

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem produksi

Dalam sektor industri, konsep sistem produksi merujuk pada urutan proses yang diarahkan merubah produk belum jadi menjadi sebuah produk yang siap untuk distribusi. Beberapa ahli memberikan defiinisi mengenai manufaktur, salah satunya adalah menurut *Elsayed dan Boucher (1994)*, yang menyebutkan bahwa sistem produksi adalah sarana, prosedur dan cara untuk menghasilkan atau menambah fungsionalitas suatu barang dan jasa dengan memanfaatkan sumber daya yang ada seperti bahan mentah, tenaga kerja, mesin, dll. Proses produksi juga merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan dalam menghasilkan suatu barang dan jasa.

2.1.1 Tujuan sistem produksi

Dalam konteks sistem produksi, model yang dikenal sebagai fungsi produksi berguna untuk mengkaji relasi antara kuantitas input barang atau jasa dan output yang dihasilkan. Model ini memungkinkan analisis mendalam mengenai bagaimana sumber daya yang digunakan berkontribusi terhadap jumlah produk atau jasa yang diproduksi

2.2 Pengukuran waktu

Pengukuran waktu adalah Teknik pengukuyran kerja untuk mencatat jangka waktu dan perbandingan kerja mengenai unsur pekerjaan tertentu yang dilaksanakan dalam keadaan tertentu pula, serta untuk menganalisis

keterangan tersebut sehingga diperoleh waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan tersebut pada tingkat prestasi tertentu.

Salah satu kriteria pengukuran kerja adalah pengukuran waktu (*Time Study*). Pengukuran kerja yang dimaksudkan adalah pengukuran waktu standar dan waktu baku. Pengertian umum pengukuran kerja adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seseorang operator (yang memiliki skill rata-rata dan terlatih) dalam melaksanakan kegiatan kerja dalam kondisi dan tempo yang normal. Waktu standar dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis lainnya.

2.2.1 Pengukuran waktu secara langsung

Yaitu dengan mengamati secara langsung pekerjaan dilakukan operator dan mencatat waktu yang diperlukan oleh operator dalam melakukan pekerjaannya dengan mengawasi pekerjaan membagi operasi kerja menjadi beberapa elemen-elemen yang sedetail mungkin dengan syarat masih bisa diamati dan diukur. Cara pengukurannya dapat menggunakan metode jam henti (*stopwatch time study*).

2.2.2 Pengukuran waktu secara tidak langsung

Pengukuran waktu dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan yang sedang diamati. Untuk menentukan waktu standar dari suatu operasi, kita harus membagi operasi menjadi elemen-elemen kegiatan misalnya mengambil material, memotong, membersihkan dan lain sebagainya. Pengukuran waktu dilakukan sebagai melihat atau membaca tabel-tabel yang tersedia dari elemen-elemen gerak.

2.2.3 Faktor kelonggaran

Menurut Adi (2009), kelonggaran adalah periode waktu yang ditambahkan ke waktu standar untuk mengantisipasi tuntutan waktu lainnya, sehingga memperhitungkan kelelahan, kebutuhan pribadi, pengangguran, atau penundaan yang dapat dihindari atau tidak dapat dihindari.

