

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Teori Dasar Kopling (Clutch).

Kopling adalah suatu elemen mesin yang digunakan untuk menghubungkan atau memindahkan tenaga mesin ke roda belakang secara perlahan-lahan, sehingga dapat mencegah terjadinya hentakan atau gerakan yang membuat kendaraan dapat bergerak secara lembut pada saat tenaga mesin dipindahkan ke transmisi. (7.h 4 , 1995)

Secara umum kopling dapat dibagi atas dua macam, Yaitu :

1. Kopling tetap.
2. Kopling tidak tetap.

2.1.1. Kopling Tetap.

Kopling tetap adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakan secara pasti (tanpa terjadi slip), dimana sumbu ke dua poros tersebut terletak pada satu garis lurus atau dapat berbeda sedikit sumbunya. Berikut ini adalah macam-macam kopling tidak tetap, yaitu :

A. Kopling Kaku.

Kopling kaku dipergunakan bila ke dua poros harus dihubungkan dengan sumbu segaris. Kopling ini dipakai pada poros mesin dan transmisi umum di pabrik-pabrik. Kopling ini tidak mengizinkan sedikitpun ketidak lurusan sumbu kedua poros serta tidak dapat mengurangi tumbukan dan getaran transmisi. Pada waktu pemasangan , sumbu kedua poros harus terlebih dahulu diusahakan segaris dengan tepat sebelum baut-baut flens dikeraskan.

B. Kopling Luwes.

Kopling luwes biasanya digunakan untuk menghindari kesulitan-kesulitan dari kopling kaku, diantaranya pada kopling kaku diperlukan penyetelan yang sangat teliti agar kedua sumbu poros yang saling dihubungkan dapat menjadi satu garis lurus, selain itu getaran dan tumbukan yang terjadi dalam penerus daya antara mesin penggerak dan yang digerakan tidak dapat diredam, sehingga dapat memperpendek umur dari mesin serta menimbulkan bunyi yang berisik.

Untuk itu diperlukan kopling karet ban (kopling luwes) dipergunakan sebagai peredam dan kopling ini dapat bekerja dengan baik meskipun kedua sumbu poros yang dihubungkan tidak benar-benar lurus.

C. Kopling Universal.

Kopling universal atau kopling silang adalah kopling yang berfungsi untuk menghubungkan dua buah poros yang sumbunya berlainan atau membuat sudut yang cukup besar. Jenis kopling yang termasuk dalam kopling universal adalah kopling universal hook dan kopling universal kecepatan tetap.

D. Kopling Fluida.

Kopling fluida ini meneruskan daya dan putaran melalui fluida sebagai zat perantara, dimana di antara kedua poros tidak terdapat hubungan mekanis. Kopling fluida sangat cocok untuk mentransmisikan putaran tinggi dan daya besar. Keuntungan dari kopling ini adalah bahwa getaran dari sisi penggerak dan tumbukan dari sisi beban tidak saling diteruskan. Oleh karena itu umur mesin dan peralatan yang dihubungkan akan menjadi lebih panjang dibandingkan pemakaian kopling tetap biasa. Karena sifat-sifat tersebut, maka kopling ini banyak dipakai sebagai penerus daya pada alat-alat besar, seperti lokomotif, baik yang digerakan oleh motor listrik maupun motor bakar.

2.1.2. Kopling Tidak Tetap.

Kopling tidak tetap adalah suatu elemen mesin yang menghubungkan poros yang digerakan dan poros yang penggerak, dengan putaran yang sama dalam meneruskan daya, serta dapat melepaskan hubungan kedua poros tersebut baik dalam keadaan diam maupun berputar.

A. Kopling Cakar.

Kopling ini meneruskan momen dengan kontak positif (tidak dengan perantara gesekan) sehingga tidak dapat terjadi slip. Konstruksi kopling ini adalah yang paling sederhana dari kopling tidak tetap lainnya.

Ada dua buah kopling cakar, yaitu kopling cakar persegi dan kopling cakar spiral. Kopling cakar persegi dapat meneruskan momen dalam dua arah putaran, tetapi tidak dapat dihubungkan dalam keadaan berputar. Dengan demikian tidak dapat sepenuhnya berfungsi sebagai kopling tidak tetap sebenarnya. Sebaliknya, kopling cakar cakar dapat dihubungkan dengan dalam keadaan berputar, tetapi hanya baik untuk satu arah putaran tertentu saja. Namun demikian, karena

timbulnya tumbukan yang besar jika dihubungkan dalam keadaan berputar, maka cara menghubungkan semacam ini hanya boleh dilakukan jika poros penggerak mempunyai putaran kurang dari 50 rpm.

B. Kopling Plat.

Kopling plat adalah sebuah kopling yang menggunakan satu plat atau lebih yang dipasang diantara kedua poros serta pembuat kontak dengan poros tersebut sehingga terjadi penerusan daya melalui gesekan antara sesamanya. Konstruksi kopling ini cukup sederhana dan dapat dihibungkan dan dilepas dalam keadaan berputar.

Berdasarkan banyaknya plat gesek yang digunakan dapat dibagi atas kopling plat tunggal dan kopling plat banyak. Juga dapat dibagi menjadi kopling basah dan kering, serta atas dasar cara pelayanannya (manual, hidrolik, pneumatik dan elektromagnetis). Karakteristik apa yang akan dipilih tergantung pada tujuan, kondisi kerja, lingkungan dan sebagainya.

C. Kopling Kerucut.

Kopling kerucut adalah suatu kopling gesek dengan konstruksi sederhana dan mempunyai keuntungan di mana dengan gaya aksial yang kecil dapat ditransmisikan momen yang besar. Kopling macam ini dahulu banyak dipakai, tetap sekarang tidak lagi, karena daya yang diteruskan tidak seragam, meskipun demikian dalam keadaan dimana bentuk plat tidak dikehendaki dan ada kemungkinan kena minyak, kopling kerucut sering lebih menguntungkan.

