanggang, hal ini disebabkan proses *proofing* memiliki waktu kerja terlalu

vaitu 485.76 detik. Menurut (Prabowo, 2016) tanpa adanya keseimbangan di dalam stasiun kerja, maka proses produksi tidak akan berjalan secara efektif dan efisien, karena pada beberapa stasiun kerja yang mempunyai *station* yang besar akan terdapat antrian komponen yang akan diproses. Di pihak



lain, ada stasiun kerja yang mempunyai *station line* yang kecil sehingga terjadi *idle*. Dengan demikian, proses produksi tidak berjalan dengan lancar dan optimalisasi hasil dan sumber daya tidak tercapai. Untuk itu perlu dilakukan penyeimbangan lini produksi.

Line balancing adalah suatu konsep dimana pekerjaan atau tugas dalam suatu garis produksi dibagi secara merata antara stasiun kerja. Tujuan dari *line balancing* adalah untuk mengoptimalkan efisiensi produksi dengan memastikan bahwa setiap stasiun kerja bekerja pada rentang waktu yang sama sehingga dapat menghindari waktu tunggu di salah satu stasiun kerja. Dengan kata lain, *line balancing* bertujuan untuk menjaga aliran produksi tetap lancar dan efisien.

Penerapan konsep *line balancing* pada produksi roti dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi waktu produksi, dan menurunkan biaya produksi. Namun, penerapan konsep *line balancing* pada garis produksi yang kompleks seperti garis produksi roti dapat menjadi sangat sulit dilakukan secara manual. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan heuristik untuk mempermudah proses *line balancing*. Menurut Groover (2001) yang dikutip dalam (Dwitya, 2019) pendekatan heuristik merupakan pendekatan yang berdasarkan pengalaman, intuisi atau aturan-aturan empiris untuk memperoleh solusi yang lebih baik daripada solusi yang telah dicapai sebelumnya.

Penelitian ini akan menggunakan tiga metode heuristik, yaitu *Ranked Positional Weight (RPW)*, *Large Candidate Rule (LCR)*, dan *Region Approach*. Metode-metode tersebut relatif mudah diimplementasikan dan tidak memerlukan pemrosesan yang rumit. Metode-metode tersebut memiliki formulasi yang sederhana dan dapat diterapkan dengan cepat dalam lingkungan produksi. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk dengan mudah dan cepat dalam menerapkan *line balancing* dan mencapai perbaikan efisiensi produksi. Dalam konteks penerapan *line balancing* pada produksi roti, setiap

ode memiliki kelebihan tersendiri. Metode *ranked positional weight* memberikan bobot pada setiap tugas berdasarkan posisinya, yang membantu dalam mengidentifikasi titik lemah dan mengutamakan prioritas tugas. Metode *large candidate rule* memungkinkan penempatan pekerjaan dengan tingkat



fleksibilitas yang lebih tinggi dan memaksimalkan penggunaan sumber daya manusia. Sementara itu, metode *region approach* membagi aliran kerja menjadi wilayah-wilayah yang memfasilitasi koordinasi, mengurangi waktu perpindahan, dan memungkinkan peningkatan efisiensi dalam setiap wilayah. Untuk mencapai efisiensi dan perencanaan yang baik, kombinasi ketiga metode dapat membantu dalam merencanakan dan mengelola aliran kerja secara optimal dalam produksi roti.

Penelitian mengenai *line balancing* menggunakan metode heuristik sebelumnya telah dilakukan oleh Mahmud Basuki, Hermanto MZ, Selvia Aprilyanti dan Muhammad Junaidi (2019) dengan judul “Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi dengan Pendekatan Metode Heuristik”. Hasil dari penelitian ini didapat bahwa dari tiga metode heuristik yang digunakan, metode *region approach* lebih diutamakan karena pendekatan wilayah dapat dimaksimalkan dengan mengatur *layout* stasiun kerja, sehingga waktu kelonggaran dapat diminimalkan

Kemudian pada tahun 2020, Mustofa dan Mohammad Fikar Usman melakukan penelitian tentang *line balancing* dengan menggunakan metode-metode heuristik dengan judul “Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan Kendaraan Khusus Menggunakan Metode *Line Balancing* pada PT. Pindad (Persero)”. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara sebelum dan sesudah dilakukan evaluasi.

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan menggunakan konsep *line balancing* dengan pendekatan metode heuristik yang terdiri dari metode *largest candidate rule* (LCR), *ranked positional weight* (RPW) dan *region aproach* (RA) untuk menyeimbangkan lintasan produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi.



1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil perhitungan waktu baku yang diperlukan untuk setiap elemen pekerjaan?
2. Bagaimana hasil perbandingan dari perhitungan metode RPW, LCR dan RA dalam penerapan konsep *line balancing* pada proses produksi roti sobek?
3. Bagaimana menentukan metode heuristik dalam *line balancing* yang paling optimal dan memberikan rekomendasi metode yang cocok digunakan dalam perusahaan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil perhitungan waktu baku yang diperlukan untuk setiap elemen pekerjaan.
2. Mengetahui hasil perbandingan dari perhitungan metode RPW, LCR dan RA dalam penerapan konsep *line balancing* pada proses produksi roti sobek.
3. Menentukan metode heuristik dalam *line balancing* yang paling optimal dan dan memberikan rekomendasi metode yang cocok digunakan dalam perusahaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Perusahaan
 - a. Memperbaiki aliran kerja pada garis produksi untuk meningkatkan produktivitas dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
 - b. Menurunkan biaya produksi dengan memperpendek waktu produksi dan meningkatkan efisiensi produksi.
- ∴ Meningkatkan kepuasan pelanggan dengan menyelesaikan pesanan lebih cepat dan mengurangi waktu tunggu.



