

MODUL PRATIUM
PERANCANGAN INDUSTRI TERINTEGRASI



Disusun oleh:
Mega Bagus Herlambang, ST, MT

LABORATORIUM TERINTEGRASI
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA
TANGERANG SELATAN

2019

MODUL 1

PENELITIAN PASAR

I. TUJUAN PRAKTIKUM

I.1 Tujuan Umum

- a. Mahasiswa mempunyai pengetahuan dan kemampuan dasar dalam melakukan penelitian pasar.
- b. Mahasiswa mempunyai pengetahuan dan kemampuan dasar dalam penggunaan teknik-teknik statistika sederhana dalam kegiatan penelitian pasar.

I.2 Tujuan Khusus

- a. Mengetahui variable-variabel suatu produk yang mempengaruhi preferensi konsumen dengan metode kuesioner.
- b. Mengetahui kekurangan dan kelebihan produk di mata konsumen (dibandingkan dengan produk lain) dengan metode kuesioner.
- c. Mengetahui pasar potensial untuk produk dengan metode kuesioner.

II. TEORI DASAR

II.1 Kebutuhan, Keinginan dan Permintaan

Kebutuhan adalah apa yang diperlukan manusia untuk hidupnya. Orang membutuhkan udara, makanan, air, pakaian, dan tempat tinggal sebagai kebutuhan yang paling dasar. Orang juga membutuhkan rekreasi, pendidikan, dan hiburan pada tingkat berikutnya. Kebutuhan ini menjadi keinginan ketika diarahkan ke objek tertentu yang mungkin bisa memenuhinya.

Permintaan adalah keinginan terhadap produk tertentu yang diikuti dengan daya beli (*ability to pay*). Perusahaan perlu mengukur tidak hanya berapa banyak orang yang ingin membeli, tapi juga berapa banyak yang mau dan mampu membeli produknya (Kotler, 2009).

II.2 Voice of Customer

Voice Of Customer (VOC) adalah data yang mencerminkan pandangan atau kebutuhan para pelanggan sebuah perusahaan yang diterjemahkan ke dalam persyaratan yang dapat diukur untuk proses. Data ini dapat berupa *complain*, survei, komentar dan riset pasar. Data-data VOC selanjutnya digunakan oleh tim litbang (penelitian dan pengembangan) sebagai dasar pertimbangan pengembangan produk.

II.3 Riset Pemasaran

Riset pemasaran adalah kegiatan penelitian di bidang pemasaran yang dilakukan secara sistematis mulai dari perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data dan interpretasi hasil penelitian. Riset pemasaran bertujuan untuk memberikan masukan kepada pihak

manajemen dalam rangka identifikasi masalah dan pengambilan keputusan untuk pemecahan masalah. Hasil riset pemasaran ini dapat digunakan untuk perumusan strategi pemasaran dalam merebut peluang pasar.

Dalam riset pemasaran, terdapat dua jenis penelitian berdasarkan pendekatannya, yakni : penelitian kualitatif dan penelitian kuantitatif. Metodologi riset kuantitatif berdasarkan pendekatan yang objektif, sedangkan metodologi kualitatif berasal dari pendekatan yang subjektif. Dalam penelitian kualitatif, penelitian berangkat dari teori menuju data, dan berakhir pada penerimaan atau penolakan terhadap teori yang digunakan, sedangkan dalam penelitian kuantitatif peneliti bertolak dari data, memanfaatkan teori yang ada sebagai bahan penjelas dan berakhir dengan suatu teori.

II.4 Sampling

Dalam suatu survei, rencana *sampling* meliputi penentuan metode *sampling* dan banyaknya sampel yang akan diambil.

II.4.1 Metode Sampling

Sampling merupakan proses pemilihan anggota-anggota populasi. Ada dua tipe *sampling* utama (Sekaran, 2003), yaitu *probability sampling* dan *nonprobability sampling*. Dalam *probability sampling*, anggota populasi mempunyai peluang tertentu yang diketahui untuk terpilih menjadi sampel. Dalam *nonprobability sampling*, peluang anggota populasi terpilih menjadi sampel tidak diketahui. *Probability sampling* digunakan pada penelitian yang hasilnya akan digeneralisasi.

