

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. *Time and Motion Study*

Time and motion study adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator (yang memiliki *skill* rata-rata dan terlatih) baik dalam melaksanakan sebuah kegiatan kerja dalam kondisi dan tempo kerja yang normal.

Menurut Marvin E. Mundel, istilah *time and motion* itu sendiri dapat diartikan atas dua hal, yaitu:

a) *Motion study*.

Aspek *motion study* terdiri dari deskripsi, analisis sistematis dan pengembangan metode kerja dalam menentukan bahan baku, desain *output*, proses, alat kerja, tempat kerja, dan perlengkapan untuk setiap langkah dalam suatu proses, aktivitas manusia yang mengerjakan setiap aktivitas itu sendiri. Tujuan metode *motion study* adalah untuk menentukan atau mendesain metode kerja yang sesuai untuk menyelesaikan sebuah aktivitas.

b). *Time study*.

Aspek utama *time study* terdiri atas keragaman prosedur untuk menentukan lama waktu yang dibutuhkan dengan standar pengukuran waktu yang ditetapkan, untuk setiap aktivitas yang melibatkan manusia, mesin atau kombinasi aktivitas (Ciptani, 2008)

Menurut Yulianto (2009), *time and motion study* dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan yang mengarahkan *engineering* dalam memilih suatu metode yang berkaitan dalam merancang sebuah stasiun kerja yang diinginkan baik itu oleh si perancang maupun bagi pihak perusahaan.

8

Wignjosoebroto (1995) menjelaskan bahwa *time and motion study* adalah sebuah pembelajaran sistematis dari sistem kerja dengan tujuan mengembangkan sistem dan metode yang lebih baik, menstandarkan sistem dan standar, menentukan standar waktu dan melatih operator.

Terdapat dua macam teknik pengukuran *time and motion study*, yaitu:

a) Pengukuran waktu secara langsung.

Cara pengukurannya dilaksanakan secara langsung yaitu dengan mengamati secara langsung pekerjaan yang dilakukan oleh operator dan mencatat waktu yang diperlukan oleh operator dalam melakukan pekerjaannya dengan terlebih dahulu membagi operasi kerja menjadi elemen-elemen kerja yang sedetail mungkin dengan syarat masih bisa diamati dan diukur. Cara pengukuran langsung ini dapat menggunakan metode jam henti (*Stopwatch Time Study*) dan *sampling* kerja (*Work Sampling*).

b). Pengukuran waktu secara tidak langsung.

Cara pengukurannya dengan melakukan penghitungan waktu kerja dimana pengamat tidak berada di tempat pekerjaan yang diukur. Cara pengukuran tidak langsung ini dengan menggunakan data waktu baku

(*Standard Data*) dan data waktu gerakan (*Predetermined Time System*).

Kriteria-kriteria yang harus terpenuhi pada aktivitas pengukuran *time and motion study* adalah aktivitas tersebut harus dilaksanakan secara *repetitive* dan *uniform*, isi atau macam pekerjaan tersebut harus homogen, hasil kerja (*output*) harus dapat dihitung secara nyata (kuantitatif) baik secara keseluruhan ataupun untuk tiap-tiap elemen kerja yang berlangsung dan pekerjaan tersebut cukup banyak dilaksanakan dan teratur sifatnya sehingga akan memadai untuk diukur dan dihitung waktu bakunya (Wignjosoebroto, 1995).

Untuk memperoleh hasil yang optimal, maka dalam melaksanakan pengukuran *time and motion study* harus mempertimbangkan banyak faktor antara lain kondisi kerja, cara pengukuran, jumlah siklus kerja yang diukur.

2.1.1 Persiapan Awal Uji *Time and Motion Study*.

Persiapan awal uji *time and motion study* bertujuan untuk mempelajari kondisi dan metode kerja kemudian melakukan langkah perbaikan serta membakukannya. Pembakuan kondisi dan metode kerja ini dikenal dengan istilah studi gerakan (*motion study*). Selain mempersiapkan kondisi dan metode kerja diperlukan juga langkah dalam memilih operator yang akan melakukan pekerjaan yang akan diukur. Operator yang dipilih hendaknya memiliki *skill* normal sehingga setelah didapatkan waktu baku dapat diikuti oleh rata-rata operator lain (Wignjosoebroto, 1995).

Peralatan utama yang digunakan dalam uji *time and motion study* adalah jam henti (*Stopwatch*), selain *stopwatch*, alat pendukung pengukuran kerja yaitu lembar pengamatan yang berfungsi untuk mencatat segala informasi yang berkaitan dengan operasi kerja yang diukur.

2.1.2. *Elemental Breakdown* (Pembagian Operasi Menjadi Elemen-Elemen Kerja).

Sebelum melakukan uji *time and motion study*, perlu terlebih dahulu untuk membagi operasi menjadi elemen-elemen kerja yang lebih terperinci. Oleh karena itu, ada tiga aturan yang perlu diketahui dan dilakukan, yaitu:

- a) Elemen-elemen kerja dibuat sedetail dan sependek mungkin, akan tetapi masih memungkinkan untuk diukur secara teliti.
- b) *Handling time* seperti *loading* dan *unloading* harus dipisahkan dari *machining time*. *Handling* ini terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan secara manual oleh operator dan aktivitas pengukuran kerja mutlak berkonsentrasi disini karena selanjutnya akan berkaitan dengan masalah *performance rating*.
- c) Elemen-elemen kerja yang konstan dan elemen kerja variabel harus dipisahkan. Elemen kerja yang konstan adalah elemen-elemen yang bebas dari pengaruh ukuran, berat, panjang ataupun bentuk dari benda kerja yang dibuat (Universitas Kristen Petra, 2009).

2.1.3. Pengamatan dan Pengukuran.

Ada tiga metode yang digunakan untuk mengukur elemen-elemen kerja dengan menggunakan *stopwatch*, yaitu pengukuran waktu secara terus

menerus (*continuous timing*), pengukuran waktu secara berulang-ulang (*repetitive timing* atau metode *snap back*) dan pengukuran waktu secara penjumlahan (*accumulative timing*).

Pada pengukuran waktu secara terus menerus (*continuous timing*), maka pengamat kerja akan menekan tombol *stopwatch* pada saat elemen kerja pertama dimulai, dan membiarkan jam henti berjalan terus-menerus sampai periode atau siklus kerja selesai. Waktu yang dipakai sebenarnya merupakan waktu dari masing-masing elemen kerja yang diperoleh dari pengurangan pada saat pengukuran waktu selesai dilakukan.

Untuk pengukuran waktu secara berulang-ulang (*repetitive timing* atau metode *snap back*), jarum penunjuk *stopwatch* akan selalu dikembalikan ke posisi nol pada setiap akhir elemen kerja yang diukur. Setelah pencatatan pengukuran dilakukan, maka tombol ditekan lagi dan segera melakukan pengukuran untuk elemen berikutnya.

Selanjutnya, pengukuran secara akumulatif akan menggunakan dua atau tiga *stopwatch* yang akan bekerja secara bergantian. Metode ini memberikan keuntungan dalam hal pembacaan data akan lebih mudah dan lebih teliti karena jarum *stopwatch* tidak dalam keadaan bergerak pada kondisi tersebut.

2.1.4. Rating Performance.

Performance rating merupakan konsep bekerja wajar dimana operator bekerja secara normal yaitu jika seorang operator yang dianggap berpengalaman ini bekerja tanpa usaha-usaha yang berlebihan, menguasai cara bekerja yang ditetapkan, dan menunjukkan kesungguhan

dalam menjalankan pekerjaannya. Nilai *performance rating* yaitu:

- a) $P = 1$ atau $P = 100\%$ berarti normal
- b) $P < 1$ atau $P < 100\%$ berarti lambat
- c) $P > 1$ atau $P > 100\%$ berarti cepat

Banyak cara atau metode yang dapat digunakan dalam *menentukan performance rating* yaitu metode Shumand, Bedaux dan sintesa, *Synthetic Rating*, obyektif dan *Westing House*. Dalam metode Shumand, pengukur diberi patokan untuk menilai *performance* kerja operator menurut kelas-kelas *superfast*, *fast +*, *fast -*, *excellent* dan seterusnya.

Metode *Westing House* mempertimbangkan 4 faktor dalam mengevaluasi *performance* (kinerja) operator yaitu keterampilan (*skill*), kondisi (*condition*), konsistensi (*consistency*). Keterampilan atau *skill* didefinisikan sebagai kecakapan dalam mengerjakan metode yang diberikan dan lebih lanjut berhubungan dengan pengalaman, ditunjukkan dengan koordinasi yang baik antara pikiran dan tangan. Latihan dapat meningkatkan keterampilan, tetapi hanya sampai tingkat tertentu saja. Secara psikologis, keterampilan merupakan kemampuan untuk pekerjaan yang bersangkutan. Keterampilan dapat menurun yaitu bila telah terlampui lama tidak menangani pekerjaan tersebut, kelelahan yang berlebihan dan pengaruh lingkungan. Klasifikasi dari kelas keterampilan dibagi menjadi 6 kelas dengan ciri-ciri dari setiap kelas yang dikemukakan berikut ini:

Super skill:

- a) Secara bawaan cocok sekali dengan pekerjaannya.

- b) Bekerja dengan sempurna.
- c) Tampak seperti telah terlatih dengan baik.
- d) Gerakannya halus tapi sangat cepat sehingga sulit sekali untuk diikuti.
- e) Perpindahan dari satu elemen pekerjaan ke elemen pekerjaan lainnya
- f) tidak terlampau terlihat karena lancar.
- g) Tidak terkesan adanya gerakan-gerakan berpikir dan merencanakan
- h) tentang apa yang akan dikerjakan (sudah sangat otomatis).

Excellent skill:

- a) Percaya pada diri sendiri.
- b) Tampak cocok dengan pekerjaannya.
- c) Terlihat terlatih dengan baik
- d) d. Bekerjanya teliti dengan tidak banyak melakukan
- e) pengukuran-pengukuran atau pemeriksaan-pemeriksaan.
- f) Menggunakan peralatan dengan baik.
- g) Gerakan kerjanya beserta urutan-urutannya tanpa kesalahan.

Good skill:

- a) Kualitas hasil baik.
- b) Dapat memberi petunjuk-petunjuk pada pekerjaan lain yang keterampilannya lebih rendah.
- c) Tampak jelas sebagai pekerja yang cakap.
- d) Gerakan terkoordinasi dengan baik.

- e) Bekerjanya tampak lebih baik daripada kebanyakan pekerjaan
- f) pada umumnya.
- g) Tidak memerlukan banyak pengawasan.

