

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Keseimbangan lini produksi bermula dari lini produksi masal, dimana tugas-tugas yang dikerjakan dalam proses harus dibagi kepada seluruh operator agar beban kerja dari operator merata. Jadi masalah keseimbangan adalah bagaimana suatu pekerjaan dapat diselesaikan dengan beban kerja setiap stasiun kerja menjadi seimbang dan menghasilkan jumlah keluaran atau *output* yang hampir sama persatuan waktu (rara-rata).

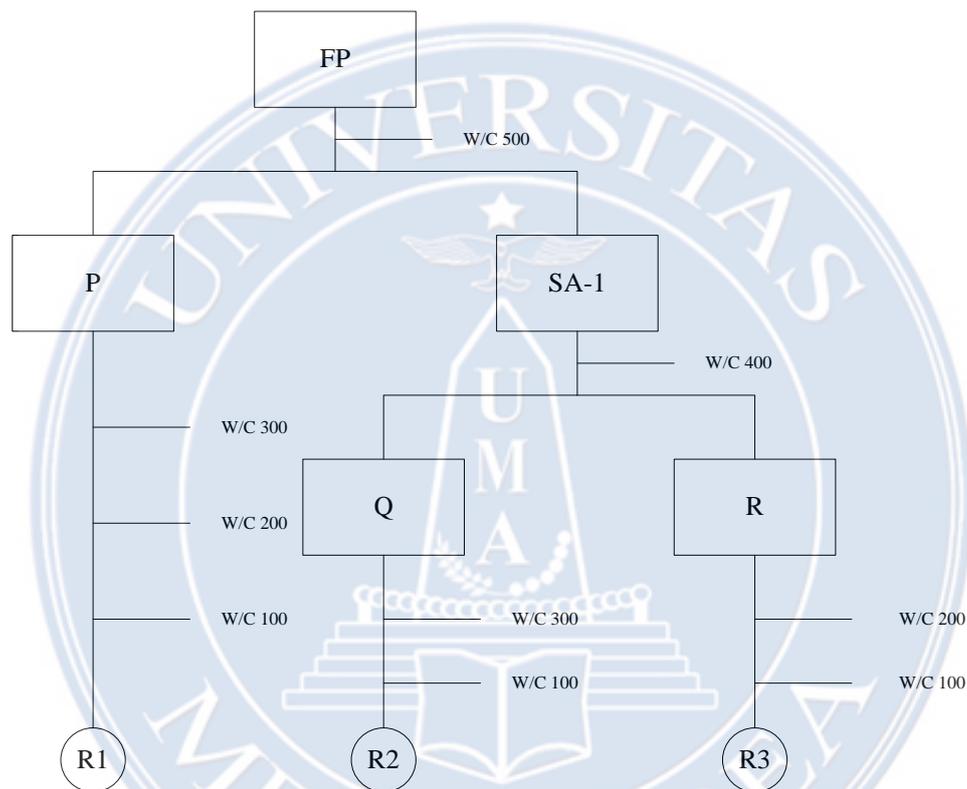
Dengan kata lain keseimbangan lini yang dimaksud adalah persamaan kapasitas keluaran atau *output* dari setiap operasi berikutnya dalam suatu lintasan, dimana apabila semua kapasitas keluaran atau *output* tersebut sama, maka tercapailah keseimbangan yang sempurna namun jika kapasitas keluaran atau *output* tersebut tidak sama, maka keluaran maksimum yang mungkin tercapai untuk lintasan tersebut secara keseluruhan akan ditentukan oleh operasi yang paling lambat atau yang mengalami kemacetan (*bottleneck*) itulah yang akan membatasi arus pada lintasan tersebut.

#### 2.1. Defenisi *Line Balancing*

Istilah *line balancing* atau penyeimbangan lini dengan nama lain *assembly line balancing* adalah suatu metode penugasan terhadap sejumlah pekerjaan kedalam stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu kerja yang besarnya tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut. Hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu *precedence diagram* atau *precedence network* (Bedworth, 1987).

## 2.2. Struktur Produk

Struktur Produk (*Product structure tree*) menjelaskan secara diagram bagaimana produk akhir yang akan diproduksi disusun dari komponen-komponennya. Struktur produk pada umumnya dibuat oleh Bagian Desain dan Rekayasa. Misalkan produk yang akan dibuat adalah sebuah produk yang dirakit dari 4 komponen dengan struktur produk seperti pada gambar.



**Gambar 2.1. Struktur Produk Manufaktur Part (FP)**

Keterangan Gambar:

FP = *Finished Product* yang dirakit dari *part* P dan SA-1 pada W/C 500

P = *Manufactured Part* yang dihasilkan melalui proses operasi pada tiga stasiun kerja yaitu W/C 100, W/C 200 dan W/C 300

SA-1 = *Sub-assembly* yang dirakit proses operasi W/C 400 dari *part* Q dan R

Q = *Manufactured part* yang dihasilkan melalui proses operasi pada W/C 300

R = *Part* yang dihasilkan oleh proses operasi di stasiun kerja W/C 100 dan W/C 200

### 2.3. *Bill of Material (BOM)*

*Bill of materials* juga menunjukkan bagaimana produk akhir dibentuk atau disusun dari komponen-komponennya. Perbedaannya ialah *Bill of Materials* tidak ditampilkan dalam diagram tetapi dalam bentuk file sehingga dapat mencakup informasi yang lebih lengkap tentang produk yang akan dibuat.