1. Probability Sampling

Probability sampling dapat dibagi ke dalam *simple random sampling (unrestricted)* atau *complex probability sampling (restricted)*. *Simple random sampling* merupakan *sampling* di mana anggota populasi mempunyai peluang yang diketahui dan sama untuk terpilih menjadi sampel. *Simple random sampling* mempunyai bias yang paling kecil dan tingkat generalisasi yang paling besar. *Complex probability sampling* merupakan alternatif *sampling* yang lebih efisien dibandingkan dengan *simple random sampling*. *Sampling* ini terdiri dari beberapa macam, yaitu: *systematic sampling*, *stratified random sampling*, *cluster sampling*, *area sampling*, dan *double sampling*. *Systematic sampling* mengambil setiap anggota ke- n dari populasi dimulai dengan memilih anggota secara random antara 1 dan n . *Stratified random sampling* melibatkan proses stratifikasi yang kemudian diikuti dengan pemilihan subjek dari tiap stratum. *Cluster sampling* dapat digunakan pada kondisi di mana ada beberapa kelompok dalam populasi dengan heterogenitas yang tinggi dalam kelompok dan homogenitas yang tinggi antar kelompok. *Area sampling* merupakan bentuk dari *cluster sampling* dalam suatu area. *Double sampling* digunakan jika informasi lebih lanjut dibutuhkan dari subset kelompok dimana informasi awal sudah dikumpulkan.

2. Nonprobability Sampling

Dalam *nonprobability sampling*, peluang anggota populasi terpilih menjadi sampel tidak diketahui. Temuan dari studi yang menggunakan *nonprobability sampling* tidak dapat digeneralisasi. Ada beberapa kategori *nonprobability sampling*, yaitu *convenience sampling* dan

purposive sampling. *Convenience sampling* berkaitan dengan pengumpulan informasi dari anggota populasi yang bersedia memberikan responnya. *Purposive sampling* digunakan untuk mendapatkan informasi dari target kelompok tertentu. Ada dua tipe *purposive sampling* yaitu *judgment sampling* dan *quota sampling*.

II.4.2 Ukuran Sampel

Isu penting dalam *sampling* adalah *precision* dan *confidence* (Sekaran, 2003) karena pada saat data sampel digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai populasi, kesimpulan tersebut diharapkan mencapai pada target dan pada tingkat kesalahan yang dapat diterima. *Precision* dan *confidence level* yang diinginkan sangat menentukan ukuran sampel disamping variabilitas populasi dan tipe *sampling* yang digunakan. Berikut formula penentuan ukuran sampel untuk populasi yang tidak diketahui.

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{c^2}$$

di mana:

n = ukuran sampel

Z = nilai Z (misal 1,96 untuk 95% dengan tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$)

p = persentase terpilihnya pilihan, diekspresikan dengan desimal (0,5 digunakan untuk ukuran sample yang dibutuhkan)

c = *confidence interval* atau kepresisian, diekspresikan dengan desimal

Sementara untuk penentuan ukuran sampel dengan populasi terbatas, formulanya sebagai berikut:

$$n' = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}$$

di mana:

n' = ukuran sampel dengan populasi terbatas

n = ukuran sampel untuk populasi tidak diketahui dan tidak terbatas

N = ukuran populasi

III. UJI STATISTIK

III. 1 Normal Probability Plot

Normal Probability Plot dapat menggambarkan secara kasar (secara visual) apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak.

Langkah-langkah pembuatan Normal Probability Plot

1. Hitung selisih nilai variabel X pada produk dengan nilai variabel Y pada produk Merk Lain

$$D = X_1 - X_2$$

Keterangan :

D = Selisih nilai variabel produk x dengan merek lain

X₁ = Nilai variabel produk x

X₂ = Nilai variabel produk Merk Lain

2. Urutkan data selisih dari nilai yang paling kecil ke nilai yang paling besar.

3. Beri urutan pada data tersebut, jika terdapat data yang sama, jumlahkan data-data tersebut dan bagi dengan jumlah data yang sama.
4. Hitung persentil untuk tiap nilai dengan rumus
$$\text{Persentil} = (j - 0.5) / n \times 100$$

Keterangan :
j : urutan data selisih
n : jumlah data
5. Plot data ke bidang cartesius dengan sumbu x adalah nilai selisih dan sumbu y adalah nilai persentil
6. Cari nilai selisih yang memiliki nilai persentil 25 dan 75. Jika tidak ada lakukan interpolasi pada dua data yang mendekati nilai 25 dan 75.
7. Tarik garis lurus antara dua titik yang memiliki nilai persentil 25 dan 75.
8. Lihat sebaran titik di sekitar garis tersebut
9. Ambil kesimpulan, apabila titik yang tersebar di atas garis sebanding dengan titik yang tersebar di bawah garis, maka data dapat dikatakan berdistribusi normal, begitu pula sebaliknya.