Average skill:

- a) Gerakannya tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.
- b) Terlihat adanya pekerjaan-pekerjaan yang direncanakan.
- c) Tampak cukup terlatih dan karenanya mengetahui seluk beluk pekerjaannya.
- d) Mengkoordinasi tangan dan pikiran dengan cukup baik.
- e) Bekerjanya secara teliti.
- f) Secara keseluruhan cukup memuaskan.

Fair skill:

- a) Tampak terlatih tapi belum cukup baik.
- b) Terlihat adanya perencanaan-perencanaan sebelum memulai pekerjaannya.
- c) Tidak mempunyai kepercayaan diri yang cukup sehingga mengetahui apa yang harus dilakukannya tetapi tampak tidak selalu yakin.
- d) Sebagian waktu terbuang karena kesalahan-kesalahan sendiri.
- e) Sepertinya tidak cocok dengan pekerjaannya, tetapi telah ditempatkan dipekerjaan itu sejak lama.
- f) Jika tidak bekerja secara sungguh-sungguh, *outputnya* akan sangat rendah.

Poor skill:

- a) Tidak bisa mengkoordinasikan tangan dan pikiran.
- b) Gerakan kaku.
- c) Tidak terlihat adanya kecocokan dengan pekerjaannya.
- d) Tidak adanya kepercayaan diri.
- e) Sering melakukan kesalahan.
- f) Tidak bisa mengambil inisiatif sendiri.

Usaha atau *effort* menunjukkan kemampuan untuk bekerja secara efektif. Hal ini ditunjukkan oleh kecepatan pada tingkat kemampuan yang dimiliki dan dapat dikontrol pada tingkat yang tinggi oleh operator. Untuk usaha atau *effort* ini, metode *Westing House* membagi atas beberapa kelas dengan ciri masing-masing sebagai berikut:

Excessive effort:

- a) Kecepatan sangat berlebihan.
- b) Usahanya sangat bersungguh-sungguh tetapi dapat membahayakan kesehatan.
- c) Kecepatan yang ditimbulkan tidak dapat dipertahankan sepanjang hari.

Excellent effort:

- a) Jelas terlihat kecepatan kerjanya yang tinggi.
- b) Gerakan yang lebih “ekonomis” dari operator yang lain.
- c) Penuh perhatian pada pekerjaan.
- d) Banyak memberi saran.
- e) Tidak dapat bertahan lebih dari beberapa hari.
- f) Bekerja secara sistematis.

Good effort:

- a) Bekerjanya berirama.
- b) Waktu untuk menganggur sangat sedikit, kadang-kadang tidak ada.
- c. Kecepatan baik dan dapat dipertahankan sepanjang hari.
- c) Menerima saran-saran dan petunjuk dengan senang.
- d) Penuh perhatian pada pekerjaan.

Average effort:

- a) Tidak sebaik *good effort*, tetapi lebih baik dari *poor effort*.
- b) Bekerja dengan stabil.
- c) Menerima saran-saran tetapi tidak melaksanakannya.
- d) *Set up* dilaksanakan dengan baik.
- e) Melakukan kegiatan-kegiatan perencanaan.

Fair effort:

- a) Saran-saran perbaikan diterima dengan kesal.
- b) Kurang sungguh-sungguh.
- c) Terjadi sedikit penyimpangan dari cara kerja baku.
- d) Gerakan tidak terencana.
- e) Tidak mengeluarkan tenaga dengan secukupnya.
- f) Terlampau hati-hati.

Poor effort:

- a) Membuang-buang waktu.
- b) Tidak memperlihatkan adanya minat bekerja.
- c) Tidak mau menerima saran.
- d) Malas dan lambat bekerja.

e) *Set up* kerjanya tidak baik.

Untuk faktor kondisi (*condition*) merupakan prosedur *performance rating* yang berakibat pada operator bukan pada operasi. Kondisi kerja (*condition*) adalah kondisi fisik lingkungan kerja seperti keadaan pencahayaan, temperatur dan kebisingan ruangan.

Tabel 2.1. *Performance Rating Metode Westing House*

SKILL			EFFORT		
Kelas	Kod	Nilai	Kela	Kode	Nilai
<i>Super skill</i>	A1	+ 0.15	<i>Excessive</i>	A1	+ 0.13
<i>Excellent Good</i>	A2	+ 0.13	<i>effort Excellen</i>	A2	+ 0.12
<i>Average</i>	B1	+ 0.11	<i>Good Average</i>	B1	+ 0.10
<i>Fair</i>	B2	+ 0.08	<i>Fair</i>	B2	+ 0.08
	C1	+ 0.06		C1	+ 0.05
<i>Poor</i>	C2	+ 0.03	<i>Poor</i>	C2	+ 0.02
	DE1	0.00		DE1	0.00
	E2	- 0.05		E2	- 0.04
	F1	- 0.10		F1	- 0.08
	F2	- 0.16		F2	- 0.12
		- 0.22			- 0.17
CONDITION			CONSISTENCY		
Kelas	Kod	Nilai	Kela	Kode	Nilai

<i>Ideal</i>	A	+ 0.06	<i>Perfect</i>	A	+ 0.04
<i>Excellent Good</i>	B	+ 0.04	<i>Excellent</i>	B C D E	+ 0.03
<i>Average Fair</i>	C	+ 0.02	<i>Good Average</i>	F	+ 0.01
<i>Poor</i>	D	0.00	<i>Fair</i>		0.00
	E	- 0.03	<i>Poor</i>		- 0.02
	F	- 0.07			- 0.04

2.1.5. Uji Kecukupan Data.

Aktivitas *time and motion study* pada dasarnya merupakan proses *sampling*, sehingga semakin besar jumlah siklus kerja yang diamati, maka akan mendekati kebenaran terhadap waktu yang diperoleh. Hal ini disebabkan, walaupun untuk pekerjaan yang sama operator bekerja pada kecepatan normal jarang sekali dapat diselesaikan dalam waktu yang sama persis. Semakin besar perbedaan dari data waktu pengukuran akan menyebabkan jumlah siklus kerja yang diamati atau diukur semakin besar agar dapat diperoleh ketelitian yang dikehendaki.

Menurut Wignjosoebroto (1995) untuk menetapkan jumlah observasi yang seharusnya dibuat maka harus diputuskan terlebih dahulu berapa tingkat kepercayaan (*Confidence Level*) dan derajat ketelitian (*Degree of Accuracy*) untuk uji *time and motion study*, didalam aktivitas pengukuran kerja biasanya akan diambil 95% *confidence level* dan 5% *degree of accuracy*. Hal ini berarti bahwa sekurang-kurangnya 95 data dari 100 data dari waktu yang diukur untuk suatu elemen kerja akan memiliki penyimpangan tidak lebih dari 5%. Rumus untuk mencari jumlah data yang diperlukan yaitu:

$$N' = \left[\frac{K / S \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2$$

Keterangan:

N' = Pengukuran yang harus dilaksanakan

N = Pengukuran yang telah dilaksanakan

K = Tingkat keyakinan

S = Tingkat ketelitian

Xi^2 = Kuadrat jumlah data waktu pengukuran

Xi = Jumlah data tiap pengukuran

Xi^2 = Penjumlahan dari kuadrat data tiap pengukuran

Bila $N' < N$ maka data pengukuran pendahuluan dianggap cukup.

Bila $N' > N$ maka dikatakan data tidak mencukupi sehingga perlu dilakukan pencarian derajat ketelitian baru yang sesuai dengan jumlah data yang diambil.

Tabel 2.2. Jumlah Pengukuran yang Diperlukan (N') untuk 95%

Confidence Level dan 5% Degree of Accuracy

	Data dari		Data dari		Data dari
R/ X	sample	R/ X	sample	R/ X	sample

10	3	2	0.42	52	30	0.74	162	93
0.12	4	2	0.44	57	33	0.76	171	98
0.14	6	3	0.46	63	36	0.78	180	103
0.16	8	4	0.48	68	39	0.80	190	108
0.18	10	6	0.50	74	42	0.82	199	113
0.20	12	7	0.52	80	46	0.84	209	119
0.22	14	8	0.54	86	49	0.86	218	125
0.24	17	10	0.56	93	53	0.88	229	131
0.26	20	11	0.58	100	57	0.90	239	138
0.28	23	13	0.60	107	61	0.92	250	143
0.30	27	15	0.62	114	65	0.94	261	149
0.32	30	17	0.64	121	74	0.96	273	156
0.34	34	20	0.66	129	74	0.98	284	162
0.36	38	22	0.68	137	78	1.00	296	169
0.38	43	24	0.70	145	83			
0.40	47	27	0.72	153	88			

Sumber : Wignjosoebroto (1995).

2.1.6. Waktu Baku

Waktu baku adalah waktu yang seharusnya digunakan oleh operator yang normal pada keadaan yang normal untuk memproduksi satu unit dari data jenis produk (Yulianto, 2009). Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Wignjosoebroto, 1995).

Waktu baku adalah jumlah waktu yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan dalam prestasi *standart*, yakni dengan memperhitungkan kelonggaran (*Allowance*) serta penyesuaian yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan tersebut (Universitas Kristen Petra, 2009).

Menurut wignjosoebroto (1995) waktu baku yang dihasilkan akan sangat

diperlukan terutama untuk:

- a. *Man power planning* (perencanaan kebutuhan tenaga kerja).
- b. Estimasi biaya-biaya untuk upah karyawan atau pekerja.
- c. Penjadwalan produksi dan penganggaran.
- d. Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan atau pekerja yang berprestasi.
- e. Indikasi keluaran (*output*) yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja.

Sebelum menetapkan waktu baku, dicari terlebih dahulu:

- a. Waktu siklus rata-rata (W_s)

Waktu siklus rata-rata adalah waktu penyelesaian dari suatu elemen kerja (Yulianto, 2009).

Penetapan waktu siklus rata-rata adalah sebagai berikut:

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N}$$

Keterangan:

\bar{X} = Waktu rata-rata pengukuran

X_i = Jumlah waktu pengukuran

N = Banyaknya data pengukuran

b. Waktu normal (W_n)

Waktu normal atau normal *time* adalah waktu yang diperlukan untuk seorang operator yang terlatih untuk memiliki keterampilan rata-rata untuk melaksanakan suatu aktivitas dibawah kondisi dan tempo kerja normal (Adi,2009).

Waktu normal adalah waktu siklus yang telah dikalikan dengan penyesuaian si operator (Yuliarto, 2009).

$$W_n = W_s \times P$$

Keterangan:

W_s = waktu siklus rata-rata

P = *Performance Rating*

c. Kelonggaran (L atau *Allowance*)

Kelonggaran (*Allowance*) menurut Adi (2009) adalah sejumlah waktu yang harus ditambahkan dalam waktu normal (normal *time*) untuk mengantisipasi terhadap kebutuhan-kebutuhan waktu guna melepaskan lelah (*fatigue*), kebutuhan-kebutuhan yang bersifat pribadi (*personal needs*) dan kondisi-kondisi menunggu atau menganggur baik yang bisa dihindarkan ataupun tidak bisa dihindarkan (*avoidable or unavoidable delays*).