*Bill of materials* memperlihatkan berbagai informasi tentang produk jadi dan semua komponen penyusunnya seperti level dari masing-masing komponen, jumlah komponen yang dibutuhkan per unit parent item, sumber part per komponen yang dibutuhkan apakah dibeli atau dibuat, nomor stok dan lain-lain yang semuanya dibutuhkan dalam perencanaan dan eksekusi rencana pembuatan produk tersebut.

*Bill of material* adalah sebuah daftar jumlah komponen, campuran bahan, dan bahan baku yang diperlukan untuk membuat suatu produk. *Bill Of Material* tidak hanya menspesifikasikan produksi, tapi juga berguna untuk pembebanan biaya, dan dapat dipakai sebagai daftar bahan yang harus dikeluarkan untuk karyawan produksi atau perakitan. *Bill Of Material* digunakan dengan cara ini, biasanya dinamakan daftar pilih.

Adapun Jenis-jenis BOM adalah:

*Modular Bills* yaitu *bill of material* yang dapat diatur di seputar modul produk, modul merupakan komponen yang dapat diproduksi dan dirakit menjadi satu unit produk.

*Planning Bills* dan *Phanton Bills*. *Bill* untuk perencanaan diciptakan agar dapat menugaskan induk buatan kepada *bill of materialnya*. Sedangkan *Phantom Bill* adalah *bill of material* untuk komponen, biasanya sub-sub perakitan yang hanya ada untuk sementara waktu.

dibedakan atas dua macam antara lain:

1. *Single-level bill of materials*

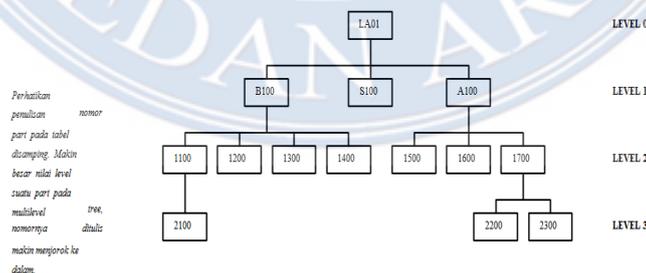
*Single-level bill of materials* adalah sebuah *file* yang memperlihatkan hubungan antara produk akhir dan setiap *part*, komponen, dan *sub-assembly* yang bersifat langsung.

Contoh *Single-level bill of materials*

ABC Lamp Company Bill of Material, Part LA01				
Part Number	Description	Quantity for Each Assembly	Unit of Measure	Decision
B100	Base assembly	1	Each	Make
S100	14" Black shade	1	Each	Make
A100	Socket assembly	1	Each	Buy

**Contoh *Single-level bill of materials***

1. *Single-level bill of materials* tidak cukup untuk menggambarkan produk yang memiliki *subassembly*. Untuk produk dengan *Subassembly*, digunakan *multilevel Tree* dan *Multilevel Bill of Material*. *Multilevel Tree* berupa “Pohon” dengan beberapa level yang menggunakan struktur produk. Produk akhir berada pada level 0 (nol), dan nomor level bertambah untuk level-level dibawahnya. Contoh *multilevel Tree* dan contoh *Multilevel Bill of Material*. Pada *Multilevel Bill of Material* penulisan setiap level ditandai dengan format penulisan *part number*.



**Contoh Struktur *Multilevel Tree***

ABC Lamp Company Bill of Material, Part LA01				
Part Number	Description	Quantity for Each Assembly	Unit of Measure	Decision
B100	Base assembly	1	Each	Make
1100	Finished shaft	1	Each	Make
2100	3/8" Steel tubing	26	Inches	Buy
1200	7"-Diameter steel plate	1	Each	Make
1300	Hub	1	Each	Make
1400	1/4-20 Screws	4	Each	Buy
S100	14" Black shade	1	Each	Make
A100	Socket assembly	1	Each	Make
1500	Steel holder	1	Each	Make
1600	One-way socket	1	Each	Buy
1700	Wiring assembly	1	Each	Make
2200	16-Gauge lamp cord	12	Feet	Make
2300	Standard plug terminal	1	Each	Buy

**Contoh: *Multilevel Bill of Material***

**2.4. Peta Proses Operasi (OPC)**

Peta proses operasi adalah diagram yang menggambarkan langkah-langkah-langkah proses pengerjaan material, mulai dari bahan baku hingga menjadi komponen atau produk jadi.

OPC memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut: waktu yang dihabiskan, material yang digunakan, dan tempat atau mesin yang dipakai untuk memproses material. Jadi, dalam suatu peta proses operasi yang dicatat hanyalah kegiatan-kegiatan operasi dan pemeriksaan, terkadang pada akhir operasi dicantumkan kegiatan penyimpanan.

Manfaat OPC adalah:

- a. Untuk mengetahui kebutuhan mesin dan penganggarnya,
- b. Untuk memperkirakan kebutuhan bahan baku,

- c. Salah satu alat untuk menentukan tataletak pabrik,
- d. Salah satu alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang berlaku dan,
- e. Sebagai alat untuk latihan kerja.