III.2 Goodness of Fit

Goodness of fit merupakan sebuah test untuk menentukan apakah suatu populasi mempunyai distribusi teoritik tertentu. Dalam hal ini, goodness of fit test digunakan untuk menguji apakah suatu data berdistribusi normal atau tidak. Uji ini didasarkan pada seberapa baik kesesuaian antara frekuensi data observasi (sampel) dengan frekuensi harapan. Dalam market research uji Goodness Of Fit menjadi dasar bagi uji-uji lainnya yang membutuhkan asumsi normal atau tidak normalnya data seperti uji beda.

Langkah-langkah dalam melakukan uji *Goodness of Fit* :

1. Tentukan H_0 dan H_1 .

Dimana, H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

2. Hitung banyaknya kelas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Banyak kelas} = 1 + 3.3 \log n$$

Ket : nilai dibulatkan ke atas

3. Hitung panjang kelas dengan menggunakan rumus :

$$\text{PanjangKelas} = \frac{\text{DataMax} - \text{DataMin}}{\text{BanyakKelas}}$$

Ket : nilai tidak dibulatkan

4. Tentukan batas bawah untuk setiap kelas dengan rumus :

$$\text{BatasBawah} = \text{DataMin} + [(i - 1) \cdot \text{PanjangKelas}]$$

5. Tentukan batas atas untuk setiap kelas dengan rumus :

$$\text{BatasAtas} = \text{DataMin} + (i \cdot \text{PanjangKelas})$$

6. Hitung frekuensi munculnya data untuk tiap kelas.

7. Hitung mean dan standar deviasi dari setiap variabel dengan rumus :

$$\text{AVERAGE} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\text{STANDARDEVIASI} = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

8. Hitung nilai Z untuk batas bawah dan batas atas, dengan rumus :

$$z_1 = \frac{\text{BatasBawah} - \mu}{\sigma}$$

$$z_2 = \frac{\text{BatasAtas} - \mu}{\sigma}$$

9. Cari nilai peluang z_1 dan z_2 dengan mencari luas daerah di bawah kurva normal yang dihipotesiskan yang berada antara berbagai batas kelas dengan menggunakan tabel distribusi normal. Yang kemudian akan diperoleh P_1 untuk z_1 dan P_2 untuk z_2 .
10. Hitung nilai frekwensi harapan (e) dengan menggunakan rumus :

$$e = (P_2 - P_1).n \quad \text{dimana, } n = \text{jumlah sampel}$$

11. Hitung nilai e_i (*Expected Frequency*/frekwensi Harapan), dengan cara menambahkan nilai-nilai e yang bernilai kurang dari 5. Untuk nilai e yang bernilai diatas lima, tidak perlu dilakukan perubahan terhadap nilai e.
12. Hitung o_i (*Observed Frequency*/frekwensi amatan), dengan cara mengakumulasi jumlah frekwensi untuk setiap sel ke-i .
13. Hitung nilai X^2 dengan rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

14. Akumulasikan nilai X^2 untuk semua sel dan kemudian membandingkannya dengan nilai X^2 yang diperoleh dari tabel distribusi Chi-Squared (Tabel A.5) dengan α tertentu dan d.o.f :

$$v = k-1.$$

15. Menarik kesimpulan dari hasil membandingkan nilai X^2 yang diperoleh dr perhitungan dengan nilai X^2 yang terdapat pada tabel. Apabila nilai X^2 yang diperoleh dari hasil perhitungan lebih kecil, maka dapat diambil keputusan untuk menerima H_0 . Yang berarti terdapat suatu kesesuaian yang baik antara frekwensi harapan (e_i) dan frekwensi amatan(o_i). Dimana dapat disimpulkan bahwa pada nilai rata-rata dan standar deviasi tertentu, distribusi normal mempunyai kesesuaian yang baik untuk distribusi variable penilaian karakteristik ragam tertentu.