Menurut Universitas Kristen Petra (2009) dalam menghitung waktu baku perlu memasukkan *allowance* ke dalam perhitungan waktu baku, *allowance* dalam waktu kerja dibedakan menjadi 3 macam:

1. Kelonggaran waktu untuk kebutuhan pribadi (*personal allowance*), kelonggaran waktu yang diberikan untuk *personal needs* ditujukan untuk

kebutuhan yang bersifat pribadi seperti untuk makan, minum, ke kamar mandi, dan lain-lain. Kelonggaran ini biasanya berkisar antara 0-2.5 % untuk pria dan 2-5 % untuk wanita.

2. Kelonggaran waktu untuk melepaskan lelah (*Fatigue allowance*), *allowance* ini diberikan untuk pekerja mengembalikan kondisi akibat kelelahan dalam bekerja baik kelelahan fisik dan mental.

3. Keterlambatan waktu untuk keterlambatan yang tidak terduga (*unavoidable delay allowance*).

Tabel 2.3. Besarnya Kelonggaran Waktu

No.	Keterangan	Pria (%)	Wanita (%)
1	Tenaga yang dikeluarkan	3	3
2	Sikap kerja Gerakan kerja	0.5	0.5
3	Kelelahan mata	0	0
4	Keadaan temperatur tempat	2	2
5	Keadaan atmosfir	4	4
6	Keadaan lingkungan yang baik	0	0
7	Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi	0	0
8	Kelonggaran untuk pribadi yang diabaikan	1.25	3.5
	Jumlah Kelonggaran	15.75	18

Sumber : Buku Pedoman Praktikum Semester II, 2007.

Untuk menetapkan Waktu baku (W_b) adalah sebagai berikut:

$$W_b = W_n + LX$$

Dengan

$$L = \left(\frac{X}{100} \times W_n \right)$$

Sehingga Waktu baku dapat dihitung dengan cara:

$$W_b = W_n + \left(\frac{X}{100} \times W_n \right)$$

Keterangan:

W_{nv} = Waktu normal

L = Kelonggaran

X_s = Besarnya kelonggaran setiap tenaga kerja berdasarkan jenis kelamin

2.2. *Line Balancing*

Menurut Gaspersz (2004), *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 (2004), *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. *Line balancing* adalah suatu penugasan sejumlah pekerjaan ke 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. Tujuan pokok dari penyeimbangan lintasan adalah meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan yang ditentukan oleh operasi yang paling lambat (Baroto, 2002).

Manajemen industri dalam menyelesaikan masalah *line balancing* harus mengetahui tentang metode kerja, peralatan-peralatan, mesin-mesin, dan personil yang digunakan dalam proses kerja. Data yang diperlukan adalah informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap *assembly line* dan *precedence relationship*. Aktivitas-aktivitas yang merupakan susunan dan urutan dari berbagai tugas yang perlu dilakukan, manajemen industri perlu menetapkan tingkat produksi per hari yang disesuaikan dengan tingkat permintaan total, kemudian membaginya ke dalam waktu produktif yang tersedia per hari. Hasil ini adalah *cycle time* yang merupakan waktu dari produk yang tersedia pada setiap stasiun kerja (*work station*) (Baroto, 2002).

2.2.1 Langkah Pemecahan *Line Balancing*

Menurut Gaspersz (2004), 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.
- b. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tugas itu.
 - c. 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 yang diijinkan).
 - g. Memberikan tugas-tugas kepada pekerja atau mesin.
 - h. Menetapkan minimum banyaknya stasiun kerja (*work station*) yang dibutuhkan untuk memproduksi *output* yang diinginkan.
 - i. Menilai efektifitas dan efisiensi dari solusi.
 - j. Mencari terobosan-terobosan untuk perbaiki proses terus- menerus (*continous process improvement*).

2.2.2. Istilah-Istilah *Line Balancing*

Ada beberapa istilah yang lazim digunakan dalam *line balancing*. Berikut adalah istilah-istilah yang dimaksud (Baroto, 2002):

1. *Precedence diagram*

Precedence diagram digunakan sebelum melangkah pada penyelesaian menggunakan metode keseimbangan lintasan.

Precedence diagram sebenarnya merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang tujuannya untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya, adapun tanda yang dipakai dalam *precedence diagram* adalah sebagai berikut:

- a. Simbol lingkaran dengan huruf atau nomor di dalamnya untuk mempermudah identifikasi asli dari suatu proses operasi.
- b. Tanda panah menunjukkan ketergantungan dan urutan proses operasi. Hal ini operasi yang ada di pangkal panah berarti mendahului operasi kerja yang ada pada ujung anak panah.
- c. Angka di atas simbol lingkaran adalah waktu standar yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap proses operasi.

2. *Assemble Product*

Assemble Product adalah produk yang melewati urutan *work station* dimana, setiap *work station* memberikan proses tertentu hingga selesai menjadi produk akhir pada perakitan akhir.

3. Waktu menunggu (*Idle Time*)

Dimana operator atau pekerja menunggu untuk melakukan proses kerja ataupun kegiatan operasi yang selanjutnya akan dikerjakan. Selisih atau perbedaan antara *Cycle time* (CT) dan *Stasiun Time* (ST), atau CT dikurangi *Stasiun Time* (ST).

$$\text{Idle Time} = n.W_s - \sum_{i=1}^n W_i$$

Keterangan: n = Jumlah stasiun kerja
 W_s = Waktu stasiun kerja terbesar.
 W_i = Waktu sebenarnya pada stasiun kerja.
 i = 1,2,3,...,n.

4. Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*)

Balance delay merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengganggu sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja. *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{n.C - \sum t_i}{(n.t_1)} \times 100\%$$

Keterangan: D = *Balance delay* (%). C = Waktu siklus.
 N = Jumlah stasiun kerja.
 $\sum t_i$ = Jumlah semua waktu operasi.
 t_i = Waktu operasi.

5. Efisiensi stasiun kerja merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja (W_i) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar (W_s).

$$\text{Efisiensi stasiun kerja} = \frac{W_i}{W_s} \times 100\%$$

6. *Line efficiency* merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja atau jumlah efisiensi stasiun kerja dibagi jumlah stasiun kerja.

Line efficiency dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan: ST_i = Waktu stasiun kerja dari ke-i.

K = Jumlah stasiun kerja.

CT = Waktu siklus.

7. *Work Station* merupakan tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus:

$$K_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{C}$$

Keterangan: t_i = Waktu operasi (elemen).

C = Waktu siklus stasiun kerja.

K_{\min} = Jumlah stasiun kerja minimal.

8. *Smoothes index* (SI) adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

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

Keterangan: ST_{maks} = Maksimum waktu di stasiun

St_i = Waktu stasiun di stasiun kerja ke-i.

2.2.3. Analisis Line Balancing

Perhitungan *line balancing* menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu metode *kilbridge* dan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Metode *kilbridge* yaitu dilakukan berdasarkan pengelompokan elemen kerja ke dalam tingkat hubungan yang sama. Metode *Ranked Positional Weight* (RPW), yaitu dilakukan dengan menentukan jumlah stasiun kerja minimal dan melakukan pengalokasian berdasarkan bobot yang dimiliki. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode ini antara lain yaitu menentukan waktu siklus, jumlah stasiun kerja minimal yang ada, efisiensi lini, *balance delay*, dan *smoothness index*.

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan dalam perhitungan *kilbirdge* ini dapat diketahui dari banyaknya stasiun kerja dalam pembuatan lemari tas terdiri atas empat stasiun kerja. Masing-masing stasiun kerja tersebut memiliki tingkat efisiensi kerja yang cukup bervariasi dikarenakan dalam pembuatan lemari tas ini memiliki waktu perakitan yang berbeda-beda dari perakitan ke satu sampai dengan perakitan ke enam. Hasil yang didapat untuk waktu efisiensi pekerjaan dalam dalam persentase waktu efisiensi lini, *balance delay*, dan *smoothnes index* cukup baik dalam melakukan sebuah perakitan. Masing-masing nilai tersebut akan menentukan banyaknya perumusan atau pemecahan masalah untuk metode *kilbirdge*. Kata lain metode ini

merupakan metode terbaik yang digunakan karena pada penerapan *line balancing* ini mengumpulkan suatu permasalahan yang terjadi pada perakitan lemari tas, sehingga dalam pemecahan masalah yang terjadi dapat dikembangkan dari masalah yang sudah dipecahkan sehingga akan didapat dari solusi pemecahannya. Hasil untuk efisiensi lini, yaitu 89,29% menyatakan bahwa rasio dalam membuat rangkaian kegiatan perakitan dalam stasiun kerja memiliki persentase yang cukup baik dan sebaliknya jika persentase kurang dari 89,29% menyatakan efisiensi lini kurang baik. Hasil yang didapat pada *balance delay* yaitu 10,71% menyatakan bahwa dalam mengatur kegiatan perakitan pekerjaan di dalam stasiun kerja sebesar 10,71% tidak merata sedangkan dalam *smoothness index* hasil yang didapat adalah 1,98 menit. Hal tersebut menyatakan bahwa dalam melakukan perakitan lemari tas ini waktu yang relatif baik 1,98 dengan kata lain dari hasil masing-masing perakitan lemari tas.

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan dalam perhitungan *ranked positional weight* ini dapat diketahui dari banyaknya stasiun kerja dalam pembuatan lemari tas terdiri atas empat stasiun kerja. Masing-masing stasiun kerja tersebut memiliki tingkat efisiensi kerja yang cukup bervariasi dikarenakan dalam pembuatan lemari tas ini memiliki waktu perakitan yang berbeda-beda dari perakitan ke satu sampai dengan perakitan ke enam. Hasil yang didapat untuk waktu efisiensi pekerjaan dalam persentase waktu efisiensi lini, *balance delay* dan *smoothnes index* cukup baik dalam melakukan sebuah

perakitan. Hasil untuk efisiensi lini yaitu, 89,29% menyatakan bahwa rasio dalam membuat rangkaian kegiatan perakitan dalam stasiun kerja memiliki persentase yang cukup baik dan sebaliknya jika persentase kurang dari 89,29% menyatakan efisiensi lini kurang baik. Hasil yang didapat pada *balance delay* yaitu, 10,71% menyatakan bahwa dalam mengatur kegiatan perakitan pekerjaan di dalam stasiun kerja sebesar 10,71% tidak merata sedangkan dalam *smoothness index* hasil yang didapat adalah 1,98 menit. Hal tersebut menyatakan bahwa dalam melakukan perakitan lemari tas ini waktu yang relatif baik 1,98 dengan kata lain dari hasil masing-masing perakitan lemari tas.