Prinsip-prinsip penyusunan OPC adalah:

- a. Pada baris paling atas terdapat kepala peta "*Operation Process Chart*" dan identifikasi lain: nama objek yang dipetakan, nama pembuat peta, tanggal dipetakan, cara lama atau cara sekarang, nomer peta, dan nomer gambar,
- b. Material yang akan diproses diletakkan diatas garis horizontal, untuk menunjukkan bahwa material tersebut masuk kedalam proses,
- c. Lambang-lambang ditempatkan dalam arah vertical, yang menunjukkan terjadinya perubahan proses,
- d. Penomoran terhadap suatu kegiatan operasi diberikan secara berurutan, sesuai dengan urutan operasi yang dibutuhkan untuk pembuatan produk tersebut, atau sesuai dengan proses yang terjadi.
- e. Penomoran terhadap suatu kegiatan inspeksi diberikan secara tersendiri dan prinsipnya sama dengan penomoran untuk kegiatan operasi.
- f. Pada bagian bawah OPC dibuat ringkasan yang memuat informasi: jumlah operasi, jumlah inspeksi, dan jumlah waktu yang diperlukan.

Peta kerja merupakan alat komunikasi yang sistematis dan logis guna menganalisis proses kerja dari tahap awal sampai akhir.

Agar diperoleh gambar proses operasi yang baik, produk yang biasanya paling banyak memerlukan operasi, harus dipetakan terlebih dahulu, berarti dipetakan dengan garis vertikal disebelah kanan halaman kertas.

Ada empat hal yang harus diperhatikan/dipertimbangkan agar diperoleh suatu proses kerja yang baik melalui analisa peta proses operasi yaitu; analisa terhadap bahan-bahan,

operasi, pemeriksaan dan terhadap waktu penyelesaian suatu proses. Keempat hal tersebut diatas, dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bahan-bahan

Kita harus mempertimbangkan semua alternatif dari bahan yang digunakan, proses penyelesaian dan toleransi sedemikian rupa sehingga sesuai dengan fungsi, reabilitas, pelayanan dan waktunya.

2. Operasi di lambangkan dalam Lingkaran

Dalam hal ini perlu diperhatikan mengenai semua alternatif yang mungkin untuk proses pengolahan, pembuatan, pengerjaan dengan mesin atau metode perakitannya, beserta alat-alat dan perlengkapan yang digunakan. Perbaikan yang mungkin bisa dilakukan misalnya dapat menghilangkan, menggabungkan, mengubah atau menyederhanakan operasi-operasi yang terjadi.

3. Pemeriksaan dilambangkan dengan Persegi

Dalam hal ini kita harus mempunyai standar kualitas jika dibandingkan dengan standar kualitas ternyata lebih baik atau cenderung sama. Proses pemeriksaan bisa dilakukan dengan baik pada teknik *sampling* atau satu persatu dari semua objek yang dibuat dengan teknik *sampling* atau satu persatu dari semua objek yang dibuat tentunya cara terakhir tersebut dilaksanakan apabila jumlah produksinya sedikit.

4. Waktu dilambangkan dengan D

Untuk mempersingkat waktu penyelesaian, kita harus mempertimbangkan semua alternatif mengenai metoda, peralatan dan tentunya penggunaan perlengkapan-perengkapan khusus.

Beberapa keuntungan dan kegunaan dari *peta proses operasi* (OPC) ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkombinasikan lintasan produksi dan peta rakitan sehingga memberikan informasi yang lebih lengkap.
2. Menunjukkan operasi yang harus dilakukan untuk tiap komponen.
3. Menunjukkan urutan operasi pada tiap komponen.
4. Menunjukkan urutan fabrikasi dan rakitan dari tiap komponen.
5. Menunjukkan kerumitan nisbi dari fabrikasi tiap komponen.
6. Menunjukkan hubungan antar komponen.
7. Menunjukkan panjang dari lintas fabrikasi dan ruang yang dibutuhkan.
8. Menunjukkan titik tempat komponen memasuki proses.
9. Menunjukkan tingkat kebutuhan sebuah rakitan-bagian.
10. Membedakan antara komponen yang dibuat dengan yang dibeli.
11. Membantu perencanaan tempat kerja mandiri.
12. Menunjukkan jumlah pekerja yang dibutuhkan.

Standar pengerjaan Peta Proses Operasi adalah:

1. Pilih komponen pertama yang akan digambarkan, jika peta akan digunakan sebagai dasar bagi sebuah jalur rakitan bagian yang mempunyai komponen paling banyak sebaiknya dipilih pertama kali, mulai dari sudut kanan kertas, catat operasi rakitan. Komponen-komponen yang dibeli dalam keadaan jadi digambarkan dengan garis pendek ke kiri.
2. Jika semua operasi rakitan dan pemeriksaan pada bagian utama sudah masuk, lanjutkan ke operasi fabrikasi, dalam urutan terbalik, gambarkan garis mendatar pada bagian kanan atas peta ke kanan, untuk menuliskan bahan baku, uraian tentang bahan langsung dicatat pada garis tersebut yang dapat dibuat selengkap-lengkap.nya.
3. Ke sebelah kanan dari lambang operasi, buat uraian operasi, waktu penyelesaian pekerjaan, dan lain-lain.

4. Cirikan komponen terakhir pada operasi tersebut. Gambar garis mendatar jauh ke kiri, tunjukkan dengan lingkaran 12 mm untuk operasi dan segi empat untuk pemeriksaan dalam urutan terbalik ke arah atas. Masukkan nomor operasi dari lintasan produksi tersebut.
5. Lanjutkan sampai semua komponen terselesaikan dipetakan, baik komponen yang dibuat dan yang dibeli harus tercantum di dalam peta.

Rakitan bagian digambarkan sedemikian rupa seperti cara pada peta rakitan.