2. Bagi Akademisi
 - a. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang manajemen operasi dan strategi produksi.
 - b. Memperkaya literatur dan referensi mengenai penerapan *line balancing* dengan metode heuristik pada produksi roti .
3. Bagi Penulis
 - a. Memberikan pengalaman dan pemahaman lebih dalam dalam melakukan penelitian.
 - b. Meningkatkan keterampilan dalam analisis data dan pembuatan kesimpulan.
 - c. Menambah portofolio penelitian yang dapat digunakan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

1. Objek penelitian ini adalah roti sobek
2. Data pengamatan yang dilakukan merupakan data waktu produksi pada bulan Agustus-September 2023
3. Waktu *set up* mesin diabaikan
4. Pengamatan waktu operasi dilakukan secara langsung dengan menggunakan *stopwatch*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Produksi

Kegiatan produksi suatu perusahaan tidak terlepas dari penggunaan sistem yang mendukung proses produksi. Dengan adanya sistem produksi yang baik dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi produksi sehingga tujuan dari perusahaan dapat tercapai secara optimal.

2.1.1 Definisi Sistem Produksi

Berikut ini beberapa definisi sistem produksi menurut beberapa ahli:

- a. Menurut Heizer dan Render (2017:16), sistem produksi adalah serangkaian kegiatan dan proses yang dirancang untuk mengubah input menjadi output yang diinginkan dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien dan efektif.
- b. Menurut Schroeder, Goldstein dan Rungtusanatham (2018:26) sistem produksi adalah sistem yang terdiri dari elemen-elemen seperti sumber daya manusia, mesin dan peralatan, bahan baku, teknologi, dan sistem informasi yang bekerja bersama-sama untuk menghasilkan produk atau layanan yang memenuhi kebutuhan pelanggan dan memperoleh keuntungan bagi perusahaan.
- c. Menurut Stevenson (2018:11), Sistem produksi adalah serangkaian proses dan aktivitas yang melibatkan pengolahan bahan baku menjadi produk jadi dengan menggunakan sumber daya manusia, mesin, dan peralatan. Sistem ini juga mencakup perencanaan produksi, pengendalian kualitas, manajemen persediaan, dan distribusi produk ke pasar.
- d. Menurut Nasution (2003:2) dikutip dalam (Ramdhani, dkk., 2020) sistem produksi merupakan kumpulan dari subsistem-subsistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi *input* produksi menjadi *output* produksi.
- e. Menurut Askin dan Goldberg (2006:19) yang dikutip dalam (Ramdhani, dkk., 2020), "*The set of resources and procedures*



involved in converting raw material into product and delivering them to customers defined the production system.” Berarti sistem produksi adalah suatu set sumber daya dan prosedur yang terlibat dalam mengkonversi bahan baku menjadi produk dan memberikannya kepada pelanggan.

2.1.2 Jenis-jenis Sistem Produksi

Menurut Nasution (2003:3) yang dikutip dalam (Ramdhani, dkk., 2020), sistem produksi menurut proses menghasilkan *output* dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

a. Proses Produksi Kontinyu (*Continuous Process*)

Proses kontinyu tidak memerlukan waktu *set up* yang lama karena proses ini memproduksi secara terus menerus untuk jenis produk yang sama.

Adapun karakteristik dari proses produksi yang terus menerus (*continuous process*) yaitu:

- 1) Produk yang dihasilkan dalam jumlah yang besar dengan variasi yang sangat sedikit dan sudah distandarisasikan
- 2) Proses ini menggunakan sistem atau cara penyusunan peralatan berdasarkan urutan pengerjaan dari produk yang dihasilkan.
- 3) Mesin-mesin yang dipakai dalam proses ini adalah mesin-mesin yang bersifat khusus untuk menghasilkan produk, yang dikenal dengan nama *special purpose machine*
- 4) Oleh karena mesin-mesin bersifat khusus dan biasanya semi otomatis, makapengaruh individual operator terhadap produk yang dihasilkan kecil sekali sehingga operatornya tidak perlu mempunyai keahlian/keterampilan yang tinggi untuk pengerjaan produk tersebut.
- 5) Apabila terjadi salah satu mesin atau peralatan terhenti atau rusak, maka seluruh proses produksi akan terhenti
- 6) Karena mesin-mesinnya bersifat khusus dan variasi dari produknya kecil maka *job structure*-nya sedikit dan jumlah tenaga kerjanya tidak perlu banyak



- 7) Persediaan bahan baku dan bahan dalam proses lebih rendah dibandingkan dengan proses produksi terputus.
- 8) Karena mesin-mesin yang dipakai bersifat khusus, maka proses ini memerlukan ahli pemeliharannya.
- 9) Bahan-bahan dipindahkan dengan menggunakan peralatan *handling* menggunakan tenaga mesin.

b. Proses Produksi Terputus (*Intermittent Process/Discrete System*)

Proses terputus memerlukan waktu total *set up* yang lebih lama karena proses ini, memproduksi berbagai jenis spesifikasi barang sesuai pesanan, sehingga adanya pergantian jenis barang yang diproduksi akan membutuhkan kegiatan *set up* yang berbeda.