Perbandingan ini akan menentukan banyaknya barang yang akan diproduksi sehingga dalam melakukan produksi lemari tas dapat diketahui. Syarat yang diketahui yaitu, lintasan, hari kerja dan waktu kerja dapat diketahui terlebih dahulu.

Metode *Kilbrige & Wester* dilakukan suatu perhitungan dalam kapasitas untuk metode ini dengan lintasan yang diinginkan suatu perusahaan adalah 1 lintasan dengan 1 *shift*. *Shift* yang ditentukan 1 tersebut untuk waktu produksi pembuatan lemari tas ini dalam waktu satu tahun ialah 298 hari dengan waktu 8 jam sehari. Metode ini memperkerjakan 16 operator dengan kapasitas produksi, yaitu 6502 unit/tahun. Berdasarkan hasil yang didapat dalam metode *Kilbrige & Wester* adalah 6502 unit/tahun. Hasil tersebut masih belum mampu memenuhi kebutuhan produksi yang telah ditentukan sehingga bila ingin memenuhi kebutuhan tersebut maka dilakukan waktu lembur dalam

mencapai target yang ditentukan. Hasil yang dibutuhkan dalam agregat adalah 6515 maka bila dari menggunakan metode *Kilbrige & Wester* yang berjumlah 6502 maka hasil tersebut masih membutuhkan 13 unit produk lemari tas untuk menutupi kekurangan yang terjadi pada perakitan atau pembuatan lemari tas ini.

Metode Bobot Posisi (*Ranked Positional Weigth*) mendapatkan kecepatan operasi terlambat adalah operasi 3 sebesar 6,42 menit sehingga dijadikan waktu siklus pada metode ini. Jika kecepatan operasi yang terlambat dijadikan kecepatan lintasan, produk yang dihasilkan hanya sebesar 1629, karena seperempat dari lintasan yang diinginkan. Perusahaan diinginkan harus membuat 1 lintasan dengan 1 *shift*. Metode ini memperkerjakan 16 operator dengan kapasitas produksi sebesar 6502 unit per tahun. Hasil ini masih belum mampu memenuhi kebutuhan produksi yang telah ditentukan sehingga bila ingin memenuhi kebutuhan tersebut maka dilakukan waktu lembur dalam mencapai target yang ditentukan. Hasil yang dibutuhkan dalam agregat adalah 6515 maka bila menggunakan metode Bobot Posisi (*Ranked Positional Weigth*) yang berjumlah 6502 maka hasil tersebut masih membutuhkan 13 unit produk lemari tas untuk menutupi kekurangan yang terjadi pada perakitan.

2.3. Investasi

2.3.1 Studi Kelayakan Proyek

Dalam menilai suatu proyek, perlu diadakannya studi kelayakan untuk mengetahui apakah proyek tersebut layak untuk dijalankan atau tidak. Dan penilaian tersebut mencakup berbagai aspek dan membutuhkan pertimbangan tertentu untuk memutuskannya. Selain untuk menilai layak atau tidaknya proyek tersebut, studi kelayakan ini juga bertujuan untuk mempelajari kelangsungan dari proyek yang akan dijalankan. Mungkin saja proyek yang dinilai itu ternyata layak, tetapi bisa saja kelangsungan dari proyek tersebut ternyata kurang memuaskan, atau jauh dari harapan.

2.3.2 Aspek Teknis

Aspek teknis merupakan suatu aspek yang berkaitan dengan proses pembangunan proyek secara teknis dan pengoperasiannya setelah proyek tersebut dibangun. Pengkajian aspek teknis di dalam studi kelayakan bertujuan untuk memberikan batasan dan parameter teknis yang berkaitan dengan perwujudan fisik proyek. Selain itu aspek teknis sangat berpengaruh terhadap perkiraan biaya dan jadwal dari proyek.

2.3.2.1 Letak Lokasi

Penetapan lokasi industri merupakan hal yang sangat penting dalam proses perancangan pembuatan industri itu sendiri.

Ada beberapa hal utama yang harus diperhatikan dalam penentuan lokasi industri yaitu identifikasi daerah, lokasi atau *site*, dan faktor pendukung atau penunjang.

Hal-hal yang berkaitan dengan identifikasi daerah adalah faktor-faktor sumber bahan baku, area pemasaran dan tersedianya tenaga kerja. Suatu industri memerlukan bahan baku yang nantinya akan diproses menjadi produk, untuk sampai ke area industri bahan baku tersebut perlu diangkut dari sumbernya. Dan setiap perusahaan industri akan berusaha menjaga agar suplai bahan baku tersebut dapat berkesinambungan, dengan harga yang layak dan transportasi rendah. Oleh karena itu, salah satu pertimbangan dalam memilih lokasi industri adalah dekat dengan sumber bahan baku. Berbagai macam industri juga banyak yang memilih tempat fasilitas produksinya di dekat area pemasaran, dengan tujuan untuk memperpendek jaringan distribusi produk sehingga cepat sampai ke tangan konsumen. Untuk ketersediaan tenaga kerja juga menjadi hal yang sangat penting karena tenaga kerja inilah yang nantinya akan mengoperasikan fasilitas-fasilitas produksi dari industri tersebut.

Faktor lokasi atau *site* berkaitan dengan sarana penghubung, listrik, transportasi, dan jarak dengan pusat kegiatan kota. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka timbul kecenderungan dalam memilih lokasi, yaitu mengarah ke pinggir kota, daerah industri eksklusif, dan *resource based*.

- Proyek-proyek pembangunan industri yang cenderung memilih lokasi pinggiran kota biasanya dikarenakan oleh harga tanah yang umumnya lebih rendah dan upah untuk tenaga kerja yang cenderung juga lebih rendah.
- Daerah industri eksklusif adalah suatu daerah yang disiapkan oleh pihak pemerintah atau swasta untuk menampung fasilitas-fasilitas produksi yang akan didirikan. Di daerah ini pada umumnya disediakan infrastruktur dan keperluan utility untuk menunjang kegiatan industri tersebut.
- Untuk industri yang bersifat *resource based* yaitu mengarah ke penggunaan *resource* yang tersedia seperti kekayaan alam, maka industri ini cenderung memilih lokasi yang dekat dengan sumber daya yang bersangkutan.

Faktor pendukung atau penunjang seperti penyediaan air, listrik dan pembuangan limbah juga memiliki peranan penting dalam penentuan lokasi industri. Jika semakin dekat dengan sumber penunjang tersebut akan dapat mengurangi biaya pertama investasi, seperti pada halnya dekat dengan sumber bahan baku.

2.3.2.2 Kapasitas Produksi

Ukuran besar dari kapasitas produksi merupakan hal yang penting sebagai masukan perhitungan aspek finansial dan aspek ekonomi pada studi kelayakan proyek. Kapasitas produksi tersebut juga nantinya akan memberikan batasan yang dapat

ditampung oleh alat atau fasilitas produksi. Oleh karena itu, dalam menentukan kapasitas bahan mentah dan ongkos produksi sebelum sampai kepada penentuan angka kapasitas, dalam kalangan industri dibedakan antara kapasitas desain dengan kapasitas efektif.

Kapasitas desain adalah maksimum *output* yang dapat dicapai oleh suatu fasilitas produksi menurut perhitungan rancangan dari desain *engineering*. Sedangkan kapasitas efektif adalah ukuran kapasitas *output* setelah memasukkan parameter-parameter seperti faktor *service*, *maintenance*, dan kondisi-kondisi lainnya yang dihadapi ketika fasilitas produksi tersebut beroperasi.

Perencanaan kapasitas produksi meliputi pertimbangan jangka waktu dari proyek, bisa jangka panjang ataupun jangka pendek. Untuk jangka panjang berhubungan dengan tingkat perkiraan produksi jangka panjang, sedangkan untuk jangka pendek memperhitungkan perubahan produksi sewaktu-waktu seperti fluktuasi permintaan pasar, ketersediaan bahan mentah atau *raw material*, dan lain-lain.

2.3.2.3 Teknologi

Untuk memilih teknologi industri yang tepat, harus dilakukan analisa terhadap kebutuhan produksi. Sekali keputusan tentang pemilihan teknologi tersebut dipastikan, maka keputusan tersebut akan berpengaruh terhadap penentuan denah lokasi, peralatan

penunjang, jenis perawatan dan perbaikan yang nantinya akan dibutuhkan beserta proyeksi biayanya dan lain-lain.

2.3.3 Aspek Finansial

Untuk menanamkan investasi yang layak bagi sebuah proyek, maka perlu dilakukan studi kelayakan yang berkaitan dengan aspek finansial. Pada aspek finansial ini dilakukan analisis untuk mengetahui berapa besarnya investasi yang diperlukan, selain itu kebutuhan akan modal operasional kerja juga menjadi salah satu pertimbangan yang penting. Pada aspek ini juga mengkaji tentang pengaruh indikator ekonomi makro terhadap kelayakan keuangan proyek, baik itu aliran kas masuk maupun aliran kas keluar, dan salah satu dari indikator tersebut adalah inflasi.

2.3.3.1 Investasi

Investasi adalah suatu kebutuhan modal yang nantinya akan digunakan untuk menjalankan suatu proyek atau mendirikan bidang usaha tertentu. Istilah modal tersebut mengacu pada kekayaan dalam bentuk uang, ataupun barang yang dapat digunakan untuk menghasilkan lebih banyak kekayaan. Tujuan ditanamkannya suatu investasi adalah untuk memperoleh manfaat dimasa mendatang baik itu berupa manfaat keuangan maupun bukan keuangan ataupun kedua-duanya.

2.3.3.2 Aliran Kas

Aliran kas adalah bagian dari laporan keuangan suatu perusahaan yang dihasilkan pada suatu periode akuntansi yang

menunjukkan aliran masuk dan keluar uang tunai (kas) perusahaan (Iman Soeharto, 1999, p407).

Aliran kas yang berhubungan dengan suatu proyek dapat dibagi menjadi tiga kelompok (Iman Soeharto, 1999, p408), yaitu:

- Aliran kas awal (*Initial Cash Flow*) merupakan aliran kas yang berkaitan dengan pengeluaran untuk kegiatan investasi.
- Aliran kas operasional (*Operational Cash Flow*) merupakan aliran kas yang berkaitan dengan operasional proyek.
- Aliran kas akhir (*Terminal Cash Flow*) merupakan aliran kas yang berkaitan dengan nilai sisa proyek seperti sisa modal kerja, nilai sisa proyek yaitu penjualan peralatan proyek.