### **2.5. Tujuan *Line Balancing***

Banyak pendapat yang dilontarkan mengenai tujuan keseimbangan lini, diantaranya adalah menurut James L. Rigg yang mengatakan: untuk meminimumkan waktu menganggur dari operasi yang ditetapkan adalah dengan bekerja menurut prosedur yang berurutan. Pendapat yang hampir sama pula dilontarkan oleh James M. Moore, yang mengatakan bahwa tujuan dari keseimbangan lini adalah untuk meminimumkan waktu menganggur pada suatu lini dari seluruh stasiun kerja dengan cara tertentu. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tujuan dari keseimbangan lini adalah untuk menghindarkan adanya waktu menganggur dari satu tingkat proses ke tingkat proses lainnya, dengan cara mengaktifkan sejumlah mesin yang ada serta menghindari bertumpuknya bahan dalam proses-proses tertentu, yang pada akhirnya akan memperlancar jalannya proses produksi secara keseluruhan.

### 2.5.1. Metode Umum *Line Balancing*

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi, yaitu :

#### A. Metode Analitik (Matematik)

Merupakan metode yang dapat menghasilkan suatu solusi optimal. Contoh : *Branch and Bound*

#### B. Metode Heuristik

Heuristik berasal dari bahasa Yunani yang berarti menemukan. Model heuristik ini pertama kali digunakan oleh Simon dan Newell untuk menggambarkan pendekatan tertentu untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Model heuristik menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah.

Inti dari pendekatan secara heuristik adalah untuk mengaplikasikan secara selektif segala sesuatu yang dapat mengurangi bentuk permasalahan. Sebagai contoh, masalah produksi *line balancing* yang dapat dipecahkan dengan mengurangi keseluruhan sistem menjadi rangkaian *line balancing* sederhana yang dapat dipelajari secara analitis.

Model heuristik tidak menjamin hasil yang optimal, model ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relatif lebih baik dengan mengacu pada pembatas-pembatas tertentu. Model heuristik 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 lainnya.
- c. Usaha yang dilakukan relatif lebih kecil.

Beberapa metode heuristik yang umum di kenal :

#### 1. Metode Helgeson-Birnie atau metode *Ranked Positional Weight (RPW)*

Penggunaan metode ini didasarkan dari jumlah waktu dari operasi-operasi

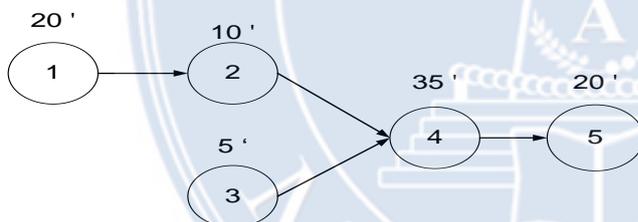
yang terkontrol dari sebuah stasiun kerja dengan operasi tertentu yang disebut sebagai bobot posisi. Cara penentuan bobot dari *precedence diagram* : dimulai dari proses akhir. Bobot (RPW) = waktu proses operasi tersebut + waktu proses operasi –operasi berikutnya. Pengelompokan operasi kedalam stasiun kerja dilakukan atas dasar urutan RPW (dari yang terbesar) dan juga memperhatikan pembatas berupa waktu siklus.

Langkah-langkah yang dilakukan pada metode ini adalah :

- a) tentukan *precedence diagram* sesuai dengan keadaan yang sebenarnya
- b) tentukan *positional wight* (bobot posisi) untuk setiap elemen pekerjaannya dari suatu operasi dengan memperhatikan *precedence diagram*. Berikut cara penentuan bobot posisinya :

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

contoh :



Gambar 2.2 contoh *precedence diagram*

Penentuan bobot posisi:

- Bobot posisi untuk operasi 1 = 20+ 10 + 35 + 20= 85'
- Bobot posisi untuk operasi 2 = 10+ 35 + 20= 55'
- Bobot posisi untuk operasi 3 = 5+ 35 + 20= 60'
- Dan seterusnya.....

- c) urutkan elemen operasi berdasarkan bobot posisi yang telah didapatkan pada langkah kedua. Pengurutan dimulai dari elemen operasi yang memiliki bobot posisi terbesar.
- d) Jika pada stasiun kerja terdapat waktu yang berlebihan (waktu stasiun kerja melebihi waktu maksimum yang telah ditetapkan), maka pindahkan elemen operasi terakhir ke stasiun berikutnya.
- e) Ulangi langkah ke 3 dan ke 4 diatas sampai seluruh elemen operasi telah ditetapkan ke dalam stasiun kerja.

## 2. Region Approach

Teknik ini mendapatkan perhatian yang besar serta digunakan untuk memecahkan beberapa masalah keseimbangan lini dengan baik. Teknik ini merupakan sebuah prosedur heuristik, dimana pemilihan elemen untuk ditempatkan pada sebuah stasiun kerja didasarkan pada posisi elemen pada *precedence diagram*. Elemen-elemen yang berada didepan diagram merupakan elemen-elemen yang menjadi solusi pertama.

Dengan memegang prinsip yang didasari pada *operation process chart* (OPC) atau peta proses operasi yang ditranspormasikan menjadi *precedence diagram*, maka dalam pelaksanaan metode ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Membagi operasi dalam *precedence diagram* dalam beberapa *region*/daerah dengan syarat: dalam satu daerah tidak boleh ada operasi yang saling bergantung.
- b) Susun *ranking* operasi dalam tiap daerah (dari waktu operasi yang terbesar).
- c) Tentukan waktu siklus bagi tiap stasiun kerja.
- d) Kelompokkan operasi dalam stasiun kerja, berdasarkan syarat di *point* b dan c.
- e) Susun pola aliran produksi.