Adapun karakteristik dari proses yang terputus (*intermittent process*) adalah sebagai berikut:

- 1) Produk yang dihasilkan dalam jumlah yang sangat kecil dengan variasi yang sangat besar dan didasarkan atas pesanan.
- 2) Proses ini menggunakan sistem atau cara penyusunan peralatan berdasarkan fungsi dalam proses produksi, dimana peralatan yang sama, dikelompokkan pada tempat yang sama, yang disebut dengan *process layout* atau departementalisasi berdasarkan peralatan.
- 3) Mesin-mesin yang dipakai dalam proses produksi ini adalah mesin-mesin yang bersifat umum yang dapat digunakan untuk menghasilkan bermacam-macam produk dengan variasi yang hampir sama.
- 4) Pengaruh individual operator terhadap produk yang dihasilkan sangat besar, sehingga operatoornya perlu mempunyai keahlian atau keterampilan yang tinggi dalam pengerjaan produk tersebut.
- 5) Proses produksi tidak akan mudah terhenti walaupun terjadi kerusakan atau terhentinya salah satu mesin atau peralatan.
- 6) Karena mesin-mesinnya bersifat umum dan variasi dari produknya besar, maka terdapat pekerjaan-pekerjaan yang bermacam-macam sehingga pengawasannya lebih sulit.



- 7) Persediaan bahan baku biasanya lebih tinggi, karena tidak dapat ditentukan pesanan apa yang akan dipesan oleh pembeli dan juga persediaan bahan dalam proses akan lebih tinggi dibandingkan proses kontinyu, karena prosesnya terputus-putus atau terhenti-henti.
- 8) Bahan-bahan dipindahkan dengan dengan peralatan *handling* yang bersifat fleksibel (*varied path equipment*) dengan menggunakan tenaga manusia.
- 9) Sering dilakukan pemindahan bahan yang bolak-balik sehingga perlu adanya ruangan gerak (*aisle*) yang besar dan ruangan tempat bahan-bahan dalam proses (*work in process*) yang besar.

2.2 Uji Statistik Data

2.2.1 Uji Kecukupan Data

Menurut Sतालaksana (2006) uji kecukupan data adalah proses pengujian yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diambil untuk penelitian sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku. Pengujian kecukupan data dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

a. Tingkat ketelitian

Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum dari hasil perhitungan terhadap nilai waktu yang sebenarnya.

b. Tingkat kepercayaan

Tingkat kepercayaan menunjukkan besarnya probabilitas bahwa data yang sudah diambil berada dalam tingkat ketelitian yang sebelumnya telah ditentukan.

Uji kecukupan data bertujuan untuk mengetahui apakah data dari hasil pengukuran dengan tingkat kepercayaan dan tingkat ketelitian tertentu jumlahnya telah memenuhi atau tidak. Untuk menetapkan berapa jumlah observasi yang seharusnya dibuat (N^{-1}), maka terlebih dahulu harus ditetapkan tingkat kepercayaan (*confidence level*) dan derajat ketelitian (*degree of accuracy*) untuk pengukuran rancangan .



$$N^{-1} = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right] \quad (1)$$

Dimana :

N = Jumlah data yang didapat

X = Data yang didapat dari pengamatan

N⁻¹ = Jumlah pengamatan yang diperlukan

k = Harga indeks confidence (tingkat kepercayaan)

s = Tingkat ketelitian

Dari langkah uji keseragaman data-data dan kecukupan data akan didapat harga N' sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. $N' \leq N$ maka data yang telah diambil sudah cukup dan tidak perlu melakukan pengambilan data kembali.
- b. $N' \geq N$ maka data belum cukup dan harus melakukan pengambilan data tambahan sebanyak $N' - N$ data (Rusdianto, dkk., 2012).

2.2.2 Uji Keseragaman Data

Pegujian keseragaman data dilakukan untuk mengetahui homogenitas data atau untuk mengetahui tingkat keyakinan tertentu data yang diperoleh seluruhnya berada dalam batas kontrol. Data yang terlalu ekstrim sewajarnya dibuang dan tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya.

Uji keseragaman data dilakukan dengan tahapan perhitungan sebagai berikut:

- a. Membagi data ke dalam beberapa subgrup

Rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah subgrup

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (2)$$

Keterangan:

K = jumlah subgrup

N = jumlah pengamatan



b. Menghitung rata-rata subgrup

Rumus yang digunakan untuk menghitung rata-rata subgrup adalah

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_i}{k} \quad (3)$$

Keterangan:

\bar{x} = Nilai rata-rata subgrup (detik)

$\sum \bar{x}_i$ = Jumlah rerata-rata subgrup (detik)

k = Banyaknya subgrup

c. Menghitung standar deviasi dan waktu penyebaran

Rumus yang digunakan untuk menghitung standar deviasi adalah:

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - X)^2}{N}} \quad (\text{untuk } N > 30) \quad (4)$$

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - X)^2}{N-1}} \quad (\text{untuk } N < 30) \quad (5)$$

Keterangan:

Σ = Standar deviasi waktu

σ_2 = Standar deviasi dari nilai rata-rata subgrup

Σ = Standar deviasi waktu

N = Banyaknya data setiap subgrup

d. Menghitung standar deviasi dari distribusi rata-rata subgrup standar deviasi dari distribusi nilai rata-rata subgrup dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

Keterangan:

σ_x = Standar deviasi dari nilai rata-rata subgrup

σ = Standar deviasi waktu

N = Banyaknya data setiap subgrup

e. Menghitung nilai Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB)



Rumus untuk menghitung nilai Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB)

$$BKA = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{\bar{n}}} \quad (7)$$

$$BKB = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{\bar{n}}} \quad (8)$$

Keterangan:

BKA = Batas Kontrol Atas

BKB = Batas Kontrol Bawah

\bar{P} = Persentase Produktif

\bar{n} = Jumlah jam pengamatan

Data yang dikatakan seragam berada diantara kedua batas kendali, dan tidak seragam jika berada diluar batas kendali (Rusdianto, dkk., 2012).