III. 3 Uji Independensi

Uji ini bertujuan untuk melihat apakah ada pengaruh antara dua variabel. Dalam market research uji independensi berguna untuk mengetahui segmentasi pasar yang terjadi akibat adanya hubungan antar dua variabel.

Langkah-langkah dalam melakukan uji Independensi

1. Tentukan H_0 dan H_1 .

Dimana, H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

2. Tentukan tingkat kepercayaan ($\alpha = 0.05$)
3. Berdasarkan Tabulasi Silang, perhitungan frekwensi harapan (e) dengan menggunakan rumus :

$$\text{Frekuensi Harapan} = \frac{(\text{total kolom}) \times (\text{total baris})}{\text{Total Keseluruhan}}$$

4. Tentukan derajat kebebasan dengan rumus :

$$(r-1)(c-1)$$

Dimana, r = baris

c = kolom

5. Hitung nilai chi-square dengan menggunakan rumus :

$$X^2 = \frac{\sum (o_i - e_i)^2}{E_i}$$

6. Bandingkan nilai chi-square yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan nilai chi-square yang terdapat pada table (berapa?)
7. Tarik kesimpulan dengan membandingkan nilai chi-square yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan nilai chi-square yang terdapat pada table. Bila nilai chi-square dari hasil perhitungan lebih besar daripada nilai chi-square pada table, maka tidak ada kecukupan bukti untuk terima H_0 , maka hasil observasi bisa dikatakan saling independent (tidak ada pengaruh antara variabel yang satu dengan yang lain).

III. 4 Paired T-Test

Merupakan uji beda yang dilakukan terhadap data yang berdistribusi normal.

Beberapa langkah dalam pengerjaan *Paired T-Test* antara lain :

1. Tentukan hipotesis awal H_0 , yakni
 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_D = \mu_1 - \mu_2 = 0$
2. Tentukan hipotesis tandingan H_1 yakni
 $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ atau $\mu_D \neq \mu_1 - \mu_2 = 0$
3. Kita tentukan besarnya *Level of Significance* (α)
4. Kita tentukan daerah kritis berdasarkan pada jumlah *Derajat Kebebasan* (v) dimana ($v = n-1$)
5. Kemudian kita hitung nilai T dengan menggunakan rumus

$$T = \frac{d - d_0}{S_d \sqrt{n}}$$

6. Kita amati nilai T yang dihasilkan, apakah nilai T tersebut memasuki daerah kritis atau tidak. Jika nilai T berada di daerah kritis maka tidak ada kecukupan bukti untuk dapat menerima H_0 sehingga H_1 diterima.

III. 5 Signed Rank Test

Merupakan uji beda yang dilakukan terhadap data yang tidak berdistribusi normal.

Beberapa langkah dalam pengerjaan *Signed Rank Test* antara lain :

1. Tentukan hipotesis awal H_0 , yakni
 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_D = \mu_1 - \mu_2 = 0$
2. Tentukan hipotesis tandingan H_1 yakni
 $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ atau $\mu_D \neq \mu_1 - \mu_2 = 0$
3. Kita tentukan besarnya *Level of Significance* (α)
4. Kita cari batas daerah kritis dengan menggunakan pendekatan normal. Kita gunakan table normal Z dengan *Level of Significance* (α)
5. Kita cari $W+$, μ_{W+} , σ_{W+} sehingga dapat kita ketahui nilai Z variable
Nilai-nilai di atas kita cari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$W+$ = Penjumlahan dari selisih yang memiliki sign positif (+)

$$\mu_{W+} = \frac{n(n+1)}{4}$$

$$\sigma^2 W+ = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$$
$$Z = \frac{((W+) - (\mu W+))}{(\sigma W+)}$$

6. Kita amati nilai Z yang didapat apakah memasuki daerah kritis atau tidak.
Jika Z memasuki daerah kritis maka tidak terdapat kecukupan bukti untuk dapat menerima H_0 sehingga H_1 diterima

III.6 Rank Sum Test

Uji ini dilakukan untuk meneliti kesamaan rata-rata dari dua distribusi yang kontinu yang sudah jelas tidak normal dan saling bebas (tidak ada observasi berpasangan).