Kelebihan metode ini dibandingkan dengan metode yang akan dibahas berikutnya yaitu *Largest Candidate Rule*, adalah dalam proses penugasan elemen kerja *precedence*

*constraints* tidak diperhatikan karena otomatis ditangani dengan adanya pengelompokan elemen-elemen tersebut untuk tiap kolom yang ada pada *precedence diagram*.

### 3. Largest Candidate Rule

Prinsip dasar dari metode ini adalah menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu terbesar.

Sebelum waktu pengabungan ditentukan dahulu, beberapa waktu siklus yang akan dipakai. Waktu siklus ini akan dijadikan pembatas dalam pengabungan operasi dalam satu stasiun kerja.

#### C) Metode Probabilistik

Metode penyeimbangan lini yang menggunakan pendekatan ini kurang dapat diterapkan, karena sulit pemakainya dan membutuhkan waktu yang lama untuk mencari solusinya, sehingga metode ini jarang digunakan dalam memecahkan masalah penyeimbangan lintasan produksi.

#### D) Metode COMSOAL (Computer Method of Sequencing for Assembly Lines)

Metode penyeimbangan lini yang menggunakan pendekatan ini kurang dapat diterapkan, karena sulit pemakainya dan membutuhkan waktu yang lama untuk mencari solusinya, sehingga metode ini jarang digunakan dalam memecahkan masalah penyeimbangan lintasan produksi.

### **2.5.2. Pengukuran Kerja**

Pengukuran kerja digunakan sebagai parameter untuk menentukan apakah tata cara kerja yang diterapkan selama ini sudah yang paling efisien, sehingga waktu yang digunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan kualifikasi cukup dapat digunakan sebagai standar.

### **2.5.3. Sasaran Pengukuran Kerja**

Pada penilaian pengukuran baik atau tidaknya suatu sistem kerja, diperlukan prinsip-prinsip pengukuran kerja (*work measurement*) yang meliputi teknik-teknik pengukuran waktu, tenaga, akibat-akibat psikologis, dan fisiologis yang ditimbulkan.

Pengukuran waktu kerja (*time study*) bertujuan untuk memperoleh waktu baku penyelesaian pekerjaan yang akan dijadikan standar, yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan. Pengertian dari waktu baku adalah waktu yang “wajar, normal, dan terbaik” dimaksudkan untuk menunjukkan bahwa waktu baku yang dicari tidak pada waktu penyelesaian pekerjaan yang dilakukan secara tidak wajar (terlalu cepat atau lambat), dan tidak ada waktu penyelesaian pekerjaan dengan keterampilan istimewa.

Manfaat dari diterapkannya waktu baku, adalah :

1. Memberikan keterangan sebagai dasar taksiran untuk penawaran harga penjualan serta janji penyampaian barang.
2. Memberikan informasi mengenai perencanaan dan pembagian waktu produksi, termasuk yang diperlukan oleh pabrik dan tenaga kerja dalam rangka pelaksanaan serta pemanfaatan kapasitas mesin yang tersedia.
3. Menetapkan standar penggunaan mesin juga presentasi kerja yang digunakan sebagai informasi yang disebut diatas dari sebagai dasar penentuan upah perangsang (*incentive*).
4. Memberikan keterangan untuk pengawasan biaya tenaga kerja operator dan untuk menetapkan serta mempertahankan biaya standar.

#### **2.5.4. Pengukuran Waktu Menggunakan Jam Henti (*stopwatch*)**

Metode ini menggunakan jam henti sebagai alat utamanya. Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan. Hal ini disebabkan karena kesederhanaan aturan-aturannya.

Ada tiga metode dalam menggunakan jam henti, yaitu ;

1. Continuous Timing (Pengukuran yang berlanjut terus)

Dalam pengukuran ini jam henti dimulai pada saat elemen pekerjaan pertama dilakukan dan tidak dihentikan sampai elemen pekerjaan itu selesai. Waktu elemen secara individu diperoleh dengan pengukuran waktu selesai.

2. Repetitive/ Snapback Timing (pengukuran yang berulang)

Dalam pengukuran ini jam henti dimulai pada saat elemen pekerjaan pertama dilakukan dan berhenti saat akhir elemen ini, lalu dikembalikan ke posisi awal (posisi nol), demikian seterusnya. Jadi pengukuran ini berdasarkan elemen pekerjaan.

3. Accumulative Timing (Pengukuran Akumulatif)

Pengukuran akumulatif adalah suatu metode yang melibatkan dua atau tiga jam henti. Di sini dua jam henti disusun disuatu *holder* dengan adanya suatu hubungan secara mekanik diantara jam henti.

Dalam *continious timing*, hubungan ini digerakan sehingga pada saat terakhir elemen pekerjaan jam henti yang satu ini berhenti dibaca dan waktu elemen diperoleh dengan mengurangi bacaan yang diganti.

Dalam *repetitive timing*, jam henti dikembalikan ke posisi nol setelah dibaca dan waktu elemen dapat dibaca langsung. Demikian pula dengan yang tiga jam henti.