2.3 Waktu Siklus, Waktu Normal dan Waktu Baku

2.3.1 Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu yang digunakan dalam melakukan suatu elemen kerja tanpa mempertimbangkan aspek kecepatan kerja dan kelonggaran. Data waktu siklus diambil berdasarkan sampel kemudian diolah agar didapatkan nilai rata-rata waktu siklus. Untuk menghitung waktu siklus, rumusnya seperti berikut (Krisnaningsih, dkk., 2020) :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_{i...n}}{\sum \text{Sub grup}} \quad (9)$$

Keterangan:

$\sum x$ = Jumlah rata-rata sampel

$\sum \text{sub grup}$ = Jumlah rata-rata dari sub grup

\bar{x} = Rata-rata waktu siklus



Waktu Normal

Waktu normal dihitung dengan cara perkalian antara faktor penyesuaian dengan nilai rata-rata waktu siklus. Metode penyesuaian yang digunakan dalam penghitungan waktu normal proses *racking* pada penelitian ini adalah metode *Westinghouse* (Krisnaningsih, dkk., 2020).

$$P = P1XP2$$

$$W_n = W_s \times P \quad (10)$$

Keterangan:

W_n = Waktu Normal

W_s = Waktu Siklus

P = Faktor Penyesuaian

$P1$ = Penyesuaian cara *Schumard*

$P2$ = Penyesuaian cara *Westinghouse*

2.3.3 Waktu Baku

Waktu baku adalah waktu yang diperlukan oleh manusia untuk menyelesaikan suatu pekerjaan secara tuntas. Waktu baku sudah mempertimbangkan aspek kecepatan kerja operator dan kelonggaran yang dibutuhkan oleh operator (Krisnaningsih, dkk., 2020).

$$W_b = W_n \times (1 + A) \quad (11)$$

Keterangan:

W_b = Waktu Baku

W_n = Waktu Normal

A = Kelonggaran (*allowance*)

Untuk menentukan tingkat kelonggaran menggunakan metode *Westinghouse*, sistem ini dikembangkan oleh *Westinghouse Electric Corporation* dengan mempertimbangkan 4 faktor antara lain Keterampilan, Usaha, Kondisi dan Konsistensi Kerja

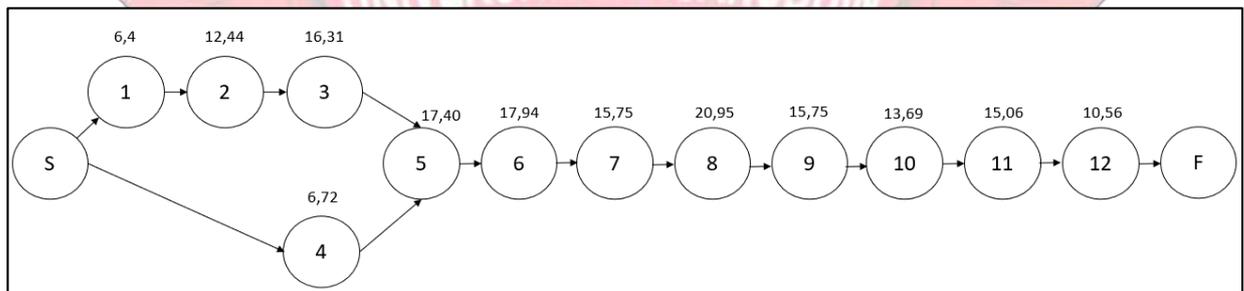
2.4 Precedence Diagram



Menurut Suherman (2011), *precedence* diagram adalah suatu gambaran yang menekankan pada hubungan antara jumlah tenaga kerja untuk mempersingkat waktu pelaksanaan perakitan suatu produk. *Precedence* diagram juga merupakan gambaran grafis yang melibatkan hubungan antara

dua atau lebih aktivitas dari operasi kerja untuk mempermudah dalam proses pengawasan dan perencanaan aktivitas kerja (Mu'alim, 2021). Pendistribusian elemen kerja yang dilakukan untuk setiap stasiun kerja harus memperhatikan *precedence diagram*. *Precedence diagram* merupakan suatu gambaran grafis dari urutan pekerjaan yang memperlihatkan keseluruhan dan ketergantungan antar masing-masing operasi, dimana suatu operasi tertentu tidak dapat dikerjakan sebelum operasi yang mendahuluinya dikerjakan terlebih dahulu. Diagram ini dibuat berdasarkan *Operation Process Chart (OPC)*.

Precedence diagram berbasis dari *Operation Process Chart*, *Precedence diagram* tidak dapat dibuat sebelum adanya *Operation Process Chart*. Simbol yang digunakan di dalam *arrow* di *precedence diagram* menunjukkan komponen yang akan dibuat tahapannya.



Gambar 1 Contoh Precedence Diagram

(Sumber: (Basuki, dkk., 2019)

Precedence diagram akhirnya mampu menunjukkan komponen yang akan dibuat berdasarkan tahapan-tahapannya, jenis komponen dan waktu yang dibutuhkan saat pelaksanaannya (Arif, 2017)

2.5 Line Balancing

2.5.1 Definisi Line Balancing

Line balancing merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu *assembly line* ke *work stations* untuk meminimumkan banyaknya *work station* dan meminimumkan total harga *idle time* pada semua stasiun untuk tingkat *output* tertentu. Dalam penyeimbangan tugas ini, kebutuhan waktu per unit produk yang



dispesifikasikan untuk setiap tugas dan hubungan sekuensial harus dipertimbangkan.

Menurut Purnomo yang dikutip dalam (Basalamah, dkk., 2021) *line balancing* merupakan sekelompok orang atau mesin yang melakukan tugas-tugas sekuensial dalam merakit suatu produk yang diberikan kepada masing-masing sumber daya secara seimbang dalam setiap lintasan produksi, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi di setiap stasiun kerja. Sedangkan Menurut Rosyada (2023:153) *Line balancing* merupakan proses pembagian kerja kepada *work station* untuk memperoleh kesetimbangan setiap *work station* dengan kumpulan dari beberapa elemen kerja yang merupakan satu kesatuan.