Langkah-langkah dalam pengujian *Rank Sum Test* :

1. Tentukan H_0 dan H_1 , dimana
$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2.$$
2. Tentukan tingkat kepercayaan ($\alpha = 0,05$).
3. Lihat jumlah data. Apabila jumlah data yang dimiliki lebih besar dari 15, maka digunakan pendekatan distribusi normal.
4. Tentukan *critical region*.

$$\text{critical region} = z < -1,96 \text{ dan } z > 1,96.$$

5. Urutkan selisih dari dua data, mulai dari negative terkecil hingga ke positif terbesar. Apabila ada sejumlah n-data yang sama, tambahkan nilai urutan n-data tersebut dan kemudian lakukan pembagian dengan besar n-data. Beri tanda untuk membedakan bagian-bagian data pertama dan data kedua.
6. Hitung nilai W_1 dengan cara menambahkan data nilai urutan data kesatu.
7. Hitung U_1 dengan rumus :

$$U_1 = W_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

8. Menghitung μU_1 dengan rumus :

$$\mu U_1 = (n_1 \times n_2) / 2$$

9. Menghitung variansi dengan rumus :

$$\sigma^2_{V_1} = \frac{n_1 \times n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}$$

10. Hitung nilai Z dengan rumus :

$$Z = \frac{U_1 - \mu V_1}{\sigma V_1}$$

11. Lihat nilai Z. Apabila nilai Z tidak berada pada *critical region* maka tidak ada kecukupan bukti untuk terima H_0 .

IV. REFERENSI

- Cameron, T. A., Quiggin, J. (1994), *Estimation Using Contingent Valuation Data from A “Dichotomous Choice with Follow-Up” Questionnaire*, Journal of Environmental Economics and Management 27 (3), 218 – 34.
- Kanafani, A. (1983), *Transportation Demand Analysis*, McGraw-Hill, Inc., United States of America.
- Kotler, P., Keller, K. L. (2009), *Marketing Management*, 13th Edition, Pearson Education International, New Jersey.
- Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C. (1980), *Forecasting Methods for Management*, John Wiley & Sons, New York.
- Sekaran, Uma (2003). *Research Methods for Business: A Skill Building Approach*, 4th Edition, John Wiley & Sons, New York.