Contoh Tabel 2.1 Faktor kelonggaran

Faktor	Contoh Pekerjaan	Ekivalen Beban	Kelonggaran (%)	
A. Tenaga yang dikeluarkan			Pria	Wanita
Dapat diabaikan	Bekerja di meja, duduk		tanpa beban	0,0-6,0
0,0-6,0				
2. Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0,0-2,25 kg	6,0-7,5	6,0-7,5
3. Ringan	Menyekop, ringan	2,25-9,00	7,5-12,0	7,5-16,0
4. Sedang	Mencangkul	9,00-18,00	12,0-19,0	16,0-30,0
Berat	Mengayun palu yang berat	18,00-27,00	19,0-30,0	
Sangat berat	Memanggul beban	27,00-50,00	30,0-50,0	
Luar biasa berat	Memanggul karung berat		diatas 50kg	
B. Sikap kerja				
Duduk	Bekerja duduk, ringan		0,00-1,0	
Berdiri di atas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1,0-2,5	
Berdiri di atas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol		2,5-4,0	
Berbaring	Padabagian sisi, belakang atau depan badan		2,5-4,0	
Membungkuk	Badan dibungkukkan bertumpu pada kedua kaki		4,0-10,0	
C. Gerakan kerja				
Normal	Ayunan bebas dari palu		0	
Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0-5	
Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0-5	
Pada anggota-anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan di atas kepala			5-10
Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja di lorong pertambangan yang sempit			10-15
D. Kelelahan mata *)				
Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur		Pencahayaan Baik	
Buruk				
Pandangan yang hampir terus menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti			0,0-6,0
0,0-6,0				
Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti			6,0-7,5
6,0-7,5				
Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain			7,5-12,0
7,5-16,0				
Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus tetap		12,0-19,0		16,0-30,0
Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus berubah-ubah				19,0-30,0
E. Keadaan suhu tempat kerja **)				
Beku	Suhu (°C)	Kelelahan normal	Berlebihan	
	di bawah 0	di atas 10	di atas 12	
2. Rendah	0-13	10-0	12-5	
3. Sedang	13-22	5-0	8-0	
4. Normal	22-28	0-5	0-8	

5. Tinggi	28-38	5-40	8-100
6. Sangat tinggi	di atas 38	di atas 40	di atas 100
F. Keadaan atmosfer ***)			
Baik Ruang yang berventilasi baik, udarasegar			0
Cukup Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan (tidak berbahaya)			0-5
Kurang baik Adanya debu-debu beracun atau tidak beracun tetapi banyak			5-10
Buruk Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat pernapasan			10-20
G. Keadaan lingkungan yang baik			
Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah			0
Siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik			0-1
Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik			1-3
Sangat bising			0-5
Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas			0-5
Terasa adanya getaran lantai			5-10
Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll)			5-15
*) Kontras antara warna hendaknya diperhatikan			
**) Tergantung juga pada keadaan ventilasi			
***) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim Catatan pelengkap : kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi : Pria = 0-2,5% , Wanita = 2-5%			

Sumber: Satalaksana et al., 1979 hal: 151-153

Menurut *Universitas Kristen Petra* (2009) untuk menghitung waktu baku harus memasukkan *allowance* ke dalam perhitungan waktu baku, *allowance* dalam waktu kerja dibedakan menjadi tiga macam:

1. Kelonggaran Waktu Kebutuhan Pribadi (Personal Allowance), Kelonggaran Waktu Kebutuhan pribadi adalah untuk kebutuhan pribadi contohnya makan, minum, ke wc, dll. Kelonggaran ini biasanya bervariasi dari 0 hingga 2,5% untuk pria dan dari 2 hingga 5% untuk wanita.
2. Kelonggaran waktu (kelelahan tunjangan).Kelonggaran ini diberikan kepada karyawan untuk memulihkan tubuh dan pikiran dalam bekerja.
3. Keterlambatannya waktu untuk sesuatu yang tidak terduga (*unavoidable delay allowance*).

2.3 Keseimbangan lintasan

Menurut *Baroto* (2002) keseimbangan lintasan, proses manufaktur dari satu bagian ke bagian yang lain diperlukan waktu untuk memproses produknya. Jika terdapat hambatan atau inefisiensi pada satu departemen, maka aliran material ke departemen berikutnya tidak akan lancar sehingga menyebabkan waktu tunggu, penundaan, dan penumpukan material dalam penyimpanan.

Dengan tujuan menyeimbangkan rantai produksi, tujuan utama yang ingin dicapai adalah mencapai efisiensi tinggi untuk setiap departemen dan mengupayakan rencana produksi formal yang berupaya menghormati rasio waktu kerja antar bagian. dan mengurangi waktu tunggu. Dalam praktik penyeimbangan lini di industri saat ini, waktu yang dibutuhkan tidak hanya sekedar waktu pengerjaan saja namun memerlukan tambahan aspek penyesuaian dan kelonggaran demi kepentingan tenaga kerja agar dapat mencapai waktu normal dan waktu standar tersebut. Waktu standar ini kemudian akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Nah sebelum masuk ke ulasan mengenai teori *line balancing*, kami akan menjelaskan terlebih dahulu teori *standard timing*.