Dalam menyusun aliran kas proyek diperlukan untuk memperhatikan hal-hal berikut:

- **Prinsip Aliran Kas**
Yaitu dengan menyusun aliran kas masuk dan aliran kas keluar secara sistematis.
- **Aliran Kas Inkremental (*Incremental*)**
Adalah aliran kas proyek apabila hanya memperhitungkan arus dana masuk dan keluar yang terdapat kaitannya dengan proyek yang bersangkutan.
- **Aliran Kas Diperhitungkan Setelah Pajak**
Adalah keuntungan yang akan diperoleh dengan adanya investasi di perhitungkan setelah kewajiban pajak.
- ***Incidental Effect***

Dengan memperhitungkan pengaruh diadakannya proyek baru atau proyek yang akan dijalankan terhadap laba perusahaan.

□ **Opportunity Cost**

Yaitu kemungkinan memperoleh tingkat keuntungan yang diterima dari penggunaan alternatif terbaik suatu asset.

□ **Bunga Utang**

Untuk mengevaluasi kelayakan proyek, dipisahkan antara keputusan investasi dengan keputusan pendanaan.

2.3.3.3 Depresiasi

Depresiasi pada dasarnya adalah penurunan nilai suatu properti atau aset karena waktu pemakaian, dan dampak yang ditimbulkan dari depresiasi ini adalah pengurangan jumlah penghasilan yang dikenakan pajak dan penurunan kemampuan fungsi kerja aset tersebut (INyoman Pujawan, 2003, 186).

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung depresiasi adalah metode garis lurus atau *straight line method*. Pada metode ini memberikan kemungkinan untuk menyusutkan nilai suatu aset pada laju konstan selama periode penyusutan berlangsung.

$$AD = \frac{1}{n} (P - S)$$

Keterangan:

- AD = Arus depresiasi
 P = Biaya awal atau nilai investasi
 S = Nilai sisa
 n = Usia ekonomis

2.3.3.4 Inflasi

Adalah kenaikan harga-harga barang, jasa, atau faktor-faktor penunjang produksi secara umum dan meluas. Dengan adanya inflasi tersebut maka daya beli uang akan semakin rendah dari waktu ke waktu. Secara umum inflasi terbagi atas tiga kategori yang berbeda, yaitu inflasi yang diakibatkan permintaan, inflasi yang diakibatkan oleh dorongan ongkos dan inflasi struktural.

- Inflasi karena tekanan permintaan terjadi karena terlalu banyak uang untuk jumlah barang yang sedikit, dengan kata lain penawaran tidak mampu memenuhi permintaan sehingga harga-harga barang akan naik.
- Untuk inflasi yang diakibatkan oleh dorongan ongkos terjadi karena naiknya ongkos-ongkos yang dibutuhkan untuk memproduksi barang atau jasa, seperti naiknya ongkos pekerja.
- Sedangkan untuk struktural terjadi karena pergeseran permintaan dari satu produk industri ke produk industri lainnya.

2.3.4 Konsep Analisa Ekonomi Teknik

Secara umum analisis ekonomi teknik bisa dikatakan sebagai analisis ekonomi dari investasi teknik, dan untuk menganalisis investasi teknik ini membutuhkan pengetahuan tentang aspek teknis serta aspek kinerja ekonomi. Terdapat dua sudut pandang yang berbeda dalam pengambilan keputusan pada ekonomi teknik, yaitu sudut pandang ekuntansi dan sudut pandang ekonomi teknik. Sudut pandang akuntan lebih berkaitan kepada penyajian dan analisa performansi keuangan yang telah terjadi pada periode yang telah lewat, sedangkan sudut pandang ekonomi teknik akan banyak terlibat dalam proses estimasi aliran kas masa mendatang dan juga memberikan gambaran tentang kemungkinan-kemungkinan yang akan dihadapi seandainya variabel-variabel pengambilan keputusan berubah dari satu kondisi ke kondisi lain.

2.3.4.1 Klasifikasi Dan Struktur Biaya Produksi

Agar bisa melakukan analisa dan evaluasi alternatif-alternatif yang berkaitan dengan suatu proyek, maka diperlukan kemampuan untuk bisa mengidentifikasi jenis dan macam-macam biaya yang diperlukan atau yang akan dikeluarkan.

Biaya awal (*first cost*) adalah biaya yang harus dikeluarkan pada awal sebelum kegiatan produksi diselenggarakan. Biaya awal ini cenderung besar dan memiliki nilai strategis yang mencakup dimensi waktu jangka panjang (*long-term*). Untuk memperoleh kembali biaya tersebut bisa dilakukan melalui biaya

penyusutan yang besarnya akan tergantung pada metode perhitungan depresiasi yang diterapkan. Biaya awal dikeluarkan hanya sekali saja untuk setiap aset yang ditamankan. Sedangkan biaya operasional adalah biaya yang harus dikeluarkan secara rutin untuk mendukung proses industri.

Biaya langsung adalah biaya yang dikeluarkan karena terkait secara langsung dengan suatu proses produksi tertentu atau hasil dari output produksi. Sedangkan untuk biaya tidak langsung adalah biaya yang dikeluarkan tetapi biaya tersebut tidak terkait atau tidak diidentifikasi dengan proses produksi ataupun output dari produk.

Biaya tetap adalah sejumlah biaya yang dikeluarkan dan jumlah biaya tersebut tidak berubah atau tetap tanpa terkait oleh besar kecilnya proses produksi. Sedangkan biaya variabel adalah biaya yang dikeluarkan dan besar kecilnya biaya tersebut terpengaruh oleh proses produksi.

2.3.4.2 *Minimum Attractive Rate of Return (MARR)*

Adalah suatu nilai minimal dari tingkat pengembalian bunga yang diinginkan oleh investor. Dengan kata lain apabila suatu investasi menghasilkan bunga atau tingkat pengembalian yang lebih kecil dari MARR ini maka investasi tersebut dinilai tidak ekonomis atau tidak layak untuk dikerjakan.

Ada beberapa cara yang disarankan untuk menetapkan besarnya MARR, yaitu:

- Tambahkan suatu persentase tetap pada ongkos modal (*cost of capital*) perusahaan.
- Nilai rata-rata tingkat pengembalian selama 5 tahun yang lalu digunakan sebagai MARR tahun sekarang.
- Gunakan MARR yang berbeda untuk perencanaan yang berbeda dari investasi awal.
- Gunakan MARR yang berbeda pada investasi baru dan investasi yang berupa proyek perbaikan ongkos.
- Gunakan rata-rata tingkat pengembalian modal para pemilik saham untuk semua perusahaan pada kelompok industri yang sama.

Besarnya MARR dipengaruhi oleh ketersediaan modal, ketersediaan kesempatan investasi, kondisi bisnis, tingkat inflasi, ongkos modal perusahaan, peraturan pajak, peraturan pemerintah, tingkat keberanian menanggung resiko bagi pengambil keputusan, tingkat resiko atau ketidakpastian yang dihadapi dan berbagai hal lainnya.

2.3.4.3 Metode *Payback Period*

Adalah suatu metode analisa kelayakan investasi untuk menilai persoalan kelayakan investasi tersebut menurut jangka waktu pemilihan modal yang diinvestasikan, dan biasanya dinyatakan dalam satuan tahun untuk pengembalian investasi

tersebut. Ada dua macam acuan yang digunakan untuk menghitung jangka waktu pengembalian investasi tersebut, yaitu metode arus kumulatif dan metode arus rata-rata.

Metode arus kumulatif digunakan jika aliran kas proyek tidak seragam atau berubah-ubah. Dalam hal ini digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Payback Period} = (-1) [+ \sum_1^{n-1} A] \frac{1}{-}$$

Keterangan:

C_f = Biaya pertama

A_n = Aliran kas pada tahun n

n = Tahun pengembalian ditambah 1

Sedangkan metode arus rata-rata digunakan jika aliran kas proyek sama besarnya dari tahun ke tahun selama usia ekonomis proyek. Dan untuk perhitungan rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\text{Payback Period} = \frac{-}{-}$$

Keterangan:

C_f = Biaya pertama

A = Aliran kas bersih (*neto*) per tahun

Untuk kriteria kelayakan dari metode ini adalah:

- Proyek dikatakan layak jika jangka waktu pengembalian investasi lebih pendek dari umur ekonomis proyek.
- Proyek dikatakan tidak layak jika jangka waktu pengembalian investasi lebih lama dari umur ekonomis proyek.

2.3.4.4 Metode *Present Value* (PV)

Adalah suatu metode kelayakan investasi yang menelaraskan nilai yang akan datang menjadi nilai sekarang dengan melalui pemotongan aliran kas menggunakan faktor pengurang (diskonto) pada tingkat biaya modal tertentu yang diperhitungkan. Apabila aliran kas tidak seragam dari periode ke periode berikutnya, maka digunakan rumus berikut untuk menghitungnya.

$$PV_t = A_t (1 + i)^{-t}$$

Keterangan:

PV_t = Nilai sekarang dari aliran kas periode ke -t

A_t = Aliran kas nominal pada periode ke -t

i = Tingkat bunga yang diperhitungkan

t = Periode 1,2,..., n

Sedangkan perhitungan untuk nilai sekarang total adalah sebagai berikut.

$$TPV = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}$$

Keterangan:

TPV = Nilai sekarang total

$\frac{A_t}{(1+i)^t}$ = Nilai Sekarang aliran kas A setiap periode ke -t

Lalu untuk perhitungan *net present value* (NPV) adalah sebagai berikut.

$$NPV = -I_0 + TPV$$

Keterangan:

NPV = Net present value

I_0 = Nilai sekarang investasi inisial

TPV = Nilai sekarang total

Kriteria kelayakan dari metode net present value (NPV) ini adalah sebagai berikut.

- Proyek layak jika *net present value* bertanda positif (NPV > 0)
- Proyek tidak layak jika *net present value* bertanda negatif (NPV < 0)

Kelebihan dari metode *net present value* ini adalah sebagai berikut.

- Memasukkan faktor nilai waktu dari uang.
- Mempertimbangkan semua aliran kas proyek.
- Mengukur besaran absolute dan bukan relatif, sehingga mudah mengikuti kontribusinya terhadap usaha peningkatan kekayaan perusahaan atau pemegang saham.