D. Kopling Friwil.

Kopling friwil adalah kopling yang dapat dilepas dengan sendirinya bila poros penggerak berputar lebih lambat atau dalam arah berlawanan dari poros yang digerakan.

Cara kerjanya dapat berdasarkan atas efek baji dari bola atau roll. Bola-bola atau roll dipasang dalam ruangan. (7.h. 9, 1995)

2.2. Sistem Perakitan.

Ciri khas sifat dari suatu produk diskrit adalah terjadi proses perakitan dari beberapa komponen. Perakitan merupakan penggabungan dua atau lebih komponen menjadi satu komponen baru yang disebut dengan sub perakitan. (6.h.137,1992).

A. Proses Perakitan.

Proses penyelesaian suatu perakitan dapat dibagi dalam tiga kategori, yaitu :

1. Pengencang/pengunci secara mekanis (Mechanical Fastening).
2. Metode Penggabungan (Joining Methods).
3. Penyatuan dengan bahan perekat (Adhesive Bonding).



⇒ Pengencang Mekanis.

Mesin pengencang mekanis terdiri dari bermacam teknik yang memakai tenaga mesin untuk menjaga hasil rakitan. Teknik-tekniknya antara lain :

a. Pengencang Ulir (Threaded Fasteners).

Pengencang ulir terdiri dari sekrup, baut, mur, dan lain-lain. Pengunci ulir sangat lazim digunakan dalam industri dan keuntungannya berupa perbaikan, perawatan, penyetulan, dan sebagainya. Pengencang ulir lebih mudah digunakan oleh manusia daripada robot dalam sistem otomasi.

b. Pemakuan, Penghambatan dan Metode Lain (Rivets, Crimping, and other methods).

Pengencang atau salah satu dari komponen yang akan dirakit merupakan mesin perubah bentuk yang menahan bagian-bagian rakitan.

c. Pengaturan Tekanan (Press Fits).

Dalam metode ini ada dua gangguan keserasian diantara dua bagian yang berpasangan. Sebagai contoh, poros penggerak tepat masuk kedalam lubang yang diameter porosnya sedikit lebih besar dari diameter lubang. Untuk memasangnya, poros harus ditekan masuk kedalam lubang dengan tekanan tinggi, sehingga menjadi satu komponen yang tidak mudah dipisahkan.

d. Pengaturan pembulat / patahan (Snap Fits).

Cara ini meliputi gangguan sementara dua bagian yang berpasangan yang hanya terjadi selama perakitan. Satu atau dua bagian yang lentur berubah bentuk ketika ditekan bersamaan, hal ini untuk mengatasi gangguan dan kemungkinan pada tempatnya. Pengaturan patahan mencegah terjadi pemisahan antara dua bagian. Lingkaran C dan lingkaran-lingkaran pembulat merupakan alat patahan yang tersedia dalam perdagangan.

e. Penjahitan dan perajutan (sewing and stitching).

Cara ini digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen yang lunak, bahan-bahan tipis seperti benang tenunan, kain, kulit, dan plastik lentur tipis. (6.h.138, 1992).

⇒ **Metode Penggabungan.**

Pada umumnya metode ini merupakan proses pengelasan, brazing, dan pemantrian. Pada proses ini logam cair digunakan untuk menyatukan dua atau lebih komponen menjadi satu. Proses pengelasan merupakan teknik penyatuan yang biasanya mengutamakan penggabungan dan pencairan logam saat disatukan. Dalam pengelasan, logam pengisi ditambahkan untuk mengembangkan gerakan penyatuan antara logam induk. Dalam industri perakitan terdapat beberapa proses pengelasan antara lain ; pengelasan dengan gesekan, pengelasan sinar laser, pengelasan sinar elektron.

Brazing dan pemantrian adalah proses penyatuan yang menggunakan logam pengisi yang dicairkan, tetapi komponen logamnya tidak dileburkan. Perbedaan brazing dan pemantrian biasanya pada titik cair logam pengisi yang digunakan saat memproses. Pada brazing titik cair logam diatas 450 C, dan pada pemantrian di bawah 450 C. Karena tidak meleburnya logam induk, maka proses ini tidak menghasilkan kekuatan sambungan seperti pada pengelasan.

⇒ **Penyatuan Dengan Bahan Perekat.**

Metode ini menggunakan bahan-bahan perekat untuk menggabungkan beberapa komponen. Saat ini penggunaan bahan perekat tumbuh pesat pada industri perakitan. Bahan perekat dapat diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu thermoplastic dan thermosetting. Perekat thermoplastic mudah digunakan dan dapat bertahan pada penggunaan suhu tinggi . Kegunaan perekat thermosetting meliputi reaksi kimia yang menyebabkan pengerasan dan memanasnya bahan kimia. Oleh karena itu proses perakitanya lebih rumit dari proses thermoplastic, tetapi hasil penyatuannya lebih kuat dan mampu bertahan pada peralatan bersuhu lebih tinggi.

Macam-macam metode penyelesaian proses perakitan dalam industri manufaktur, dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Perakitan manual dengan stasiun tunggal.

Metode ini terdiri dari satu tempat kerja yang proses perakitanya mengerjakan suatu produk atau sub perakitan utama dari sebuah produk. Umumnya digunakan pada produk yang rumit dan jumlah produksi yang kecil, terkadang hanya satu jenis. tempat kerja yang memperkerjakan satu atau lebih tenaga operator . Produk industri yang dihasilkan seperti mesin tools, perlengkapan industri, pesawat terbang, produk konsumen yang kompleks (misalnya ; mobil).