Kebutuhan untuk mengembangkan dan menerapkan kurva keseimbangan berasal dari pentingnya menciptakan alokasi beban kerja yang seimbang di antara berbagai workstation. Jika keseimbangan ini diperoleh, beberapa workstation akan mengalami efisiensi, di mana beban kerja antara satu dengan workstation lainnya menjadi tidak seimbang. Ini merupakan langkah esensial untuk mengoptimalkan produksi dan efisiensi dalam pengoperasian setiap workstation.

Dari hasil pengamatan *Line Balancing*, dimungkinkan untuk melakukan pekerjaan dengan jumlah pekerjaan sama pada tiap-tiap *workstation*, maka dihasilkannya produk yang sama dari hari kehari.

2.3.1 Tujuan untuk penyeimbangan lintasan

- a. Tujuan utama penyeimbangan lini adalah untuk meningkatkan output yang dihasilkan oleh peralatan dan sumber daya perusahaan yang tersedia. Mengatasi keterlambatan yang terjadi pada berbagai tahapan proses agar produksi tetap berjalan efisien dan efektif. Perencanaan rute biasanya ditujukan untuk mencapai kapasitas optimal tanpa membuang waktu, tenaga, atau material. Sasaran ini tercapai ketika jalurnya seimbang, setiap situs menerima beban kerja yang sama, dan nilainya diukur seiring waktu.
- b. Durasi minimal yang diperlukan oleh operator untuk menggur menanti proses yang terjadi sebelumnya di setiap workstation selama jalur produksi berlangsung.
- c. Total workstation yang beroperasi secara bersamaan di sepanjang jalur.

2.3.2 Mendapatkan manfaat dari *Line Balancing*

Penyeimbangan aliran ialah penetapan beberapa tugas di stasiun kerja dengan berbagai fungsi:

1. Menciptakan jalur seimbang dari tugas-tugas tertentu.
2. Meminimalkan waktu yang terbuang, terjadi ketika pekerja bermalas-malasan.
3. Menurunkan pemborosan investasi/persediaan.
4. Kemampuan meminimalkan fluktuasi rantai produksi yang dikerjakan.

2.3.3 Mendapatkan keuntungan menggunakan *Line Balancing*

Bagian produksi yang baik menguntungkan proses produksi. Menurut Baroto (2002), manfaat yang dapat diperoleh dengan tata letak lini produksi yang baik adalah:

1. Jarak tempuh minimal dicapai dengan penataan tata letak dan area kerja.
2. Aliran bagian atau material meliputi pergerakan bagian yang terus menerus. Lintasan dapat diukur berdasarkan laju produksi dan bukan kuantitas produksi.
3. Pekerjaan didistribusikan secara merata sesuai dengan keterampilan masing-masing operator untuk mengoptimalkan pemanfaatan pekerjaan.
4. Pergerakan bagian tersebut tetap mengikuti aturan lintasan dan mempunyai aturan tetap. Dan diperlukanya waktu yang sedikit.

2.4 Metode *Line Balancing*

2.4.1 Metode *Line Balancing Helgeson Birne*

Metode *Helgeson Birnie* menurut *Elsayed dan Boucher* (1994) yang terkenal dengan *Rank Position Weighting* menjelaskan tentang pemerataan bobot. Metode ini dapat dicapai dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- a. Membangun grafik prioritas (*Precedence Diagram*) untuk menentukan posisi peringkat (bobot posisi) untuk setiap item pekerjaan (posisi peringkat suatu operasi yang terhubung dari waktu sirkulasi terlama sejak dimulainya operasi untuk operasi tersebut hingga akhir jaringan).
- b. Buatlah urutan item pekerjaan dimulai dari posisi tertinggi berdasarkan peringkat posisi pada langkah nomor dua.
- c. Proses penyusunan item pekerjaan pada posisi kerja berdasarkan peringkat jabatan dan urutan tertinggi ditempatkan terlebih dahulu.

- d. Jika masih ada waktu tersisa di stasiun kerja setelah melakukan operasi, tempatkan operasi di stasiun kerja dengan urutan sebagai berikut. Selama proses tidak melanggar keterkaitan, waktu kerja stasiun tidak melebihi waktu siklus.