2.3.4.5 Metode *Internal Rate Of Return* (IRR)

Adalah suatu metode perhitungan aliran pengembalian *internal* dengan menghitung jumlah NPV aliran kas masuk sama dengan NPV aliran kas keluar dalam waktu tertentu (Syamsuddin, 2009:460)..

$$\frac{O}{(1 +)} - \frac{O (1}{+)}$$

Keterangan:

$(C)t$ = Aliran kas masuk pada tahun t

$(Co)t$ = Aliran kas keluar pada tahun t

i = Arus pengembalian (diskon)

n = Tahun

Karena aliran kas keluar proyek umumnya merupakan biaya pertama (C_f) maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi:

$$\frac{(C)}{(1+i)^t} - (C_0) = 0$$

Sementara itu untuk mendapatkan nilai IRR dengan menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut.

$$IRR = p\% + \frac{\Delta 1}{\Delta} + (q\% - p\%)$$

Keterangan:

$p\%$ = Persen tingkat bunga yang lebih kecil daripada perkiraan IRR

$q\%$ = Persen tingkat bunga yang lebih besar dari pada IRR

$\Delta 1$ = Faktor diskon kumulatif untuk $p\%$ pada n yang sesuai dikurangi dengan masa pemulihan modal.

$\Delta 2$ = Faktor diskon kumulatif untuk $q\%$ pada n yang sesuai dikurangi dengan faktor diskon kumulatif untuk $q\%$ pada n yang sesuai.

Kriteria kelayakan untuk metode IRR ini adalah dengan membandingkan antara hasil i dari IRR dengan i dari MARR. Apabila i IRR lebih besar atau sama dengan i MARR, maka

proyek tersebut dapat diterima, atau layak, namun jika tidak maka proyek tersebut kemungkinan tidak layak untuk dijalankan.

2.3.5 Bank Indonesia (BI) Rate

BI Rate adalah suku bunga kebijakan yang mencerminkan sikap atau *stance* kebijakan moneter yang ditetapkan oleh bank Indonesia dan diumumkan kepada publik.

BI Rate diumumkan oleh Dewan Gubernur Bank Indonesia setiap RapatDewanGubernur bulanan dan diimplementasikan pada operasi moneter yang dilakukan Bank Indonesia melalui pengelolaan likuiditas (liquidity management) di pasar uang untuk mencapai sasaran operasional kebijakan moneter.

Sasaran operasional kebijakan moneter dicerminkan pada perkembangan suku bunga Pasar Uang Antar Bank *Overnight* (PUAB O/ N). Pergerakan di suku bunga PUAB ini diharapkan akan diikuti oleh perkembangan di suku bunga deposito, dan pada gilirannya suku bunga kredit perbankan.

[\(http://www.bi.go.id/web/id/Moneter/BI+Rate/Penjelasan+BI+Rate/\)](http://www.bi.go.id/web/id/Moneter/BI+Rate/Penjelasan+BI+Rate/)

2.4. ROBOT INDUSTRI

Perkembangan robot tidak lepas dari perkembangan pada bidang lain, misalnya teknologi computer media online, servo mekanisme, dll. Robot adalah perlengkapan yang berfungsi untuk

menggantikan atau membantu pekerjaan manusia yang berat dan teliti. Dari buku “Robotic An Introduction” karya Douglas R. Malcolm Jr. telah dijelaskan bahwa robot industri dapat dibagi menjadi tiga tingkatan, yang masing- masing memiliki karakteristik unik, yaitu :

- 1) Low-Technology Robots
- 2) Medium-Technology Robots
- 3) High Technology Robots

1). Robot teknologi rendah (*Low-Technology Robots*)

Robot teknologi rendah (*Low-Technology Robots*) digunakan dalam lingkungan industri untuk pekerjaan seperti mesin pemasang & pelepas, penanganan material, operasi pengepressan dan operasi perakitan sederhana.

Karakteristik Robot teknologi rendah :

- a) Siku, memiliki 2 sampai dengan 4 pergerakan siku dan biasanya robot teknologi rendah merupakan robot non servo.
- b) Beban kerja, beban kerja untuk jenis robot teknologi rendah berkisar 3 sampai dengan 13,6 kg.
- c) Waktu siklus, adalah waktu yang perlukan sebuah robot untuk bergerak dari satu posisi ke posisi berikutnya. Dimana waktu siklus ini tergantung atas 2 faktor yaitu : beban kerja dan panjang lengan manipulator. Robot teknologi rendah biasanya memiliki waktu siklus yang cukup tinggi yaitu : 5 sampai dengan 10 Sekon.

- d) Ketelitian, adalah seberapa dekat sebuah robot dapat menggerakkan manipulatornya sesuai dengan titik yang telah diprogramkannya. Erat hubungannya dengan ketelitian yaitu keseragaman. Keseragaman menggambarkan seberapa sering sebuah robot melakukan program yang sama, mengulangi gerakannya pada titik yang telah diberikan. Baik ketelitian dan keseragaman sangat penting dalam sistem operasi berbagai robot. Untuk robot teknologi rendah ketelitiannya berkisar 0,050 sampai dengan 0,025 mm.
- e) Aktuasi, adalah metode pergerakan siku suatu robot. Aktuasi dapat dicapai dengan menggunakan pneumatic, hidrolis, maupun elektrik. Untuk robot yang berteknologi rendah biasanya menggunakan motor listrik karena harganya murah dan operasinya mudah dikendalikan.

2). Robot teknologi menengah (*Medium-Technology Robots*)

Robot teknologi menengah umumnya digunakan untuk pekerjaan mengambil dan meletakkan dan mesin pemasang & melepas. Robot teknologi menengah memiliki kerumitan yang lebih tinggi.

Karakteristik Robot teknologi menengah :

- a) Siku, Robot teknologi menengah memiliki jumlah siku yang lebih banyak dibandingkan dengan robot teknologi rendah dan memiliki batere kerja yang lebih besar. Lengan robot ini juga memiliki kekuatan manuver yang lebih untuk memanipulasi. Siku Robot

teknologi menengah berjumlah 5 sampai dengan 6 pergerakan siku.

- b) Beban kerja, beban kerja untuk jenis robot teknologi menengah berkisar 68 sampai dengan 150 kg. Dengan bertambahnya kemampuan beban kerja maka robot ini mampu menggantikan pekerja dalam situasi dimana mengangkat bagian yang berat secara konstan ketika diperlukan.
- c) Waktu siklus, Robot teknologi menengah memiliki waktu siklus yaitu : dalam pergerakan siku sepanjang 25 sampai dengan 65 dapat ditempuh dalam waktu 1,0 *Second*. Semakin tinggi kompleksitas pekerjaan dan makin berat beban kerja yang diberikan maka makin besar pula nilai waktu siklus yang diperoleh.
- d) Ketelitian, dengan bertambahnya jumlah siku akan juga berpengaruh dengan meningkatnya ketelitian. Untuk robot teknologi menengah ketelitiannya berkisar 0,2 sampai dengan 1,3 mm.
- e) Aktuasi, Untuk robot yang berteknologi menengah digerakkan oleh 2 tipe motor yaitu: listrik atau hidrolik. Alasan menggunakan 2 tipe motor karena beban kerja yang berat.

3). Robot teknologi tinggi (*High Technology Robots*)

Robot teknologi rendah (*High Technology Robots*) digunakan dalam lingkungan industri untuk pekerjaan yang kompleksitasnya tinggi.

Karakteristik Robot teknologi tinggi :

- a) Siku, memiliki 8 sampai dengan 10 pergerakan siku dan biasanya robot teknologi tinggi memiliki jenis pekerjaan yang kompleks dan manuver gerakan yang beragam.
- b) Beban kerja, beban kerja untuk jenis robot teknologi tinggi berkisar 150 sampai dengan 250 kg.
- c) Waktu siklus, karena bertambahnya gerakan dan kompleksitas kerja yang tinggi maka Waktu siklus untuk robot teknologi tinggi berkisar : 10 sampai dengan 25 Second.
- d) Ketelitian, dengan bertambahnya jumlah siku akan juga berpengaruh dengan meningkatnya ketelitian. Untuk robot teknologi tinggi ketelitiannya berkisar 1,5 sampai dengan 3,0 mm.
- e) Aktuasi, Untuk robot yang berteknologi tinggi biasanya digerakkan oleh 3 tipe aktuator motor yaitu: listrik, hidrolik dan pneumatik.

2.4.1 GEOMETRI ROBOT

2.4.1.1. Geometri Robot dan Istilah-Istilahnya

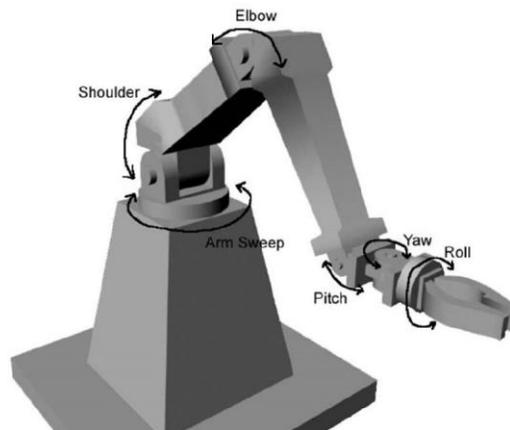
Degrees Of Freedom (DOF) adalah setiap titik sumbu gerakan mekanik pada robot, tidak terhitung untuk End Effector.

Degrees Of Movement (DOM) adalah kebebasan / kemampuan untuk melakukan sebuah gerakan.

Sebagai contoh, robot dengan 6 derajat kebebasan :

- 1) Base Rotation (dudukan untuk berputar)
- 2) Shoulder Flex (lengan atas / pundak)

- 3) Elbow Flex (lengan bawah)
- 4) Wrist Pitch (pergelangan angguk)
- 5) Wrist Yaw (pergelangan sisi)
- 6) Wrist Roll (pergelangan putar)



Gambar 2.1 Robot welding dengan 6 derajat kebebasan

2.4.1.2. Joint dan Link

Joint memungkinkan terjadinya gerakan pada dua bagian tubuh robot, sedangkan Link menghubungkan tiap-tiap joint.

2.4.1.2.1. Tipe-tipe Joint

- 1) Linear Joint
- 2) Gerakan antara In & Out, link adalah gerakan linear (tipe L- joint).
- 3) Orthogonal Joint Ini juga Linear Joint. Tetapi antara In & Out, Link nya saling tegak lurus (tipe O-Joint).
- 4) Rotational Joint

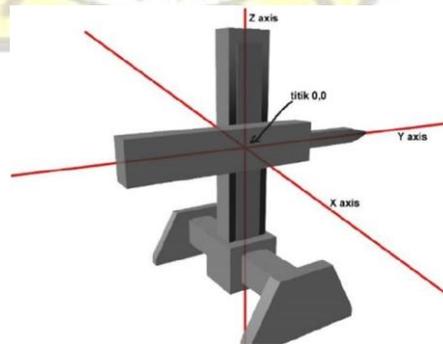
- 5) Merupakan penghubung dimana perputaran terjadi tegak lurus terhadap In & Out Link (tipe R-Joint).
- 6) Twisting Joint
- 7) Mengakibatkan gerakan berputar, tapi putaran paralel dengan In & Out Link (tipe T-Joint).
- 8) Revolving Joint
- 9) Input Link, paralel dengan axis perputaran dari joint. Output tegak lurus dengan putaran.