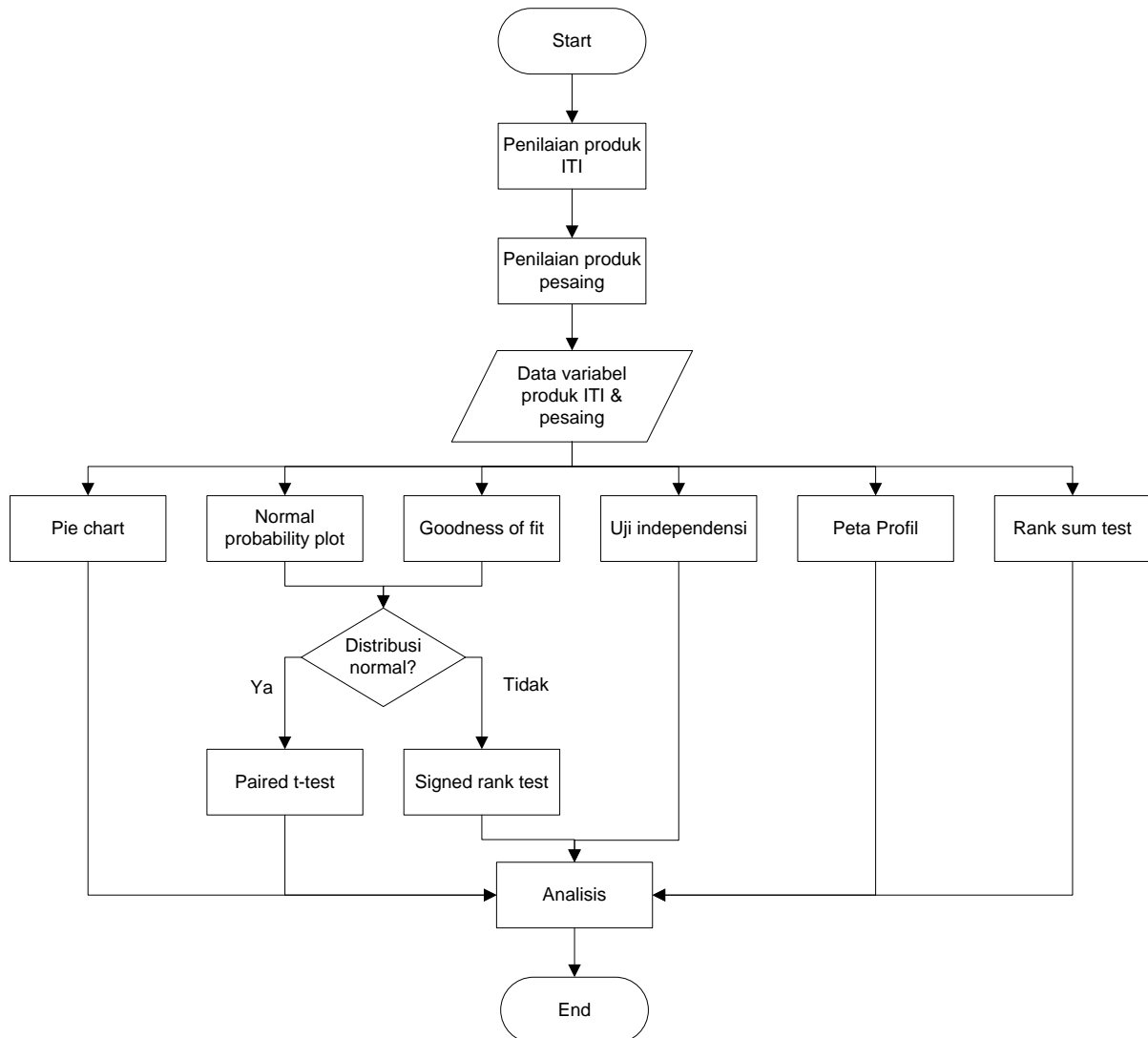
V. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

- a. Kuesioner
- b. Lembar pengamatan
- c. Aplikasi *Microsoft Excel*
- d. Alat tulis
- e. Produk ITI
- f. Produk pesaing

VI. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

- 1) Praktikan menilai produk ITI dan mengisi data-data melalui lembar kuesioner yang sudah disediakan.
- 2) Praktikan menilai produk pesaing melalui lembar kuesioner yang sudah disediakan.
- 3) Semua data-data praktikan dikumpulkan dalam 1 (satu) lembar pengamatan.

VII. FLOW CHART PRAKTIKUM



VIII. TATA TULIS LAPORAN

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum, praktikan menyusun laporan praktikum yang garis besar formatnya adalah sebagai berikut:

- I. Tujuan Praktikum
- II. Flow Chart Laporan
- III. Data Hasil Praktikum
- IV. Pengolahan Data
 - IV.1 Pie Chart Variabel Jenis Kelamin Responden
 - IV.2 Pie Chart Variabel Adanya Pengalaman Dalam Mempergunakan atau Melihat Produk Ragum
 - IV.3 Pie Chart Variabel Kepemilikan Produk
 - IV.4 Pie Chart Variabel Preferensi Beli atau Tidaknya Produk
 - IV.5 Statistik Rataan dan Simpangan Baku Variabel Penilaian Kinerja Produk
 - IV.6 Normal Probability Plot