**2.5.5. Langkah-langkah Sebelum Melakukan Pengukuran (Rosnani Ginting, 2007)**

Untuk mendapatkan waktu yang wajar pada setiap pengerjaan proses produksi, maka harus diperhatikan kondisi kerja, operator, cara pengukuran, dan lain-lain. Agar tujuan tercapai, maka hal-hal yang harus dilakukam adalah :

1. Menetapkan Tujuan Pengukuran

Dalam pengukuran waktu, hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, berapa tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan dalam pengukuran tersebut.

## 2. Melakukan Penelitian Pendahuluan

Dalam melakukan pengukuran, waktu yang dicari adalah waktu yang pantas diberikan kepada pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Hal ini harus sesuai dengan kondisi yang bersangkutan. Bila kondisi ini sudah baik, pengukuran waktu ini dapat dicari. Akan tetapi, bila kondisi tidak baik, hal ini harus diperbaiki terlebih dahulu agar waktu yang diperoleh adalah waktu yang pantas (*rosnani ginting, 2007*)

## 3. Menguraikan Pekerjaan atas Elemen-elemen Pekerjaan

Pekerjaan ini dipecah menjadi elemen-elemen pekerjaan (gerakan bagian dari pekerjaan yang bersangkutan) dimana elemen-elemen inilah yang diukur waktunya. Lalu diperoleh waktu siklus, waktu siklus adalah waktu penyelesaian satu satuan produk sejak bahan baku mulai diproses di tempat kerja.

Penguraian pekerjaan atas elemen-elemen pekerjaan penting diharapkan :

- a) Untuk memperjelas catatan tentang cara kerja yang di bakukan.
- b) Untuk melakukan penyesuaian bagi setiap elemen.
- c) Untuk memudahkan mengamati terjadinya elemen yang tidak baku yang mungkin dilakuakn operator.
- d) Untuk memungkinkan dikembangkanya data waktu standar di tempat kerja yang bersangkutan.

## 4. Menyiapkan Alat-alat Pengukuran

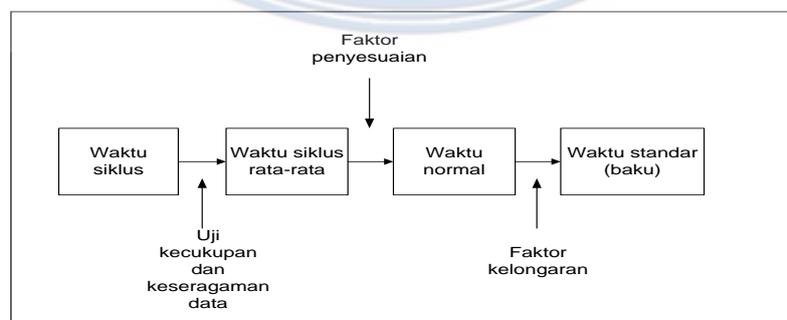
Ini merupakan langkah terakhir sebelum melakukan pengukuran dimana alat-alat pengukuran yang dibutuhkan harus disiapkan. Alat-alat tersebut adalah:

- a) Jam henti (*stop watch*).
- b) Lembaran pengamatan.
- c) Pulpen.
- d) pensil.
- e) Papan pengamatan.

## 2.6. Metode Pengujian Data

### 2.6.1. Pengukuran pendahuluan (*Sudjana, 2005*)

Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan. Tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan merupakan pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang banyak. Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian yang sebenarnya (biasanya dinyatakan dalam persen). Tingkat keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat penelitian tadi (dinyatakan dalam persen).



Gambar 3.3. Urutan Waktu Kerja

### 2.6.2. Uji Keseragaman Data

Pada proses uji keseragaman data ini, data yang telah dikumpulkan dari hasil pengukuran pendahuluan dikelompokkan ke dalam subgrup-subgrup. Setelah itu data-data dalam subgrup tersebut diuji keseragamannya dengan memperhatikan apakah subgrup data tersebut berada dalam batas kontrol.

Langkah-langkah pengujian keseragaman data sebagai berikut :

a. Kelompokan Data-data Dalam Subgrup

Data pengukuran waktu dikelompokkan ke dalam subgrup yang berangotakan sama dan dilakukan secara berurutan.

**Tabel 2.1. Pengelompokan Data Waktu Penyelesaian**

No. subgrup	Waktu penyelesaian berturut-turut	Rata-rata subgrup
1	X11 X12 X13 X1n	X1
2	X21.....X22 X23.....X2n : :	X2 X3
:	: :	X4
M	Xm1 Xm2 Xm3	Xk

Dimana :

$X_{ij}$  = data ke-i pada subgrup ke-j.

$m$  = jumlah subgrup.

$n$  = banyak data dalam subgrup ke-j.

b. Hitung rata-rata simpangan baku subgrup.

Menghitung rata-rata subgrup.

$$\bar{x}_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$\bar{x}_j$  = harga rata-rata subgrup ke-j.

Menghitung harga rata-rata dari harga rata-rata subgrup

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^m x_i$$

Dimana :

$\bar{x}$  = harga rata-rata dari seluruh subgrup.

c. Menghitung simpangan baku sample

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$\sigma$  = simpangan baku sample.

Menghitung simpangan baku dari distribusi harga rata-rata subgrup dengan :

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dimana :

$\sigma_x$  = standar deviasi dari distribusi harga rata-rata subgrup.

d. Menentukan batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) :

$$BKA = \bar{x} + Z\sigma_8$$

$$BKB = \bar{x} - Z\sigma_8$$

Dimana :

z = nilai fungsi tingkat kepercayaan pada tabel normal

- e. Menentukan apakah harga rata-rata subgroup tersebut masuk ke dalam BKA dan BKB. Jika tidak maka subgroup tersebut harus dibuang,
- f. setelah itu melakukan pengulangan dari langkah diatas hingga data benar-benar seragam.