Definisi lain dari *Line balancing* adalah suatu penugasan dari sejumlah pekerjaan yang ada di dalam stasiun-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lintasan atau lini produksi. Stasiun kerja tersebut memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dan stasiun kerja. Fungsi dari *line balancing* adalah membuat suatu lintasan yang seimbang dari sejumlah pekerjaan (Basalamah, dkk., 2021).

2.5.2 Konsep *Line Balancing*

Keseimbangan lintasan adalah upaya untuk meminimumkan ketidakseimbangan diantara mesin-mesin atau personil untuk mendapatkan waktu yang sama di setiap stasiun kerja sesuai dengan kecepatan produksi yang diinginkan. Secara teknik keseimbangan lintasan dilakukan dengan jalan mendistribusikan setiap elemen kerja ke stasiun kerja dengan acuan waktu siklus/*cycle time* (CT) (Djunaidi & Angga, 2017). Kriteria umum keseimbangan lintasan produksi adalah memaksimumkan efisiensi atau meminimumkan *balance delay*. Tujuan utama menyusun *line balancing* adalah untuk membentuk dan menyeimbangkan beban kerja yang dialokasikan pada tiap stasiun kerja. *Line Balancing* merupakan salah satu faktor penting dalam menjalankan produksi. Adapun manfaat dari *line balancing* menurut Baroto (2002) yang dikutip dalam (Fitri, dkk., 2022) adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan efisiensi proses (*improve process efficiency*)



- b. Menghindari waktu pada proses atau stasiun yang mengganggu (*reduce idle time*)
- c. Mengurangi waktu proses secara keseluruhan (*reduce total processing time*)
- d. Meningkatkan rasio pencapaian target produksi (*Increase production rate*)
- e. Meningkatkan profit (*increase profit*)
- f. Mengurangi pemborosan dan biaya-biaya yang tidak diperlukan (*Reduce waste and unnecessary cost*).

Lintasan yang baik apabila memperhatikan hal berikut (Fitri, dkk., 2022) :

- a. Pemerataan distribusi kerja yang seimbang di setiap stasiun kerja yang terdapat di dalam suatu lintasan produksi fabrikasi atau suatu lintasan perakitan yang bersifat manual
- b. Pergerakan aliran benda kerja yang kontinyu pada kecepatan yang seragam
- c. Arah aliran material harus tetap sehingga memperkecil daerah penyebaran dan mencegah timbulnya atau setidaknya mengurangi waktu menunggu karena keterlambatan benda kerja
- d. Produksi yang kontinyu guna menghindari adanya penumpukan benda kerja di lain tempat sehingga diperlukan aliran benda kerja pada lintasan produksi secara kontinyu.

2.5.3 Istilah-istilah dalam *Line Balancing*

Adapun beberapa istilah yang digunakan untuk mencari perhitungan dalam *line balancing* sebagai berikut (Basalamah, dkk., 2021) :

- a. *Line Efficiency* (LE) merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja terhadap waktu siklus (*cycle time*) dikalikan dengan jumlah stasiun kerja (*work station*).

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{(K)(CT)} \times 100\% \quad (12)$$

- b. *Balance Delay* (BD) adalah rasio antara waktu menunggu dalam lintasan perakitan dengan waktu yang tersedia pada lini perakitan



- c. *Takt time* dapat dijelaskan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk berdasarkan pada kecepatan permintaan pelanggan.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{total waktu tersedia}}{\text{permintaan}} \quad (13)$$

- d. Stasiun kerja adalah tempat pada lini praktan dimana sebuah proses perakitan atau lebih dilakukan. Menentukan jumlah stasiun kerja dapat ditetapkan dengan rumus:

$$\text{Jumlah stasiun kerja} = \frac{\sum ws}{\text{Takt time}} \quad (14)$$

2.5.4 Metode-Metode dalam *Line Balancing*

Metode umum *Line Balancing* terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi, diantaranya yaitu:

- a. Metode Analitik (Matematik)

Metode analitik (Matematik) merupakan metode yang menghasilkan suatu solusi optimal. Secara umum metode analitik ini memiliki prosedur sebagai berikut (Wastiti, dkk., 2022):

- 1) Menetapkan keputusan variable, yaitu variable x dan y.
- 2) Menetapkan fungsi tujuan Z, yaitu persamaan linear yang berkaitan dengan keputusan variable, yang menunjukkan tujuan usaha pemecahan persoalan. Persoalan ini menaksir pengaruh tujuan dan pemilihan nilai keputusan variabel yang berbeda. Secara fungsinya tujuan Z dirumuskan sebagai berikut:

$$(Z = ax + by) \quad (15)$$

Keterangan:

A = Jumlah Kontribusi dari variabel x

B = Jumlah Kontribusi dari variabel y

- b. Metode Heuristik

Menurut Kusuma dan Chirzun (2017) yang dikutip dalam (Basuki, dkk., 2019), metode Heuristik merupakan metode perencanaan yang paling nyata kemungkinannya untuk direalisasikan dan diaplikasikan ke dalam permasalahan nyata, Perencanaan metode *trial and error*, melalui pengamatan antara



permintaan kumulatif dan rata – rata permintaan kumulatifnya. Adapun langkah-langkah perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut (Basuki, dkk., 2019) :

- 1) Menggambarkan histogram permintaan dan tentukan kecepatan produksi (Pt) rata – rata yang diperlukan untuk memenuhi permintaan,
- 2) Menggambarkan grafik permintaan kumulatif terhadap waktu serta grafik permintaan rata – rata kumulatif terhadap waktu. Identifikasikan periode – periode terjadinya kekurangan barang (*backorder*) dan periode – periode adanya kelebihan barang (*inventory*).
- 3) Menentukan strategi yang akan digunakan untuk mengatasi kekurangan dan kelebihan barang tersebut,
- 4) Menghitung biaya yang ditimbulkan oleh setiap strategi dan memilih biaya yang terkecil.