2. Lintasan perakitan manual.

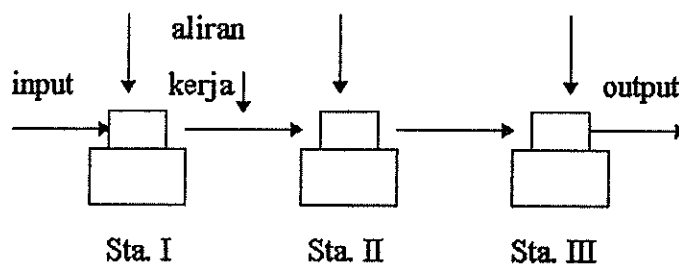
Terdiri dari beberapa stasiun kerja yang merakit suatu produk dari satu stasiun ke stasiun lain. satu atau lebih stasiun kerja melakukan sejumlah perakitan pada satu produk, dengan demikian ketika produk keluar dari stasiun kerja maka perakitan telah selesai.

3. Lintasan perakitan otomatis.

sistem ini lebih dominan menggunakan metode-metode otomasi disetiap stasiun kerja dari pada menggunakan tenaga manusia.

B. Lintasan perakitan Manual.

lintasan perakitan manual digunakan dalam produksi tinggi, yang pekerjaannya dibagi dalam tugas-tugas kecil (elemen kerja) dan tugas tersebut dapat menentukan jumlah stasiun kerja. Keuntungan dari lintasan perakitan manual adalah tenaga kerja yang digunakan lambat laun akan menjadi tenaga kerja terampil karena mengerjakan tugas-tugas yang dilakukan berulang-ulang kali dan mengakibatkan proses produksi lebih cepat dan konsisten. Konfigurasi umum dari lintasan perakitan manual terdapat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1. Lintasan Perakitan manual.

Ada dua dasar pemindahan benda kerja (sub perakitan yang dibuat) diantara operator, yaitu :

1. Lintasan tanpa mesin.

tanpa belt dan konveyor dilakukan pemindahan benda kerja hingga hasil rakitan selesai. Beberapa masalah yang timbul dari operasi ini adalah :

- *. *Starving (Kekosongan)* pada stasiun kerja, operator mengerjakan/ menyelesaikan pekerjaannya setelah menunggu bagian dari stasiun.
- *. *Pemblokian stasiun*, operator harus menyelesaikan pekerjaannya setelah menunggu yang mendahuluinya operator berikutnya untuk menyelesaikan tugasnya.

Masalah ini menghasilkan aliran kerja tanpa mesin yang biasanya tidak merata. Waktu siklus tidak tetap, dan kontribusinya secara keseluruhan tidak menentu. Stok penyangga digunakan diantara stasiun kerja untuk melancarkan aliran out put produksi.

2. Lintasan Konveyor Pemindah.

Lintasan aliran ini menggunakan konveyor pemindah seperti konveyor belt, konveyor roll, dan lain-lain. Pemindahan dapat secara sinkron atau tak sinkron. Pemindahan benda kerja dengan konveyor yang sifatnya kontinyu menimbulkan :

- *. *Starving (kekosongan)*, seperti pada lintasan tanpa mesin.
- *. *Ketidaklengkapan item* yang terkadang digunakan untuk mengatasi masalah. Stasiun pelengkap terkadang dibutuhkan, dimana pekerja diizinkan mengerjakan melebihi batas normal stasiun untuk menyempurnakan pekerjaannya.

Pada lintasan konveyor pemindah dimungkinkan untuk mencapai tingkat pengawasan yang lebih tinggi dari rata-rata produksi di setiap lintasan.

C. Variasi Model

Kedua jenis lintasan diatas sangat dibutuhkan dalam menyelesaikan proses produksi, sehingga diperlukan persamaan waktu proses atau waktu perakitan pada setiap stasiun kerja. Masalah yang dihadapi terkadang disulitkan pada kenyataan, dimana lintasan produksi yang sama memproses lebih dari satu tipe produk. Hal ini memberikan identifikasi mengenai tiga jenis aliran lintasan, Yang ditentukan menurut satu produk atau beberapa jenis produk yang dibuat di dalam lintasan, yaitu :

1. *Lintasan Model tunggal*

Yaitu lintasan khusus yang memproduksi satu model produk. Dimana Tingkat persediaan produk cukup tinggi dan lintasan menggunakan 100 % waktu produksi.

2. *Lintasan model kelompok (Batch)*

lintasan ini dapat memproduksi dua atau lebih model produk. Tiap model diproduksi secara kelompok.

3. *Lintasan Model Campuran (mixed).*

Yaitu lintasan yang dapat memproduksi dua atau lebih model produk, Variasi model dapat dicampur dalam satu lintasan, sehingga beberapa model yang berbeda dapat diproduksi bersamaan. (6 .h.142, 1992).

2. 3. **Pengertian tentang lintasan produksi.**

Sebelum menjelaskan metoda-metoda keseimbangan lintasan produksi, dalam usaha mengatasi ketidakseimbangan beban kerja pada setiap stasiun kerja, perlu dijelaskan terlebih dahulu pengertian dari lintasan produksi .

A. **Lintasan Produksi.**

Lintasan produksi adalah suatu seri dari urutan-urutan (*sequence*) proses pengerjaan yang diperlukan dalam memproduksi suatu barang/produk.

pada dasarnya *lintasan produksi* terdiri dari dua bagian penting yaitu :

1. Tempat kerja atau mesin-mesin.
2. Pekerja yang melaksanakan tugas-tugas tertentu pada tempat kerja atau mesin-mesin tertentu. Persoalan berkaitan erat dengan lintasan produksi adalah usaha untuk menyeimbangkan lintasan produksi.