2.4.1.3. Robot Konfigurasi

Dikarenakan robot mempunyai bermacam-macam bentuk dan ukuran, sehingga memiliki beragam kemampuan gerakan. Secara fisik, ada beberapa konfigurasi yang dapat dibentuk. Yaitu,

- 1) Konfigurasi Koordinat Kartesian

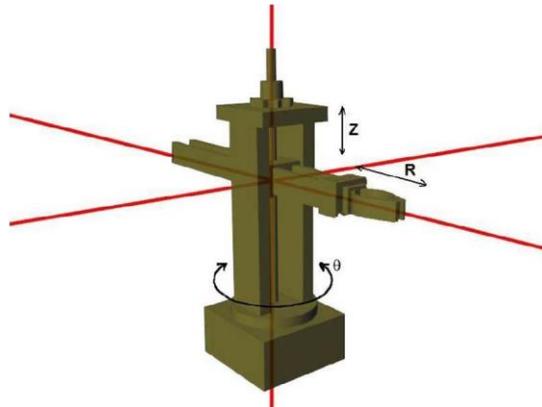
Sistem koordinat kartesian berbasis akan 3 sumbu atau bidang, yaitu sumbu x, y dan z.



Gambar 2.2 Sistem koordinat kartesian

- 2) Konfigurasi Koordinat Silinder

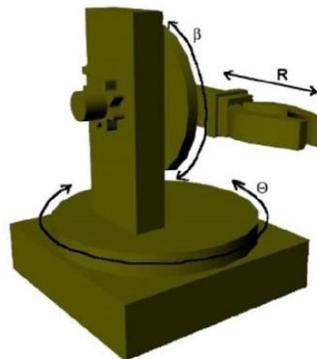
Sistem koordinat silinder memiliki 3 derajat kebebasan (DOF) atau 3 axis, yang terdiri dari θ (*theta*) mewakili sumbu putar, sumbu z mewakili gerakan naik-turun serta sumbu R yang mewakili gerakan memanjang atau memendek.



Gambar 2.3 Sistem koordinat Silinder

3) Konfigurasi Koordinat Polar

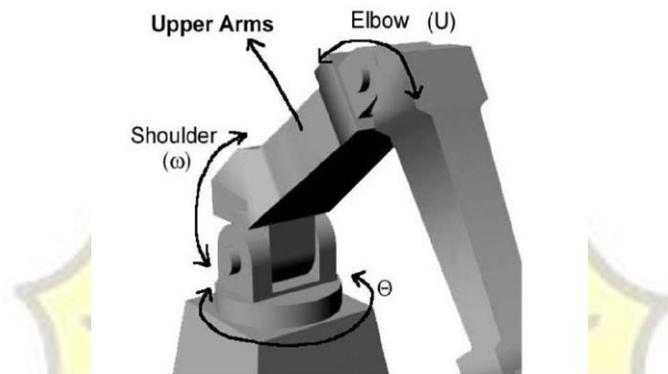
Konfigurasi koordinat polar/simetrikal juga memiliki 3 sumbu yaitu θ (*theta*), β (*beta*), dan R . dikatakan system simetrikal karena ruang



gerak dari robot merupakan *sphere* (bola).

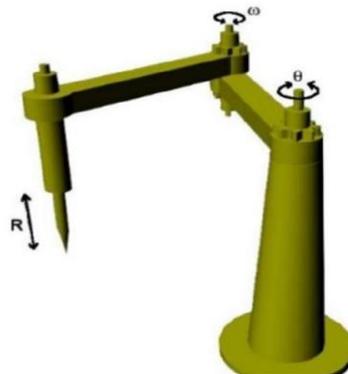
Gambar 2.4 Sistem koordinat Polar

- 4) Sistem Koordinat Articulate
- 5) Sistem koordinat articulate didefinisikan dengan 3 sumbu, yakni θ (*theta*), *upper arm* (w) dan *elbow* (U). Sumbu ini memberikan ke-fleksibelan lebih besar.



Gambar 2.5 SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm)

- 6) Sistem sumbu yang mirip koordinat Articulate tetapi berbasis pada gerakan horizontal. Memiliki kemampuan untuk "*insektion*", salah satu sistem sumbu yang mungkin dari SCARA adalah seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6 Sistem sumbu SCARA

2.4.1.4. Spesifikasi Teknis Yang Lain

Sebagai tambahan konfigurasi fisik dari robot dan kemampuan gerak dasar, ada beberapa spesifikasi teknik yang lain dimana menjelaskan tentang efisiensi dan efektivitas dalam unjuk kerja pada robot.

Beberapa spesifik teknik adalah sebagai berikut :

- 1) *Work Volume* (area kerja)
- 2) *Precision Of Movement* (keakuratan gerak)
- 3) *Speed Of Movement* (kecepatan gerak)
- 4) *Weight Carrying Capacity* (daya angkat beban)
- 5) *Type Of Drive System* (jenis penggerak)

1) *Work Volume*

Arti kata *Work Volume* (area kerja) mengacu pada dimana robot itu dapat bekerja. Secara teknis dapat dikatakan adalah dimana ujung bagian masih digerakkan di bawah control.

Work Volume diperhitungkan dari :

- a) Konfigurasi Fisik
- b) Ukuran
- c) Jangkauan Lengan

d) Hubungan / *Joint Manipulator*

Fungsi mengetahui *Work Volume* :

- a) Lay Out
- b) Waktu Produksi
- c) Area Kerja dan Safety
- d) Program

2) *Precision Of Movement*

Ada tiga jenis kategori pada keakuratan gerakan dari ujung robot pada suatu penerapan , yaitu :

1) *Spatial Resolution*

Dapat diartikan sebagai gerakan terkecil yang masih dapat dikontrol oleh si pemrogram, sehingga *spatial resolution* adalah jumlah dari resolusi control dengan ketidak akuratan mekanik.

2) *Accuracy* (akurasi)

adalah kemampuan dari ujung robot untuk mencapai titik yang dituju. Dengan kata lain akurasi adalah setengah resolusi *spatial*.

3) *Repeatability* (pengulangan)

Adalah kemampuan dari ujung robot untuk mencapai titik yang sebelumnya dikontrol. *Repeatability* umumnya lebih kecil dari akurasi.

3) *Weight Carrying Capacity*

Adalah kemampuan robot untuk memindahkan beban. Merupakan faktor untuk berbagai macam keperluan, yaitu :

- a) Jenis tugas

- b) Jenis barang
- c) Produktivitas

4) *Type Of Drive System*

Ada tiga jenis dasar penggerak robot, yaitu :

a) Hydraulic

Menggunakan fluida / oli, kurang dalam segi kebersihan, beresiko kebakaran.

b) Pneumatic

Menggunakan tekanan udara merupakan jenis yang termurah, terpraktis dan fixed points.

c) Electric

Yang dimaksud adalah motor listrik. Ada dua jenis motor, yaitu motor DC dan motor stepper. Ciri khasnya adalah kecepatan.

- d) Selain penggerak di atas, untuk mencapai presisi, kecepatan serta gerakan yang diinginkan, robot selalu dilengkapi dengan gear dan cam.

5) *End Effectors*

Memiliki tujuan untuk melaksanakan tugas tertentu. Faktor-faktor yang penting dalam end effector adalah sebagai berikut :

- a) Tugas
- b) Design
- c) Kontrol program

- d) Ukuran area kerja
- e) Waktu siklus
- f) Keselamatan kerja

2.4.2. SISTEM KONTROL

2.4.2.1. Jenis Robot Control

Ada beberapa jenis pengatur gerakan pada robot, diantaranya :

1) Limite Sequence Robot

Ciri – ciri :

- Paling sederhana
- Paling murah
- umumnya menggunakan driver pneumatic
- Operasinya Pick & Place

2) Point to Point

Ciri - ciri :

- Lebih canggih dari Limite Sequence Robot
- Menyimpan titik-titik dari langkah robot
- Menggunakan driver hydraulic
- Motor elektronik

3) Countouring

- Ciri – ciri :
- Peningkatan Point to Point
 - Speed & Countour
 - Menggunakan driver hydraulic

4) Line Tracker

- Ciri – ciri :
- Untuk benda bergerak
 - Sensor dan program
 - Menggunakan driver hydraulic

5) Intelligent Robot

- Ciri – ciri :
- Dapat bereaksi dengan lingkungan
 - Dapat mengambil keputusan
 - Advance I/O
 - Advance sensor

2.4.2.2. Bagian-Bagian Pada Kontrol Robot

Kontrol pada robot dapat dikelompokan dari level rendah, menengah dan tinggi. Secara detail adalah sebagai berikut :

1) Low Technology Controllers

Mungkin dapat diprogram untuk praktis atau tidak praktis. Tidak ada internal memory amp.

2) Medium Technology Controllers

Mempunyai 2 sampai 4 sumbu bergerak dan memiliki mikroprosesor serta memori (terbatas). Tetapi I/O-nya terbatas, delay setiap gerakan serta dapat diprogram jika kerja telah lengkap.

3) *High Technology Controllers*

Memiliki memori yang besar serta punya mikroprosesor dan co-mikroprosesor. Berbagai macam I/O, re-program dalam waktu singkat. Mempunyai sampai dengan 9 axis. Dalam kontrolernya ada 5 bagian penting, yaitu Power Supply, Interface, Axis Drive Board, Option Boards dan Mikroprosesor.

2.4.3. Sensor

Sensor pada robot industri ada dua kategori, yaitu :

1). Internal Sensor

Digunakan untuk mengontrol posisi, kecermatan dan lain-lain. Contohnya adalah potensiometer, optical encoder.

2). External Sensor

Digunakan untuk mengontrol dan mengkoordinasi robot dengan environment. Contohnya adalah switch sentuh, infra merah.

Menurut jenis dan fungsinya dapat dilihat beberapa tipe sensor di bawah ini :

1) Kontak Sensor

Dapat digunakan untuk mendeteksi kontak atau gaya. Ada dua jenis yaitu Touch Sensor dan Stress / Force Sensor.

1) Proximity Sensor

Jika jarak antara obyek dan sensor dekat. Misalnya untuk mengetahui jarak dari objek.