Beberapa metode heuristik yang umum dikenal, antara lain:

- 1) Metode *Ranked Positional Weight (RPW)*

Metode *Ranked Positional Weight (RPW)* atau metode peringkat bobot posisi yang merupakan metode yang diinisiasi oleh Helgeson dan Birnie (Helgeson dan Birnie, 1961). Menurut Rahman (2015) dalam (Setyawan, dkk., 2021), metode *ranked positional weight* atau helgesson-birnie adalah metode yang menerapkan prinsip bobot posisi dalam pengerjaannya. Yang dimaksud dengan bobot posisi dari suatu penugasan adalah jumlah waktu pelaksanaan tugas dari suatu tugas dan semua tugas-tugas yang mengikutinya. Cara penentuan tugas-tugas yang mengikutinya dilihat dari *precedence* diagram yang telah dibuat. Sedangkan menurut Shukla (2018) dalam (Setyawan, dkk., 2021) metode *ranked positional weight* adalah metode hasil perpaduan antara metode *largest candidate rule* dan metode *killbridge and western*. Metode *ranked positional weight* menerapkan prinsip dengan



pengurutan bobot terbesar seperti metode *largest candidate rule* dengan tetap memperhatikan *precedence* diagram seperti metode *killbridge and western*.

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

Terdapat beberapa langkah-langkah dalam penerapan metode *ranked positional weight* ini, yaitu:

- a) Membuat *precedence* diagram atau jaringan kerja dari peta proses produk.
- b) Menghitung waktu siklus.
- c) Menghitung jumlah *work station* minimum.
- d) Membuat matriks lintasan untuk setiap operasi berdasarkan *precedence* diagram.
- e) Menghitung bobot posisi setiap operasi yang dihitung berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya sesuai matriks lintasan.
- f) Mengurutkan operasi-operasi mulai bobot paling besar sampai dengan bobot paling kecil.
- g) Melakukan penugasan operasi kedalam *work station*, melakukan penugasan mulai dari operasi yang memiliki



bobot terbesar hingga terkecil dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil daripada waktu siklus.

- h) Apabila total operasi lebih besar dari waktu siklus, operasi dibebankan kedalam *work station* berikutnya.
- i) Melakukan *trial and error*. Untuk mendapatkan efisiensi tertinggi.
- j) Menghitung efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothes index*

2) Metode *Largest Candidate Rules (LCR)*

Metode *Largest Candidate Rules (LCR)* atau metode waktu operasi terpanjang merupakan metode yang diperkenalkan oleh Moodie dan Young (Moodie dan Young, 1965). Dalam metode ini juga terdapat kelebihan dan kelemahan yang dapat menjadi bahan pertimbangan. Kelebihan dari metode ini adalah secara keseluruhan metode ini memiliki tingkat kemudahan yang lebih tinggi dibanding metode lainnya tetapi hasil yang diperoleh masih harus saling dipertukarkan dengan cara *trial* dan *error* untuk mendapatkan penyusunan stasiun kerja yang optimal. Sedangkan kelemahannya adalah didapatkan lebih banyak operasi seri yang digabungkan ke dalam satu stasiun kerja, metode ini mengurutkan elemen dari terbesar ke terkecil (Dwitya, 2019).

Metode *Largest Candidate Rule* merupakan metode yang paling sederhana, Adapun prosedur metode tersebut secara jelas dapat dijelaskan sebagai berikut (Rachman, 2015):

- a) Menentukan *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya
- b) Mengurutkan semua elemen operasi dari waktu yang terbesar hingga ke yang terkecil
- c) Melanjutkan proses langkah kedua, hingga semua elemen kerja telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi waktu siklus (*cycle time*).



3) Metode *Region Approach* (RA)

Metode *Region Approach* (RA) atau metode pendekatan wilayah merupakan metode yang diperkenalkan oleh Kilbridge dan Webster (Kilbridge dan Webster, 1961). Pendekatan ini melibatkan pertukaran antara pekerjaan setelah diperoleh keseimbangan lintasan mula-mula. Dengan pendekatan ini kombinasi dari pekerjaan yang sesuai untuk pertukaran akan menjadi sangat kaku dan tidak layak untuk jaringan yang besar. Sebagai dasar pembobotannya adalah OPC yang ditransformasikan menjadi *precedence diagram* dengan langkah-langkah sebagai berikut (Dwitya, 2019) :

- a) Menentukan *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.
- b) Membagikan operasi ke dalam *precedence diagram* dalam beberapa *region* atau daerah dari kiri ke kanan, dengan syarat dalam satu daerah tidak boleh ada operasi yang saling bergantung. Mengumpulkan semua pekerjaan ke wilayah *precedence* yang terakhir. Hal tersebut akan menjamin bahwa pekerjaan dengan sedikit ketergantungan akan paling sedikit dipertimbangkan untuk pekerjaan yang paling akhir dalam penjadwalannya.
- c) Mengurutkan waktu pekerjaan dari yang paling maksimum ke yang paling minimum ke dalam setiap wilayah *precedence*. Hal tersebut akan menjamin pekerjaan terbesar akan diprioritaskan terlebih dahulu, memberikan kesempatan untuk memperoleh kombinasi yang paling baik dengan pekerjaan-pekerjaan yang lebih kecil.
- d) Pengelompokkan pekerjaan-pekerjaan dengan urutan sebagai berikut :
 - i. Mula-mula wilayah paling kiri
 - ii. Dalam sebuah wilayah, mula-mula dikerjakan pekerjaan yang mempunyai waktu yang terbesar