Berdasarkan *karakteristik proses pengerjaan* yang dilakukan, lintasan produksi dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Lintasan perakitan (*assembly line*), yaitu suatu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi perakitan yang dikerjakan pada berbagai tempat.
2. Lintasan fabrikasi , yaitu sebuah lintasan produksi yang terdiri sejumlah operasi pengerjaan yang bersifat membentuk atau merubah sifat-sifat fisis atau kimiawi dari suatu benda kerja.

Layout dari lintasan perakitan dan fabrikasi lebih dikenal sebagai *product oriented layout* atau disebut dengan istilah *product layout*.

Sedangkan pengaturan fasilitas produksi pada umumnya dapat dibagi kedalam 4 (empat) grup yang berhubungan dengan karakteristiknya :

1. **Process layout** adalah tata letak fasilitas pabrik yang penyusunannya berdasarkan fungsinya. Disini semua proses atau pengerjaan yang sama dikumpulkan, sehingga timbul pusat pembubutan, pusat pengeboran dan lain-lain.
2. **Product layout** adalah tata letak fasilitas pabrik yang ditentukan oleh urutan-urutan proses operasi yang dibutuhkan untuk pengerjaan produksi.
3. **Fixed layout** adalah tata letak fasilitas pabrik dimana produk yang dikerjakan pada tempatnya sedangkan manusia dan mesin-mesin bergerak menuju tempat produksi.
4. **Group technology layout** adalah tata letak fasilitas pabrik dengan memisahkan daerah dan kelompok-kelompok mesin untuk pembuatan "keluarga" komponen-komponen yang memerlukan pemrosesan sejenis.

Berikut ini adalah karakteristik secara umum dari tipe-tipe layout :

KARAKTERISTIK	PRODUCT	PROCESS	GROUP	FIXED
Waktu proses	Rendah	tinggi	rendah	menengah
Barang setengah jadi	rendah	tinggi	rendah	menengah
Tingkat keterampilan	sesuai pilihan	tinggi	menengah keatas	gabungan
Fleks. produksi	rendah	tinggi	menengah keatas	tinggi
Fleks. permintaan	menengah	tinggi	menengah	menengah
Utilisasi mesin	tinggi	menengah kebawah	menengah keatas	menengah
Utilisasi pekerja	tinggi	tinggi	tinggi	menengah
Biaya prod./unit	rendah	tinggi	rendah	tinggi

Tabel 2.1. .Karakteristik Umum Tipe-Tipe Umum.

Cara lain untuk mengklasifikasikan aktivitas produksi harus disesuaikan dengan jumlah produk yang dibuat. Pada klasifikasi ini, ada 3 (tiga) tipe produksi:

1. Job shop production.
2. Batch production.
3. Mass production.



JOB SHOP PRODUCTION.

Adalah rencana produksi dengan volume yang kecil dan umumnya digunakan untuk memuaskan permintaan konsumen serta memproduksi bermacam-macam tipe pekerjaan yang harus dikerjakan di pabrik.

BATCH PRODUCTION.

Adalah rencana produksi dengan volume yang sedang (medium). Tujuan dari batch production adalah untuk memuaskan konsumen dari setiap produk yang dibuat. Perlengkapan manufaktur yang digunakan untuk tipe ini berfungsi secara umum tapi di rancang untuk rata-rata produksi yang lebih tinggi.

MASS PRODUCTION.

Adalah spesialisasi manufaktur secara kontinu dari produk yang sama. Tipe produksi ini mempunyai karakteristik yaitu : rata-rata produksi yang sangat tinggi, perlengkapan yang lengkap mendukung proses manufaktur, dan permintaan produk yang sangat tinggi.

2.4. Pengukuran waktu operasi

Menentukan waktu operasi yang diperlukan untuk menghasilkan suatu unit produk tertentu, membutuhkan penyelidikan waktu dan variasi waktu operasi yang diperlukan untuk mengerjakan produk tersebut secara keseluruhan.

Salah satu metoda yang dipergunakan untuk menentukan waktu operasi adalah metoda jam henti / stopwach time study (8, h.70, 1977).

Dalam prakteknya, pengukuran waktu operasi persatuan unit cukup sulit diukur karena tidak seimbangnnya beban kerja operator yang satu dengan operator yang lain. Dengan demikian praktikan melakukan pengukuran waktu siklus setiap elemen kerja / kegiatan. Dalam melakukan pengukuran ini pengamat memilih posisi yang tidak mengganggu gerakan operator yang sedang bekerja ataupun tidak membuat operator menjadi canggung karena merasa diamati, selain itupun pengaturan posisi ini jangan sampai menyulitkan pengamat itu sendiri karena

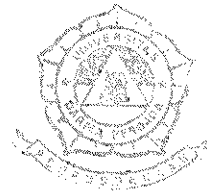
terhalang oleh aktivitas lainya. Sebaiknya posisi itu memudahkan pengukur mengamati jalanya pekerjaan sehingga dapat mengikuti dengan baik saat-saat suatu siklus bermula dan berakhir. Umumnya posisi tersebut adalah dibelakang operator dengan agak menyamping sejauh 1,5 meter.

Yang dicari dengan melakukan pengukuran ini adalah suatu waktu yang sebenarnya dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu elemen pekerjaan. Karena waktu penyelesaian ini tidak pernah diketahui sebelumnya maka harus diadakan pengukuran-pengukuran. Yang ideal tentunya dilakukan pengukuran-pengukuran yang sangat banyak, karena dengan demikianlah diperoleh jawaban yang pasti. Tetapi jelas hal itu tidak mungkin karena keterbatasan dana, waktu serta tenaga. Namun sebaliknya bila hanya dilakukan beberapa kali saja, maka hasilnya akan sangat kasar, sehingga yang diperlukan adalah jumlah pengukuran yang tidak membebankan waktu, tenaga serta biaya yang besar, tetapi hasilnya dapat dipercaya.

Hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran pendahuluan. Tujuan pengukuran pendahuluan ini adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat keyakinan dan ketelitian yang diinginkan. Untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan, diperlukan beberapa tahap pengukuran pendahuluan seperti dibawah ini :

1. Pengelompokan data-data yang diperoleh menjadi subgrup-subgrup.
2. Menghitung harga rata-rata subgrup dan nilai rata-rata dari nilai rata-rata subgrup
- 3 Hitung standar deviasi yang sebenarnya dari waktu penyelesaian.
- 4 Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata subgrup.
5. Menghitung BKA dan BKB.
6. Pengujian kecukupan data.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada halaman berikut.



ad. 1. Mengelompokan data menjadi beberapa subgrup.

NO SUBGRUP	WAKTU PENYELESAIAN BERTURUT-TURUT				RATA-RATA SUBGRUP
1.	X ₁₁	X ₁₂	X _{1n}	X ₁
2.	X ₂₁	X ₂₂	X _{2n}	X ₂
N _{ij}	X _{ij}	X _{ij}	X _{ij}	X _k
	JUMLAH				ΣX_t

Tabel.2.2. Contoh penelompokan data menjadi beberapa sub-grup

Keterangan :

- *. X_{ij} = Waktu penyelesaian berturut-turut.
(i = 1, 2, ..., k) dan (j = 1, 2, ..., n)
- *. k = Jumlah subgrup.
- *. n = Ukuran subgrup.
- *. N = Jumlah seluruh pengamatan

ad. 2. Menghitung nilai rata-rata dari nilai rata-rata subgrup.

$$X_{ti} = \frac{\Sigma X_t}{k}$$

k adalah banyaknya subgrup yang terbentuk

ad. 3. Menghitung standar deviasi sebenarnya.

$$\tau = \sqrt{\frac{\Sigma (X_{ij} - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Dimana :

N adalah Jumlah pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan.

X adalah waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran pendahuluan dilakukan.

ad. 4. Menghitung standar deviasi dari harga rata-rata subgrup.

$$\tau_x = \frac{\tau}{\sqrt{n}}$$

dimana : n adalah besarnya data dalam subgrup

ad. 5. Menghitung BKA dan BKB.

Dengan tingkat keyakinan sebesar 95 % dan tingkat ketelitian 5 %.

$$BKA = \bar{X} + 2 \tau_x$$

$$BKB = \bar{X} - 2 \tau_x$$

ad. 6. Menghitung uji kecukupan data.

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

Dimana :

N = Jumlah pengamatan yang dilakukan.

N' = Jumlah pengamatan yang diperlukan.

2.5. Peta proses operasi / kerja





Peta-peta operasi merupakan salah satu alat yang sistematis dan jelas untuk berkomunikasi secara luas dan sekaligus melalui peta kerja ini kita mendapatkan informasi yang diperlukan untuk memperbaiki suatu metoda kerja.

Jadi peta kerja dapat didefinisikan (8, h.17, 1980) sebagai suatu alat yang menggambarkan kegiatan kerja secara sistematis dan jelas (kerja produksi).

Lewat peta ini kita bisa melihat langkah-langkah atau kejadian yang dialami oleh suatu benda kerja dari mulai masuk ke pabrik, dan menggambarkan semua langkah yang dialaminya, seperti transportasi, operasi mesin, pemeriksaan dan perakitan sampai akhirnya menjadi produk jadi, baik produk lengkap atau merupakan bagian dari suatu produk lengkap.

2.5.1 Simbol peta operasi / kerja

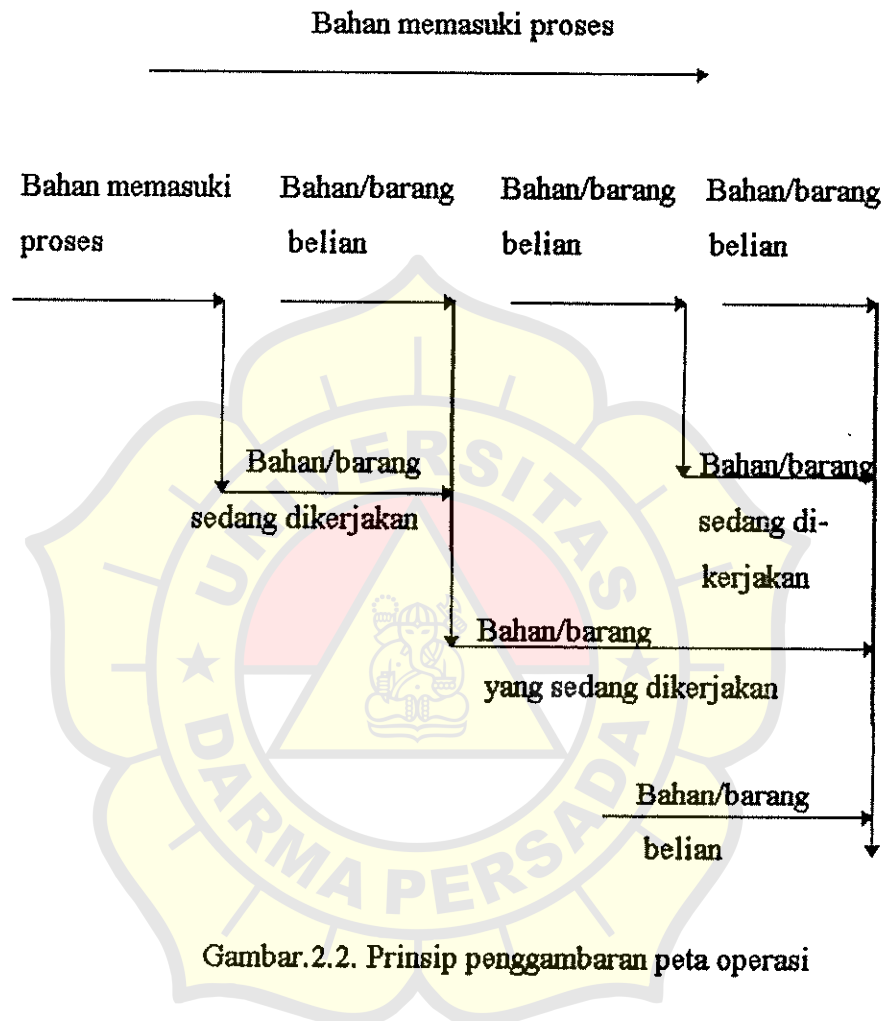
Simbol peta operasi yang ada sekarang dikembangkan oleh gilberth (8, h.17, 1980). Pada saat itu, untuk membuat suatu peta kerja, gilberth mengusulkan 40 buah lambang yang bisa dipakai. Kemudian pada tahun berikutnya jumlah lambang-lambang tersebut disederhanakan, sehingga hanya tinggal 6 macam. Lambang-lambang tersebut diuraikan sebagai berikut :