- Variabel 1
 - ...
 - Variabel 11
- IV.7 Goodness of Fit
- Variabel 1
 - ...
 - Variabel 11
- IV.8 Tabulasi Silang
- IV.9 Analisis Tabulasi Silang
- a. Hubungan Antara Variabel Jenis Kelamin Dengan Variabel Penilaian Kerja
 - b. Hubungan Antara Variabel Adanya Pengalaman Dengan Variabel Penilaian Kinerja
 - c. Hubungan Antara Variabel Kepemilikan Produk Ragum Dengan Variabel Penilaian Kinerja
- IV.10 Peta Profil
- IV.11 Uji Beda
- IV.12 Rank Sum Test
- V. Analisis**
- V.1 Jumlah Sampel
- V.2 Pemilihan dan Tujuan Penggunaan Teknik Statistik
- V.2.1 Rataan, Standar Deviasi dan *Pie Chart*
 - V.2.2 Normal Probability Plot
 - V.2.3 Goodness of Fit
 - V.2.4 Tabulasi Silang
 - V.2.5 Uji Independensi
 - V.2.6 Peta Profil
 - V.2.7 Uji Beda
 - 1. Paired T-test
 - 2. Signed Rank Test
 - V.2.8 Rank Sum Test
- V.3 Pemilihan Skala Rasio
- V.4 Hasil Pengolahan Data
- V.3.1 Normal Probability Plot
 - V.3.2 Goodness of Fit
 - V.3.3 Perbandingan Normal Probability Plot dengan Goodness of Fit
 - V.3.4 Uji Independensi
- V.5 Peta Profil dan Uji Beda
- V.5.1 Peta Profil
 - V.5.2 Uji Beda
- VI. Usulan Perbaikan Produk**
- VII. Kesimpulan dan Saran**
- VIII. Lampiran**

MODUL 2

PERENCANAAN PROSES

I. TUJUAN PRAKTIKUM

- a. Memahami proses produksi pembuatan suatu part dan mampu menyusun Lembar Rencana Proses.
- b. Memahami dan mampu menyusun *Precedence Diagram* dan *Assembly Chart* dari perakitan suatu produk.
- c. Mampu menyusun *Bill of Material* (struktur produk).
- d. Memahami dan mampu menyusun *Operation Process Chart* (Peta Proses Operasi).

II. TEORI DASAR

II.1 Perencanaan Proses

Menurut ANSI Standar Z94.10 (1972), *process planning* adalah,
“*a procedure for determining the operation or actions necessary to transform material from one state to another.*”

Menurut Bedworth (1991), *Process Planning* adalah
“*the preparation of a set of instructions that describe how to fabricate a part or build an assembly which will satisfy engineering design specification.*”

“*A set of instruction*” pada definisi Bedworth merupakan pembahasan mengenai urutan pengerjaan, mesin dan *tools* yang digunakan, material yang diperlukan, toleransi, parameter pemesinan, dan lain-lain. Prosedur perencanaan proses meliputi beberapa tugas, yaitu pemilihan proses, pemilihan alat potong, pemilihan parameter pemesinan, pemilihan mesin, pemilihan metode pencekaman, pengurutan operasi, serta penentuan gerak pahat.

Pemilihan operasi bergantung pada bentuk yang akan dihasilkan serta kemampuan mesin yang digunakan. Pada umumnya, pemilihan mesin ditentukan oleh operasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk akhir.

Langkah-Langkah Process Planning

1. Identifikasi keseluruhan bentuk *part*.
2. Identifikasi fitur dan catatan yang berkaitan dengan proses manufaktur *part*, melalui gambar teknik.
3. Tentukan jenis material penyusun *part*.
4. Identifikasi *datum surface*.
5. Tentukan mesin untuk setiap proses.
6. Tentukan seluruh operasi yang diperlukan dalam pembuatan fitur *part*.
7. Urutkan operasi-operasi tersebut berdasarkan ketergantungan antaroperasi.
8. Pilih *tools* yang digunakan pada setiap operasi.
9. Pilih atau rancang *fixture* yang diperlukan.

10. Evaluasi hasil perencanaan, lakukan modifikasi bila perlu.
11. Tentukan parameter pemesinan untuk setiap operasi.
12. Susun lembar rencana proses akhir.

II.2 Bill of Material (BOM)

Bill of Material (BOM) adalah definisi produk akhir yang terdiri dari daftar item, bahan, atau material yang dibutuhkan untuk merakit, mencampur atau memproduksi produk akhir.

BOM terdiri dari berbagai bentuk dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan. BOM dibuat sebagai bagian dari proses desain dan digunakan oleh *manufacturing engineer* untuk menentukan *item* yang harus dibeli atau diproduksi. Perencanaan pengendalian produksi dan persediaan menggunakan BOM yang dihubungkan dengan *master production schedule*, untuk menentukan *release item* yang dibeli atau diproduksi.