2.4.2 Metode *Line Balancing Moodie Young*

Elsayed dan Boucher (1994) menjelaskan 2 tahap yang terdapat dalam literasi *Moodie Young* antara lain:

- a. Tahap pertama

Item pekerjaan yang pertama ditargetkan ke lintasan produksi secara berurutan di jalur perakitan dengan aturan kandidat terbesar. kandidat terbesar adalah menetapkan item yang mungkin (tanpa batasan prioritas) dalam urutan menurun. Dengan kata lain, jika dua elemen memungkinkan suatu stasiun ditetapkan, maka elemen dengan waktu terbanyak akan ditetapkan terlebih dahulu. Saat setiap item ditugaskan, item tersebut dapat ditinjau dalam urutan waktu menurun dalam tugas berikutnya.

Gunakan Matriks P (untuk mewakili item pekerjaan sebelumnya) dan Matriks F (untuk mewakili item pekerjaan berikutnya) sebagai proses penugasan.

Tabel 2.2 Matriks P dan F Untuk Contoh Masalah

Elemen Kerja	Matriks P			Ti	Elemen Kerja	Matriks F		
1	0	0	0	5	1	2	4	0
2	1	0	0	3	2	3	0	0
3	2	0	0	4	3	6	0	0
4	1	0	0	3	4	5	0	0
5	4	0	0	6	5	6	0	0
6	3	5	0	5	6	7	9	10
7	6	0	0	2	7	8	0	0

b. Tahap kedua

Tahap kedua dicapai dengan mendistribusikan waktu mengganggu secara merata di antara semua stasiun melalui mekanisme penjualan dan pemindahan barang antar stasiun (dengan memperhatikan batasan prioritas). Langkah-langkah yang harus dilakukan pada tahap kedua ini adalah :

- 1) Tentukan waktu perpindahan maksimum dan minimum dibandingkan dengan keadaan setimbang fasa pertama.
- 2) Ditentukannya *GOAL* sesuai rumus: $Goal = \frac{ST_{max} - ST_{min}}{2}$
- 3) Semua elemen tunggal pada ST_{max} , yang mempunyai waktu lebih kecil dari *GOAL* dan tidak melanggar precedence diagram jika ditransfer ke ST_{min} .
- 4) Identifikasi semua kemungkinan pertukaran dari ST_{max} untuk elemen ST_{min} sehingga penurunan ST_{max} dan kenaikan ST_{min} selanjutnya kurang dari 2 kali *TARGET*.
- 5) Memindahkan pertukaran atau transfer yang ditentukan oleh calon dengan selisih mutlak terkecil antara dirinya dan *GOAL*.
- 6) Jika tidak memungkinkan untuk bertukar atau berpindah antara stasiun terbesar dan stasiun terkecil, cobalah untuk bertukar dan berpindah antar stasiun dengan peringkat dengan urutan sebagai berikut: dengan N (stasiun peringkat N memiliki waktu tidak aktif terbesar), $N1, \dots, 3, 2, 1$.
- 7) Seandainya perdagangan atau transaksi masih tidak memungkinkan, terapkan batasan dari yang ditentukan oleh nilai *TARGET* dan melalui langkah 1 hingga 6, pastikan bahwa perdagangan atau transfer tidak melebihi nilai stasiun harga selama peningkatan waktu siklus.

Tabel 2.3 Hasil Alokasi Elemen Kerja dengan Metode *Moodie Young* Fase 1 Untuk Contoh Masalah

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	ti	STk	Idle
I	1	5	8	1
	2	3		
II	4	3	9	1
	5	6		
III	3	4	10	0
	6	5		
	9	1		
IV	10	4	8	2
	11	4		
V	7	2	8	2
	8	6		
VI	12	7	7	3

Tabel 2.4 Hasil Alokasi Elemen Kerja Dengan Metode *Moodie Young* Fase 2 Untuk Contoh Masalah

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	ti	STk	Idle
I	1	5	8	1
	2	3		
II	4	3	9	0
	5	6		
III	3	4	9	0
	6	5		
IV	10	4	8	1
	11	4		
V	7	2	8	1
	8	6		
VI	12	7	8	1
	9	1		

2.5 Parameter keseimbangan lintasan

Untuk mengukur kinerja jalur pada penelitian ini, *Elsayed* dan *Boucher* (1994) menjelaskan beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja jalur perakitan, antara lain:

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

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

Dimana:

Sti = Waktu stasiun i

K = Jumlah stasiun kerja

CT = Waktu siklus atau *cycle time*

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

$$BD = (K \times CT) - \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{(K \times CT)} \times 100$$

Dimana:

K = Jumlah stasiun kerja

CT = Waktu siklus atau *cycle time*

$\sum t_i$ = Jumlah dari seluruh waktu

operasi BD = *Balance delay* (%)

- c. Indeks Kelancaran (SI) *Smoothing Index* atau indeks kehalusan adalah cara mengukur waktu tunggu relatif suatu jalur perakitan. Nilai *indeks* kehalusan minimum adalah 0, menunjukkan keseimbangan sempurna. Semakin dekat nilai *indeks* kehalusan lintasan *assembling* dengan nol maka lintasan *assembling* semakin seimbang. Dengan demikian, distribusi *item* pekerjaan pada lintasan *assembling* menjadi cukup pemerataan.

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

Dimana:

K = Jumlah stasiun kerja

ST_{max} = Waktu maks stasiun kerja ke-i

ST_i = Waktu stasiun di stasiun kerja ke-i

2.5.1 Menghitung *Takt Time*

Merupakan waktu pembuatan dalam produksi 1 pcs bearing jadi. Sesuai dengan banyaknya permintaan dari konsumen.

$$Takt\ Time = \frac{Waktu\ produksi\ perhari}{Permintaan\ per\ hari}$$

2.5.2 Menghitung jumlah stasiun kerja

Stasiun kerja ialah lokasi dijalur proses produksi di mana satu atau lebih prosesnya perakitan dikerjakan. Penentuan banyaknya pekerjaan dapat ditentukan menggunakan perhitungan dibawah ini :

$$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{W_{si}}$$

Dimana:

N : Jumlah Elemen Kerja

Ti : Waktu Elemen Kerja

W_{si} : Waktu Siklus

2.5.3 Faktor penyesuaian

Pemberian penilaian yang disesuaikan dengan analisis kinerja, upaya, kondisi kerja, dan metrik konsistensi. Pengamat menentukan kategori setiap faktor dan menentukan derajat kesesuaian dengan menjumlahkan nilai kesesuaiannya.

Tabel 2.5 Perhitungan *Westinghouse Rating*

Keahlian	Usaha	Kondisi	Konsiten
Keahlian super +15	Keahlian super +13	Ideal +06	Sempurna +03
Keahlian super +13	Keahlian super +12	Bagus sekali +04	Bagus sekali +03
Bagus sekali +11	Keahlian super +10	Bagus +02	Bagus +02
Bagus sekali +08	Keahlian super +08	Rata-rata +00	Rata-rata +00
Bagus +06	Bagus +05	Cukup -03	Cukup -03
Rata-rata +00	Rata-rata +00	Buruk -07	Buruk -04
Cukup -05	Cukup -04		
Cukup -10	Cukup -08		
Buruk -16	Buruk -12		
Buruk -22	Buruk -17		

2.6 Pengertian *Ball Bearing*

Ball bearing merupakan elemen mekanik yang berfungsi untuk mengendalikan gerakan relatif antara dua atau lebih elemen dari sebuah mesin, memfasilitasi gerakan ke arah yang ditentukan. Pengaplikasian bearing dalam industri dapat dilihat saat memfasilitasi rotasi poros mesin sejajar dengan porosnya serta mempertahankan komponen lain agar tetap pada jalur yang seharusnya.

2.6.1 Fungsi *Ball Bearing*

Bantalan bola memiliki berbagai peran penting dalam konteks mekanis, diantaranya:

1. Peran esensial bantalan bola adalah menurunkan friksi sudut yang muncul antara dua elemen yang bergerak secara relatif, seperti kasus dalam rotasi gerakan inti sekitar porosnya.
2. Bertindak sebagai pendukung untuk objek yang berputar.

2.6.2 Prinsip kerja *Ball Bearing*

Bearing berfungsi dengan cara yang bertolak belakang dengan roda gigi dalam operasionalnya. Sementara roda gigi berperan dalam mengalirkan gerak rotasi antar komponen, bearing justru bertujuan untuk memastikan bahwa rotasi yang terjadi tidak merambat dari satu komponen ke komponen lain.