**2.6.3. Uji Kecukupan Data**

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah data yang diperoleh telah cukup untuk mewakili seluruh data yang ada, untuk melakukan perhitungan selanjutnya.

Data dapat dikatakan cukup apabila  $N'$  (jumlah data dari perhitungan) lebih kecil dari  $N$  (jumlah data yang telah ada). Dan sebaliknya bila data kurang ( $N' > N$ ) perlu ditambahkan data lagi sebanyak  $N' - N$  (Barnes, 1980).

$$N' = \left[ \frac{Z_{\alpha} N x_s}{\sum_{i=1}^n x_i(\% p)} \right] \dots\dots\dots( 3)$$

Dimana :

- $x$  = jumlah total waktu.
- $N$  = banyak data sebenarnya.
- $N'$  = banyak data yang dibutuhkan.
- $\% p$  = tingkat ketelitian.

**2.7. Menghitung Waktu Baku (Sutalaksana,1979)**

Kegiatan pengukuran waktu dikatakan selesai bila semua data yang diperoleh telah seragam dan jumlahnya telah memenuhi tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan.

## 2.8. Faktor Pembatasan Bagi Pengalokasian Elemen Kerja

Dalam melakukan pengalokasian elemen-elemen kerja untuk tiap stasiun kerja terdapat beberapa faktor pembatas yang perlu dipahami, yaitu :

### 1. Precedence Constraints

Dalam suatu proses perakitan terdapat dua kemungkinan yang ada, yaitu ada dan tidak adanya saling ketergantungan antar komponen-komponen dalam proses pengerjaannya. Apabila tidak ada ketergantungan antar komponen berarti setiap komponen mempunyai kesempatan untuk dilaksanakan pertama kali dan dibutuhkan prosedur penyelesaian untuk menentukan prioritas komponen yang akan dikerjakan lebih dahulu. Sedangkan apabila terdapat ketergantungan antar komponen berarti komponen yang satu baru dapat dikerjakan jika komponen sebelumnya telah selesai dikerjakan. Pembatas ketergantungan inilah yang dinamakan *precedence constraint*. Urutan proses dan ketergantungan dapat digambarkan dalam suatu diagram yang dinamakan *precedence diagram*.

### 2. Zoning Constraints

*Zoning Constraints* atau pembatas daerah yang dimaksud ini terdiri atas :

- a. *Positive Zoning Constraints* (pembatas daerah positif) berarti elemen pekerjaan tertentu harus diletakan secara berdekatan.
- b. *Negative Zoning Constraints* (pembatas daerah negative) menyatakan apabila satu elemen pekerjaan lain sipatnya saling mengganggu, maka sebaiknya tidak diletakan saling berdekatan.

### 3. Positional Restrictions

Pembatas posisi ini membatasi pengelompokkan elemen-elemen pekerjaan, karena orientasi produk terhadap operator yang sudah tertentu.

### 4. Facility Restrictions

Pembatas fasilitas dilakukan akibat adanya suatu fasilitas atau mesin yang tidak dapat dipindahkan atau sudah merupakan fasilitas tetap.

## 2.9. Bagian-bagian Penting dari *Line Balancing* (Elsayed, 1994)

Dalam definisi *line balancing* akan dijelaskan bagian-bagian yang perlu diketahui dalam *line balancing*, yaitu :

### a. Assembled Product

Produk yang melewati suatu urutan stasiun kerja dimana pekerjaan-pekerjaan diatur, dan mencapai stasiun kerja akhir.

### b. Work Element

Bagian dari keseluruhan pekerjaan dalam proses *assembly*. Jika didefinisikan N sebagai jumlah total dari elemen kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu *assembly* dan I adalah elemen kerja I dalam suatu proses dengan ketentuan  $I < 1 < N$ .

### c. Cycle Time (CT)

*Cycle time* atau disebut juga waktu siklus merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan dua *assembly* secara berturut-turut, dengan asumsi setiap *assembly* mempunyai kecepatan yang konstan nilai minimum dari waktu siklus suatu stasiun kerja harus lebih besar atau sama dengan waktu siklus keseluruhan proses produksi.

### d. Precedence Diagram (PD)

Diagram yang menggambarkan urutan-urutan pekerjaan yang harus diselesaikan. Diagram ini juga menggambarkan saling ketergantungan pekerjaan antara elemen pekerjaan yang satu dengan elemen pekerjaan yang lain, dimana elemen pekerjaan yang mendahului tidak dapat dikerjakan sebelum elemen pekerjaan yang didahului dikerjakan lebih dahulu.

Dalam *line balancing* (keseimbangan lintasan), faktor-faktor yang diperhatikan adalah (Elsayed, 1994) :

### e. Line Efficiency (Efisiensi Lini)

Rasio dari total waktu stasiun terhadap keterkaitan waktu siklus dengan jumlah stasiun kerja yang dinyatakan dalam presentase.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{(k)(CT)} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

ST<sub>i</sub> = stasiun time atau waktu stasiun ke-i.

k = jumlah total stasiun kerja.