e) Mengelompokkan operasi ke dalam stasiun kerja berdasarkan syarat yang tidak melebihi waktu maksimum yang telah ditetapkan. Pada akhir setiap stasiun kerja, harus diputuskan penggunaan waktunya dapat diterima atau tidak. Jika tidak diterima, maka dilakukan pemeriksaan semua pekerjaan yang memiliki hubungan *precedence*. Kemudian dilakukan penentuan penggunaan akan meningkat jika dilakukan pertukaran pekerjaan yang berada dalam wilayah yang sama atau sebelumnya dengan pekerjaan yang sedang dipertimbangkan. Jika penggunaan meningkat, maka dilakukan pertukaran.

f) Melanjutkan hingga semua elemen operasi ditempatkan pada semua stasiun kerja.

c. Metode Probabilistik

Metode probabilistik digunakan dalam bentuk-bentuk distribusi yang merupakan data actual dari operasi. Metode probabilistik mengasumsikan suatu yang lebih realistis, di mana waktu-waktu kegiatan mencerminkan distribusi kemungkinan (*probabilistic distribution*).

Kemungkinan distribusi waktu-waktu kegiatan didasarkan atas 3 perkiraan waktu yang disusun untuk setiap kegiatan, yaitu (Wastiti, dkk., 2022):

- 1) Waktu optimis
- 2) Waktu pesimis
- 3) Waktu yang paling mungkin dapat dicapai

2.6 Langkah-Langkah Pemecahan Masalah pada *Line Balancing*

Terdapat sejumlah langkah pemecahan masalah *line balancing*. Berikut ini merupakan langkah-langkah pemecahan masalah adalah sebagai berikut.

- a) Mengidentifikasi tugas-tugas individual atau aktivitas yang akan dilakukan. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tugas itu. Menetapkan *precedence constraints*, jika ada yang berkaitan dengan setiap tugas itu.



- d. Menentukan *output* dari *assembly line* yang dibutuhkan.
- e. Menentukan waktu total yang tersedia untuk memproduksi *output*.
- f. Menghitung *cycle time* yang dibutuhkan, misalnya waktu diantara penyelesaian produk yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *output* yang diinginkan dalam batas toleransi dari waktu (batas waktu yang diijinkan).
- g. Memberikan tugas-tugas kepada pekerja atau mesin.
- h. Menetapkan minimum banyaknya stasiun kerja (*work stasion*) yang dibutuhkan untuk memproduksi *output* yang diinginkan.
- i. Menilai efektifitas dan efisiensi dari solusi.
- j. Mencari terbosan-terobosan untuk memperbaiki proses terus-menerus (*continous process improvement*)

Line balancing biasanya dilakukan untuk meminimumkan ketidakseimbangan diantara mesin-mesin atau personel agar memenuhi yang diinginkan dari *assembly line* itu. Menyelesaikan masalah *line balancing*, manajemen industri harus dapat mengetahui tentang metode kerja, peralatan-peralatan, mesin-mesin dan personel yang digunakan dalam proses kerja. Selain itu, diperluksn informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap *assembly line* dan *precedence relationship* diantara aktivitas-aktivitas yang merupakan susunan dan urutan dari berbagai tugas yang perlu dilakukan (Gaspersz, 2004).

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	Mokh Afifuddin (2019) (Afifuddin, 2019)	Penerapan <i>Line Balancing</i> Menggunakan Metode <i>Ranked Position Weight (RPW)</i> untuk meningkatkan <i>Output</i> Produksi pada <i>Home Industri</i> Pembuatan Sepatu Bola	Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode <i>Heuristic Rank Position Weight (RPW)</i>	Hasil penerapan Metode <i>heuristic Rank Position Weight (RPW)</i> memperoleh hasil dengan waktu siklus 10,88 detik dalam 5 stasiun kerja yang mampu mengurangi waktu delay 56,25% dari kondisi awal. Sehingga efesinsi



No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
				<p>sistem meningkat dari 39, 8% menjadi 96, 05 % karena adanya penurunan dari waktu mengganggu. Dengan efisiensi sistem meningkat, maka output produksi yang didapatkan juga ikut meningkat 100% dari 22 pasang/hari menjadi 44 pasang/hari.</p>
2.	Mahmud Basuki, Hermanto MZ, Selvia Aprilyanti dan Muhammad Junaidi (2019) (Basuki, dkk., 2019).	Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi dengan Pendekatan Metode Heuristik	Penelitian ini menggunakan pendekatan metode Heuristik. Metode heuristik memiliki tiga metode yaitu: metode bobot posisi (<i>Ranked Positional Weight</i>), metode pembebanan berurut (<i>Large Candidate Rule</i>), dan metode pendekatan wilayah	Hasil penelitian didapat bahwa metode region approach lebih diutamakan karena pendekatan wilayah dapat dimaksimalkan dengan mengatur layout stasiun kerja, sehingga waktu kelonggaran dapat diminimalkan. Hasil analisis dengan metode <i>region approach</i> , mendapatkan tingkat efisiensi pada lintasan produksi sebesar 80,48% dengan <i>balance delay</i>