-  **Operasi**
Proses operasi terjadi apabila benda kerja mengalami perubahan fisik / kimiawi, mengambil informasi dan memberi informasi.
-  **Pemeriksaan**
Proses pemeriksaan terjadi apabila benda kerja / peralatan mengalami pemeriksaan kualitas / kuantitas.
-  **Transportasi**
Proses transportasi terjadi apabila benda kerja, pekerja atau perlengkapan mengalami pemindahan tempat yang bukan bagian dari suatu operasi.
- D** **Menunggu**
Proses menunggu apabila benda kerja / pekerja / peralatan tidak mengalami kegiatan.
-  **Penyimpanan**
Proses penyimpanan terjadi apabila benda kerja disimpan dalam jangka waktu yang lama.



Operasi dan pemeriksaan.

Proses ini terjadi apabila operasi dan pemeriksaan dilakukan secara bersama-sama.



Kegunaan peta proses operasi

Guna peta proses operasi adalah :

- *. Bisa mengetahui kebutuhan akan mesin dan penganggarnya.
- *. Bisa memperkirakan kebutuhan akan bahan baku.
- *. Sebagai alat untuk menentukan tata letak pabrik.
- *. Sebagai alat untuk menentukan perbaikan cara kerja yang sedang dipakai.

2.6. Line Balancing (Keseimbangan lintasan)

Masalah utama dalam keseimbangan lintasan adalah peningkatan efisiensi kerja dan penugasan operator yang tepat dan merata (4, h.183, 1980). Ada beberapa definisi yang perlu dijelaskan sehubungan dengan masalah keseimbangan lintasan, antara lain : keseimbangan lintasan itu sendiri, stasiun produksi dan cycle time.

Keseimbangan lintasan dapat dikatakan sebagai suatu jadwal atau daftar pekerjaan dari suatu lintasan produksi dengan pemerataan beban kerja untuk masing-masing stasiun kerja, atau sama halnya dengan penyeimbangan dan pengalokasian sumber. Keseimbangan lintasan berusaha untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja sesuai dengan cycle time yang ditetapkan, atau meminimalkan cycle time (memaksimalkan rata-rata produksi) sesuai dengan jumlah stasiun kerja yang telah ditetapkan. (2, h. 246, 1982).

Juga definisi lain menyatakan bahwa keseimbangan lintasan adalah suatu keadaan operasi produksi yang saling bergantung yang mempunyai waktu penyelesaian atau cycle time yang sama atau kira-kira sama, sehingga diharapkan proses penyelesaian dari suatu operasi ke operasi selanjutnya berjalan lancar dengan kecepatan yang tetap dan tepat (4, h. 66-70, 1980).

Adapun yang dimaksud dengan *stasiun kerja*/produksi adalah sekelompok pekerjaan dari suatu lintasan produksi yang memerlukan keahlian khusus, yang dapat diselesaikan oleh seorang operator atau satu peralatan/mesin otomatis sesuai dengan cycle time yang ditetapkan.

Yang dimaksud dengan *cycle time* (*waktu siklus*) adalah waktu penyelesaian yang didasarkan pada rata-rata produksi dari suatu lintasan produksi. Misalnya jika rata-rata produksi per-jam 10 unit, maka cycle timenya adalah 6 menit per-unit.

Dari uraian diatas, maka jelaslah bahwa dalam keseimbangan lintasan produksi, kecepatan rata-rata produksi yang diperlukan berdasarkan waktu penyelesaian sejumlah komponen pada setiap stasiun kerja dan pada suatu lintasan produksi. Waktu penyelesaian ini disebut sebagai cycle time, karena digunakan untuk menentukan keseimbangan lintasan produksi, disebut juga sebagai faktor keseimbangan lintasan (Balancing factor).

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah efisiensi stasiun kerja yaitu jumlah waktu aktifitas di stasiun tersebut dikali 100 kemudian dibagi dengan cycle timenya.

(2, h.271, 1982), atau ditulis dengan notasi,

$$E = \frac{t_i \times 100}{T_c \times J_{st}}$$

$$t_i = \sum_{j=1}^k t_j$$

Dimana :

E	=	Efisiensi Stasiun kerja
t _i	=	waktu stasiun kerja ke 1,2,.....k
J _{st}	=	Jumlah stasiun kerja dalam satu lintasan.
k	=	Jumlah aktivitas dalam stasiun ke I.
T _c	=	Cycle time.