CT = Cycle time atau waktu siklus terpanjang.

f. Balance Delay (BD)

Merupakan selisih antara waktu siklus dengan stasiun atau dengan kata lain jumlah antara *balance delay* dan *line efficiency* sama dengan 1.

$$D = \frac{nS_m \sum S_i}{nS_m} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dimana: D = *Balance Delay*

S<sub>m</sub> = Waktu yang paling maksimum dalam lintasan

n = Jumlah stasiun kerja

S<sub>i</sub> = Waktu masing-masing stasiun

Sedangkan *Idle time* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Waktu kosong} = 100\% - \text{Efisiensi}$$

## 2.10. Urutan Langkah Dalam *Line Balancing* (Wignjosoebroto, s, 1995)

Urutan-urutan langkah yang perlu diketahui dalam melakukan penyeimbangan lini adalah

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

2. Menentukan waktu siklus yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus.

$$CT = \frac{\text{Production time perhari}}{\text{Output perhari (dalam unit)}} \dots\dots\dots(6) \quad \text{Dimana}$$

:

CT = *Cycle time* atau waktu siklus.

*Production time* = waktu kerja efektif.

*Output* = kapasitas produksi.

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

$$N = \frac{\text{Jumlah total dari waktu pekerjaan tiap elemen}}{\text{Waktu siklus}} \dots\dots\dots(7)$$

4. Memilih metode untuk penyeimbangan lini.

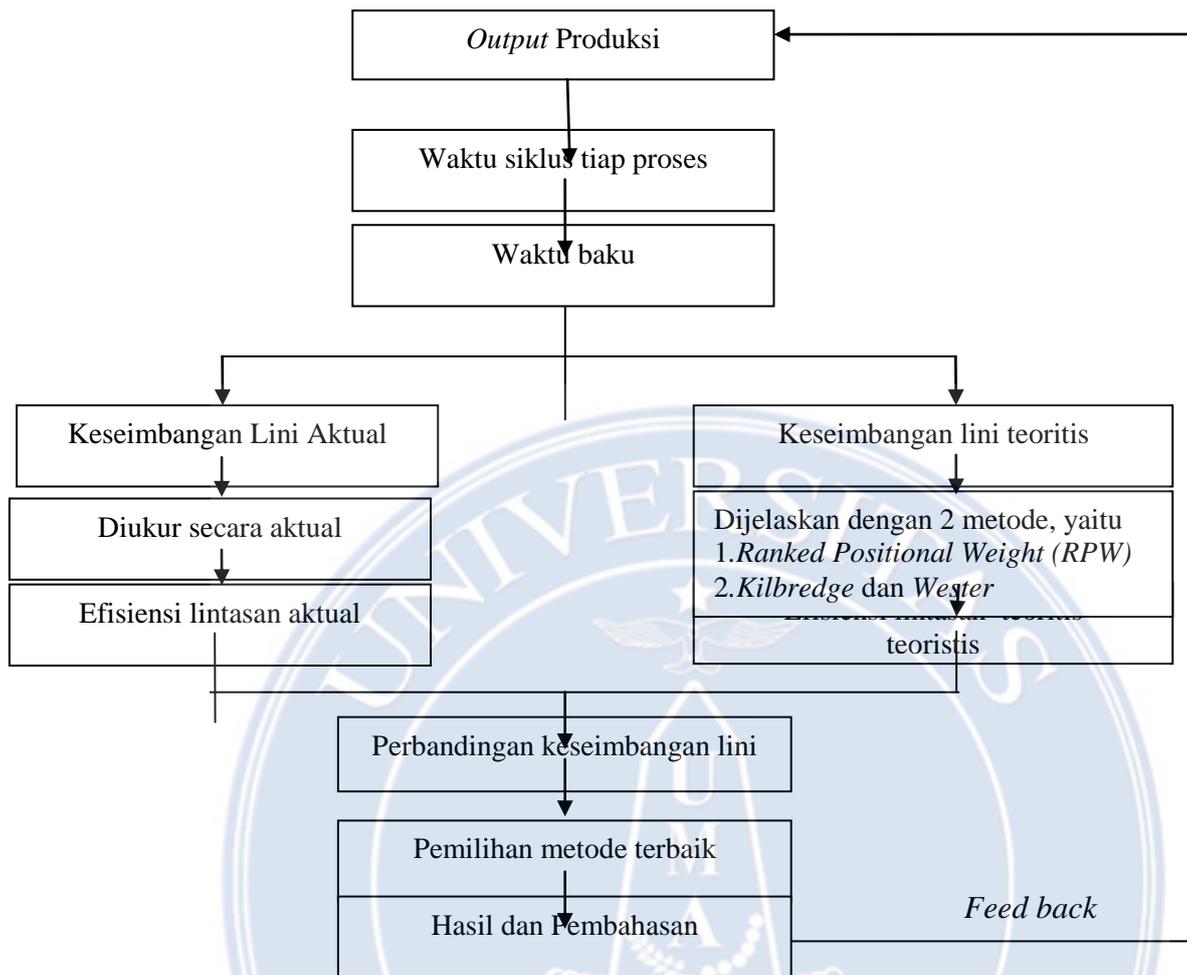
5. Menghitung efisiensi stasiun kerja, efisiensi lini dan kehilangan keseimbangan lini berdasarkan metode yang dipilih untuk melihat perormansi keseimbangan lintasan produksi.

Rumus efisiensi stasiun kerja adalah :

$$\text{Efisiensi stasiun kerja} = (Ti/Tmax) \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Dimana : Ti = waktu proses stasiun kerja.

Tmax = waktu proses stasiun kerja yang terlama.



Gambar 2.1. Kerangka Pemikiran