2) Optical Sensor

Untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu barang.

3) Vision Sensor

Untuk mendefinisikan benda, alignment dan inspection.

4) Voice Sensor

Untuk mengenali jenis benda dan melakukan perintah lewat suara.

Dan masih banyak jenis-jenis sensor lainnya. Biasanya sensor digunakan untuk pengukuran kondisi fisis, seperti temperature, tekanan, aliran listrik dan lain-lain.

2.4.4. ARC WEDING ROBOT

2.4.4.1. Gambaran Umum Arc Welding Robot

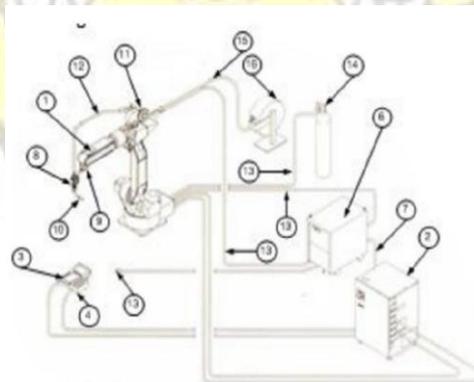


Gambar 2.7 Arc Welding Robot Tipe Almega AX– V6

Dalam hal peng-install-an Arc Welding Robot pada dasarnya telah diprogram untuk dapat langsung digunakan pada proses industri, namun tidak menutup kemungkinan apabila pada pengaplikasiannya

terdapat tambahan interface pendukung maka untuk kepentingan seperti ini kita masih dapat meng-*edit* program yang sudah ada. Dengan kemudahan robot ini telah didukung sistem PLC maka operator dapat mengaksesnya cukup menggunakan diagram anak tangga (*ladder diagram*). Sedangkan untuk penggunaan pada proses welding sendiri kita tidak perlu lagi repot mengakses PLC nya, karena untuk penggunaan kita hanya akan mengatur parameter-parameter pengelasan seperti : koordinat jalur pengelasan, arus, tegangan, kecepatan las, panjang kawat, tipe pengelasan maupun tipe gerakan robot yang berhubungan dengan axis-axisnya. Semua inputan program dapat diakses melalui alat bantu yang dinamakan *teach pendant*, dengan adanya perangkat ini kita mampu untuk menuliskan program pengelasan kemudian dapat disimpan untuk penggunaan lebih lanjut.

2.4.4.2. Bagian penyusun dan cara kerja Arc Welding Robot



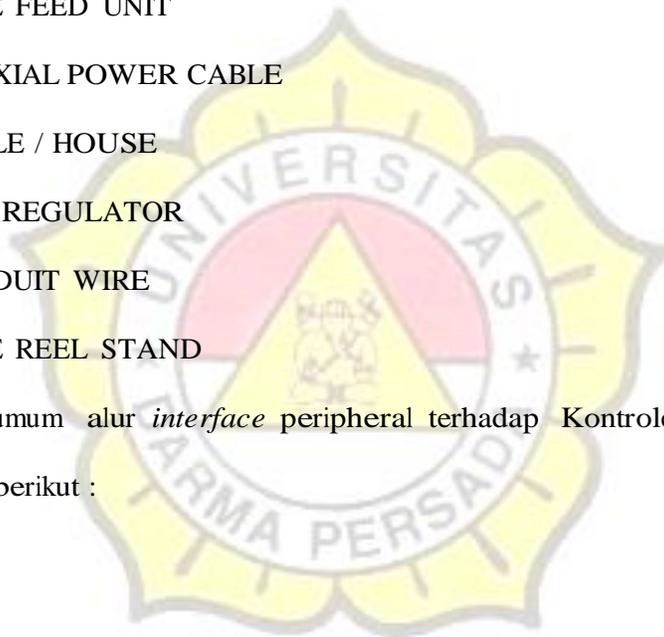
Gambar 2.8 Skema Arc Weding Robot

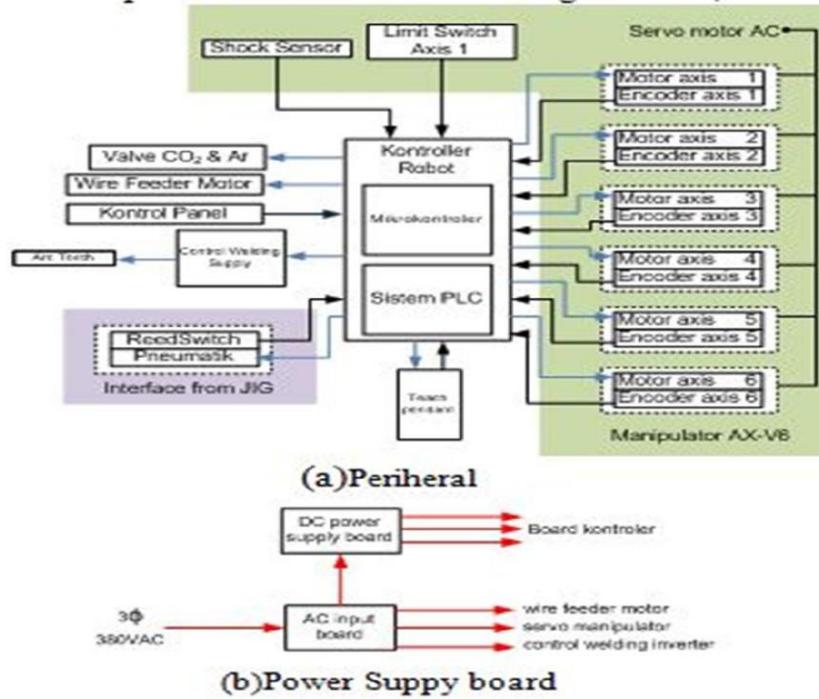
Keterangan :

1. MANIPULATOR
2. CONTROL UNIT

3. TEACH PENDANT
4. OPERATING BOX
5. CONTROL CABLE (manipulator – control unit)
6. WELDING POWER SUPPLY
7. CONTROL CABLE (control unit – WPS)
8. CO2/MAG WELDING TORCH
9. TORCH ATTACHED BRACKET
10. TORCH GAUGE ASSY
11. WIRE FEED UNIT
12. COAXIAL POWER CABLE
13. CABLE / HOUSE
14. GAS REGULATOR
15. CONDUIT WIRE
16. WIRE REEL STAND

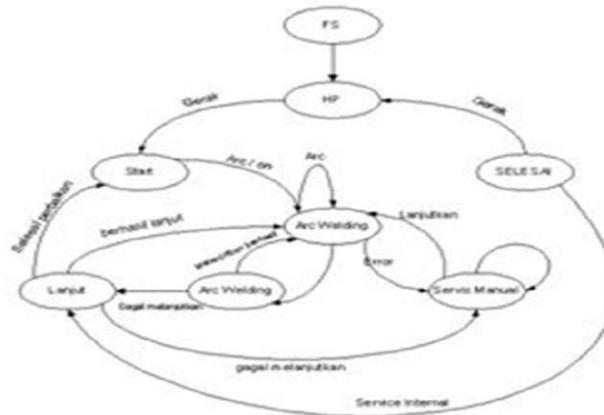
Secara umum alur *interface* peripheral terhadap Kontroler robot adalah sebagai berikut :



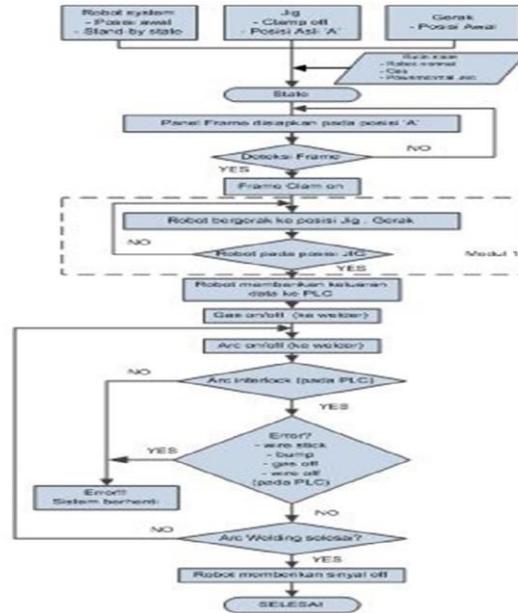


Gambar 2.9 Skema alur Interface

Secara umum Alur keadaan *arc welding robot* dapat dilihat dari gambar dalam bentuk diagram *state* dibawah ini:

Gambar 2.10 Diagram State *Arc Welding Robot*

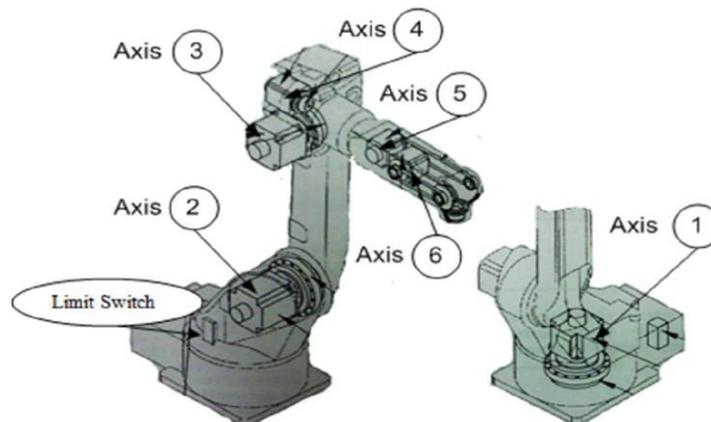
Secara umum runtutan proses kerja *arc welding robot* dapat dilihat dari gambar *flow chart* dibawah ini:



Gambar 2.11 Flow chart arc welding robot 1 cycle process

2.4.4.3. Bagian – bagian Manipulator

1). MOTOR AXIS 1 s/d AXIS 6



Gambar 2.12 Manipulator

Satu unit manipulator digerakan oleh 6 unit Servo Motor AC dengan kecepatan dan jangkauan (working area) yang berbeda-beda. Motor axis 1 s/d 4 satu sumbu dengan gear axis sedangkan motor axis 5 dan 6 dilengkapi dengan V-belt sebagai transmisi ke gear.

2). LIMIT SWITCH

Limit switch digunakan sebagai pembatas working area untuk axis 1.

3). INNER CABLE ASSY

Inner cable assy terdapat di dalam lengan manipulator dengan rute dari bagian bawah sampai ke bagian atas manipulator. Inner cable assy terdiri dari kabel daya dan kabel data.

4). WIRE FEEDER

Wire feeder merupakan bagian yang berfungsi sebagai pengumpan wire dari wire drum sampai ke benda yang akan dilas.