Terdapat dua macam pendekatan yang digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi (10, h. 16, 1970), yaitu :

1. *Meminimumkan jumlah stasiun kerja* jika diberikan production rate. Production rate di nyatakan dengan N satuan unit persatuan waktu tertentu. Pendekatan ini berusaha mencapai keseimbangan lintasan produksi berdasarkan waktu persatu cycle (waktu siklus) yang tertentu besarnya. Selanjutnya berusaha mendapatkan jumlah stasiun kerja dan waktu menganggur yang minimal untuk setiap stasiun kerja pada keseluruhan lintasan produksi.
2. *Meminimumkan waktu siklus (cycle time)* jika diberikan jumlah stasiun kerja. Pendekatan ini berdasarkan kepada sejumlah stasiun kerja tertentu. Dan selanjutnya berusaha untuk mencapai total waktu menganggur yang minimal dengan jalan menekan waktu siklus yang dibebankan kepada setiap stasiun kerja.

Dalam pengalokasian elemen-elemen pada stasiun-stasiun kerja (Work Station) dibatasi oleh 2 (dua) kendala utama :

1. Precedence Constraint.
2. Zoning Constraint.

2.6.1. Precedence Constraint.

Dalam proses perakitan ada dua kondisi yang biasanya muncul. **Pertama**, tidak ada ketergantungan dari komponen- komponen dalam proses pengerjaannya. Jadi setiap komponen mempunyai kesempatan untuk dilaksanakan pertama kali. Batasan praktisnya adalah bahwa hanya ada satu dari komponen-komponen ini yang dikerjakan pertama kali dan disini diperlukan prosedur penyeleksian untuk menentukan prioritas. **Kedua** adalah apabila satu komponen telah dipilih untuk dirakit berdasarkan urutan dengan komponen lain telah dimulai. Disini dinyatakan batasan precedence untuk pengerjaan komponen-komponen.

Ada beberapa cara untuk menggambarkan kondisi precedence diatas. Alat atau cara yang paling efektif untuk menggambarkan kondisi ini adalah dengan menggunakan diagram precedence. Maksud dari diagram ini adalah untuk menggambarkan situasi lintasan kerja nyata dalam bentuk diagram.

Precedence diagram dapat disusun dengan menggunakan dua simbol dasar :

1. Elemen simbol : lingkaran dengan nomor elemen dikandung didalamnya. Elemen akan diberi nomor urut untuk menyatakan identifikasi .



Gambar .2.3. Bentuk elemen simbol.

2. Hubungan antara simbol : Biasanya menggunakan anak panah untuk menyatakan hubungan dari elemen simbol yang satu terhadap elemen simbol yang lain.

Precedence dinyatakan dengan perjanjian bahwa elemen pada ekor anak panah harus mendahului elemen pada kepala panah.



Gambar.2.4. Hubungan antar simbol.

Gambar diatas menunjukkan bahwa elemen A harus mendahului elemen B dan dan elemen B harus mendahului elemen C.

2.6.2. Zoning Constraint.

Selain precedence constraint, pengalokasian dari elemen-elemen kerja pada stasiun-stasiun kerja juga dibatasi oleh zoning constraint yang menghalangi atau mengharuskan pengelompokan elemen kerja tertentu pada stasiun tertentu. Zoning constraint yang negatif menghalangi pengelompokan elemen kerja pada stasiun yang sama, sebagai contoh pengelompokan pada stasiun kerja yang sulit. Selanjutnya zoning constraint yang positif menghendaki pengelompokan elemen-elemen pada satu stasiun sebagai alasan penggunaan peralatan yang sama.

2.6.3. Pendefinisian Masalah Keseimbangan Lintasan.

Masalah dari keseimbangan lintasan produksi adalah bagaimana unit pekerjaan dapat distribusikan diantara pekerjaan-pekerjaan pada stasiun kerja untuk mengoptimalkan kriteria yang diinginkan dengan memperhatikan pembatas teknologi dan ekonomi. Kriteria yang sering digunakan adalah efisiensi kerja atau meminimumkan idle time. Idle time biasanya dinyatakan sebagai persen keseimbangan waktu senggang yang biasanya dinyatakan sebagai ukuran ketidakseimbangan lintasan produksi. Secara matematis kriteria keseimbangan waktu senggang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Waktu menganggur} = n W_s - \sum_{i=1}^n W_i$$

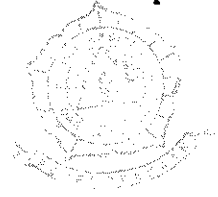
$$\text{Keseimbangan waktu senggang} = \frac{n W_s - \sum_{i=1}^n W_i}{W_s \cdot n} \times 100\%$$

Dimana :

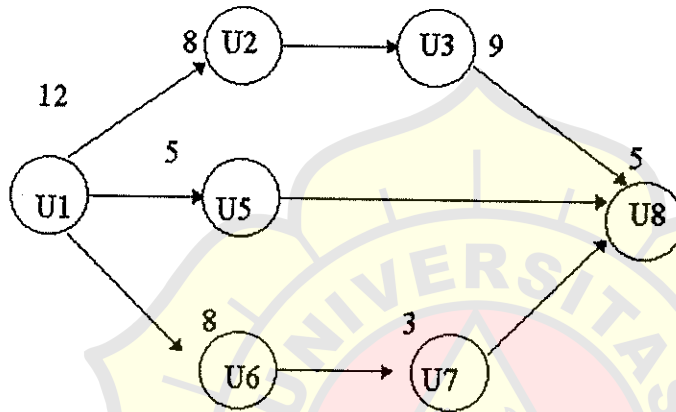
- n = Jumlah stasiun kerja.
- W_s = Waktu stasiun terbesar/ waktu siklus.
- W_i = Waktu sebenarnya pada setiap stasiun
- $i = 1,2,3,\dots,n$

Pada prinsipnya metoda-metoda keseimbangan produksi didasarkan pada hubungan antara :

- Kecepatan produksi.
- Urutan ketergantungan aktivitas.
- Waktu yang digunakan untuk menyelesaikan setiap aktivitas.