No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			<i>(Region Approach)</i>	19,52%, angka ini menunjukkan efisiensi yang dapat dicapai pada lintasan produksi dari total waktu keseluruhan proses produksi.
3.	Indrani Dharmayanti dan Hafif Marliansyah (2019) (Dharmayanti & Marliansyah, 2019)	Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi dengan Menggunakan Metode <i>Line Balancing</i>	Pada penelitian ini menggunakan metode Killbridge dan Wester dan <i>Rank Position Weight</i>	Dari hasil analisis menggunakan kedua metode <i>line balancing</i> tersebut diperoleh hasil efisiensi lini sebesar 76,1%, meningkat sebesar 43,1% dari efisiensi keadaan lintasan awal sebesar 33%. Hasil perhitungan <i>balance delay</i> (BD) adalah sebesar 23,92% turun 53% dari kondisi awal; dan <i>smoothness index</i> 17,79 turun sebesar 74,98 yang artinya hasil analisis lintasan usulan lebih efisien dibandingkan dengan keadaan lintasan awal
	G. Nugrianto, M. Syambas, R. Diky dan N. Demus	Analisis Penerapan <i>Line Balancing</i> untuk Peningkatan	Dalam penelitian ini, ada 2 metode yang	Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan



No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
	(2020) (Nugrianto, dkk., 2020).	Efisiensi pada Proses Produksi Pembuatan Pagar Besi Studi Kasus : CV. Bumen Las Kontraktor	digunakan dalam perancangan line balancing ini yaitu metode <i>Ranked Positional Weight</i> dan metode <i>Killbridge-Wester-Heuristic</i>	metode <i>ranked position weight</i> lebih unggul dengan jumlah stasiun kerja 4, <i>efficiency line</i> 91%, <i>balance delay</i> 9%, <i>smoothing index</i> 34,1, dan mempunyai hasil yang lebih baik dari pada sebelum menggunakan metode tersebut.
5.	Mustofa dan Muhammad Fikar Usman (2020) (Mustofa & Usman, 2020)	Evaluasi dan Peningkatan Performasi Lini Perakitan Kendaraan Khusus Menggunakan Metode Line Balancing pada PT. Pindad (Persero)	Dalam Penelitian ini menggunakan metode-metode <i>heuristic line balancing</i> yang terdiri dari <i>largest candidate rule, ranked positional weight</i> dan <i>region approach</i> .	Hasil dari penelitian ini adalah rekomendasi untuk lini perakitan kendaraan khusus dengan metode <i>line balancing ranked positional weight</i> dengan nilai <i>line efficiency</i> sebesar 94,1%, <i>balance delay</i> 5,9%, dan <i>smoothness index</i> 8,86.
6.	Febe Mugilia Wastiti, Wahyu Wulandari dan Mulyono (2022) (Wastiti, dkk., 2022).	Analisis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini (<i>Line Balancing</i>) pada Sistem Produksi (Studi pada PT Starvi Nusa	Dalam penelitian ini menggunakan metode <i>Ranked Positional Weight (RPW)</i> dan metode <i>Modie Young</i>	Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan <i>line efficiency</i> yang didapat dari penyeimbangan lini yang terbentuk dengan



No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
		Gemilang- (Jakarta)		menggunakan metode <i>Ranked Positional Weight</i> (RPW) mengalami peningkatan menjadi 14,51%, dan dengan menggunakan metode <i>Moodie Young line</i> efficiencynya juga mengalami peningkatan sebesar 71,96% dari kondisi awal sebesar 11,29%.

- a. Penelitian yang dilakukan oleh Mokh Afifuddin tentang *line balancing* pada tahun 2019 dengan judul “Penerapan *Line Balancing* Menggunakan Metode *Ranked Position Weight (RPW)* untuk Meningkatkan *Output* Produksi pada *Home* Industri Pembuatan Sepatu Bola”. Perbedaan penelitian ini hanya menggunakan metode RPW dan juga jenis *output* yang dihasilkan perusahaan juga berbeda.
- b. Penelitian yang dilakukan oleh Mahmud Basuki, Hermanto MZ, Selvia Aprilyanti dan Muhammad Junaidi pada tahun 2019 tentang *line balancing* dengan judul “Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi dengan Pendekatan Metode Heuristik”. Perbedaan penelitian terletak pada objek yang diteliti.
- c. Pada penelitian yang dilakukan Indrani Dharmayanti dan Hafif Marliansyah pada tahun 2019 tentang *line balancing* dengan judul “Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi dengan Menggunakan Metode *Line Balancing*”. Penelitian ini hanya menggunakan dua metode yaitu *Killbridge* dan *Wester* dan *Rank Position Weight*.



- d. Penelitian yang dilakukan oleh G. Nugrianto, M. Syambas, R. Diky dan N. Demus pada tahun 2020 tentang *line balancing* dengan judul “Analisis Penerapan *Line Balancing* untuk Peningkatan Efisiensi pada Proses Produksi Pembuatan Pagar Besi Studi Kasus : CV. Bumen Las Kontraktor”. Perbedaan penelitian ini hanya menggunakan metode RPW, walaupun sama-sama melihat keseimbangan produksi. Namun terdapat perbedaan dari segi produk yang dihasilkan.
- e. Penelitian yang dilakukan oleh Mustofa dan Mohammad Fikar Usman pada tahun 2020 tentang *line balancing* dengan judul “Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan Kendaraan Khusus Menggunakan Metode *Line Balancing* pada PT. Pindad (Persero)”. Perbedaan penelitian ini melakukan evaluasi terhadap penyeimbangan lini produksi yang telah dilakukan perusahaan sebelumnya.
- f. Penelitian yang dilakukan oleh Febe Mugilia Wastiti, Wahyu Wulandari dan Mulyono pada tahun 2022 tentang *line balancing* dengan judul “Analsis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini Produksi (*Line Balancing*) pada Sistem Produksi”. Perbedaan penelitian ini hanya menggunakan dua metode yaitu *Ranked Positional Weight* (RPW) dan metode Modie Young. Selain itu terdapat perbedaan dari segi produk yang diteliti.