Simbol di dalam lingkaran menyatakan elemen kerja dan nomor diluar lingkaran menyatakan waktu pengerjaan elemen. Elemen kerja U1 merupakan predecessor dari elemen kerja U2, jadi proses perakitan menghendaki elemen kerja U1 dikerjakan terlebih dahulu sebelum elemen U2.



Gambar.2.5. Contoh Bentuk Diagram Precedence.

Apabila ada Q unit yang akan dirakit selama periode waktu T, maka waktu siklus (C) secara matematis dapat diturunkan sebagai berikut :

$$C = \frac{T}{Q}$$

Tujuan dasar dari penyeimbangan lintasan perakitan adalah untuk menugaskan elemen-elemen kerja pada stasiun-stasiun kerja dalam berbagai cara dimana batasan precedence tidak dilanggar dan waktu menganggur (idle time) minimal.

Penyeimbangan lintasan perakitan mempunyai kombinasi yang sangat kompleks dengan sejumlah penyelesaian baik yang eksak maupun yang heuristik.



2.7. Beberapa Teknik Line Balancing.

Cukup banyak metoda pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah keseimbangan lintasan produksi. Meskipun demikian tinjauan dari penyelidikan tersebut prinsipnya sama yaitu untuk mengoptimalkan keadaan lintasan produksi sehingga didapatkan output lintasan dengan menggunakan tenaga kerja dan fasilitas peralatan yang paling efisien.

Secara garis besar metoda yang ada sampai saat ini terbagi atas dua bagian, yaitu :

1. Pendekatan analitis.
2. Pendekatan heuristik.

Pada awalnya teori-teori line balancing dikembangkan dengan pendekatan matematis/analitis yang akan memberikan solusi yang optimal. Tapi lambat laun para ahli yang meneliti bidang ini mulai menyadari bahwa pendekatan matematis semata adalah tidak ekonomis. Memang semua problem dapat dipecahkan secara matematis, akan tetapi usaha yang dilakukan untuk perhitungan terlalu besar karena kompleksnya permasalahan yang akan dipecahkan. Banyak sudah usaha yang dilakukan ahli matematik untuk memberikan alternatif-alternatif baru, akan tetapi tidak satupun yang dapat mengurangi jumlah perhitungan pada tingkat yang bisa diterima.

Semua hal tersebut membuat para ahli untuk mengembangkan metoda heuristik. Metoda ini didasarkan pada pendekatan matematis dan akal sehat. Batasan heuristik menyatakan pendekatan trial and error, dan teknik ini memberikan pendekatan yang optimal secara matematis tetapi belum tentu menghasilkan solusi yang optimal .

Ada dua alasan mengapa metoda heuristik dipergunakan :

1. Beberapa masalah terlalu besar untuk dipecahkan secara teknik analisis.
2. Beberapa masalah tidak dapat dinyatakan dalam batas-batas matematik

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap, berikut ini akan diberikan model heuristik (Rank Positional Weight) untuk menyeimbangkan lintasan perakitan.

2.7.1. Metoda Helgeson dan Birnie.

Metoda ini biasanya lebih dikenal dengan nama Ranked Positional Weight System (RPW). Langkah pertama adalah membuat diagram precedence dan

matriks precedence. Kemudian dihitung bobot positional untuk setiap elemen yang didapat dari penjumlahan waktu pengerjaan elemen tersebut dengan waktu pengerjaan elemen lain yang mengikuti elemen tersebut.

Penugasan elemen-elemen terhadap stasiun kerja mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Elemen yang mempunyai bobot posisi yang paling tinggi ditempatkan pada stasiun 1 (satu).

2. Hitung perbedaan antara elemen a_i yang telah ditempatkan pada waktu siklus.

$$t = C - a_i$$

3. Kemudian dipilih elemen dengan bobot terbesar berikutnya dan dilakukan pemeriksaan terhadap :

3a. Precedence.

Hanya elemen-elemen yang semua elemen pendahulunya telah ditetapkan boleh bergabung.

3b. Waktu pengerjaan elemen tersebut harus sama atau lebih kecil dari waktu stasiun yang masih tersedia atau t pada perhitungan no.2.

Apabila (3a) dan (3b) sudah dipenuhi kemudian elemen tersebut ditempatkan pada stasiun yang pertama dan diteruskan langkah dengan elemen dengan bobot tertinggi berikutnya, kemudian hitung :

$$[C - (a_i + a_{i+1})] \text{ bila, } a_{i+2} < C - (a_i + a_{i+1})$$

Dan precedencenya telah ditempatkan semua, maka a_{i+2} ditempatkan pada stasiun kerja pertama. Apabila kondisi (3a) dan (3b) tidak terpenuhi tinggalkan elemen tersebut dan lanjutkan dengan elemen rank berikutnya.

4. Langkah 2 dan 3 diulang sampai tidak ada perbedaan waktu antara jumlah dari waktu elemen-elemen di stasiun kerja dengan waktu siklus C , atau tidak ada kemungkinan untuk menugaskan elemen lagi pada stasiun kerja karena batasan precedence, atau semua waktu dari elemen sisa lebih besar dari waktu stasiun yang tersedia.

5. Stasiun kerja ke dua dimulai dengan memilih elemen yang berbobot paling besar dari elemen yang belum ditempatkan.

6. Langkah 2,3,4 dan 5 berlanjut sampai semua elemen dikelompokkan dalam stasiun-stasiun kerja.