Untuk praktikum kali ini, digunakan format BOM dengan tabel yang kolom-kolomnya memuat informasi mengenai :

1. *Part number* (nomor part).
2. *Description* (nama part dan keterangan lain yang perlu dicantumkan),
3. *Quantity for Each Assembly* (kuantitas part untuk setiap satu produk jadi),
4. *Unit of Measure* (unit ukuran part), dan
5. *Decision* (keputusan untuk membeli atau memproduksi part tersebut).

Bila ditinjau dari komponen-komponen penyusun produknya, BOM dibedakan menjadi dua macam *Single Level Bill of Material* dan *Multilevel Bill of Material*.

- *Single Level Bill of Material*

Format sederhana dari BOM disebut sebagai *Single Level Bill of Material*. Contoh *Single Level BOM* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh *Single Level BOM*

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

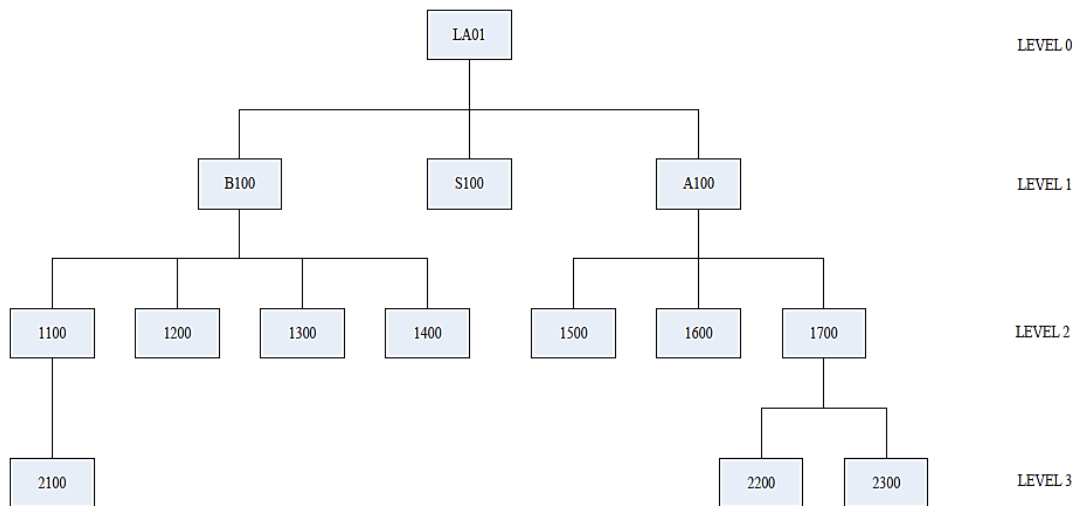
(Sumber : Fogarty, Donald W. (1991). *Production and Inventory Management*, Cincinnati)

Single Level Bill of Material tidak cukup untuk menggambarkan produk yang memiliki *subassembly*. Untuk produk dengan *subassembly*, digunakan *Multilevel Tree* dan *Multilevel Bill of Material*.

- *Multi Level Bill of Material*

Multilevel tree berupa “pohon” dengan beberapa level yang menggambarkan struktur produk. Produk akhir berada pada level 0 (nol), dan nomor level bertambah untuk level-level di bawahnya.

Contoh *Multilevel Tree* dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan contoh *Multilevel Bill of Material* dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Contoh Struktur *Multilevel Tree*

(Sumber : Fogarty, Donald W. (1991). *Production and Inventory Management*, Cincinnati)

Tabel 2. Contoh *Multilevel Bill of Material*

ABC Lamp Company Bill of Material, Part LA01				
Part Number	Description	Quantity for Each Assembly	Unit of Measure	Decision
B100	Base assembly	1	Each	Make
1100	Finished Shaft	1	Each	Make
2100	3/8" Steel Tubing	26	Inches	Buy
1200	7"-Diameter Steel Plate	1	Each	Make
1300	Hub	1	Each	Make
1400	¼ - 20 Screws	4	Each	Buy
S100	14" Black shade	1	Each	Make
A100	Socket assembly	1	Each	Make
1500	Steel holder	1	Each	Make
1600	One-way socket	1	Each	Buy
1700	Wiring assembly	1	Each	Make
2200	16-Gauge lamp cord	12	Feet	Make
2300	Standard plug terminal	1	Each	Buy

(Sumber : Fogarty, Donald W. (1991). *Production and Inventory Management*, Cincinnati)

II.3 Lembar Rencana Proses

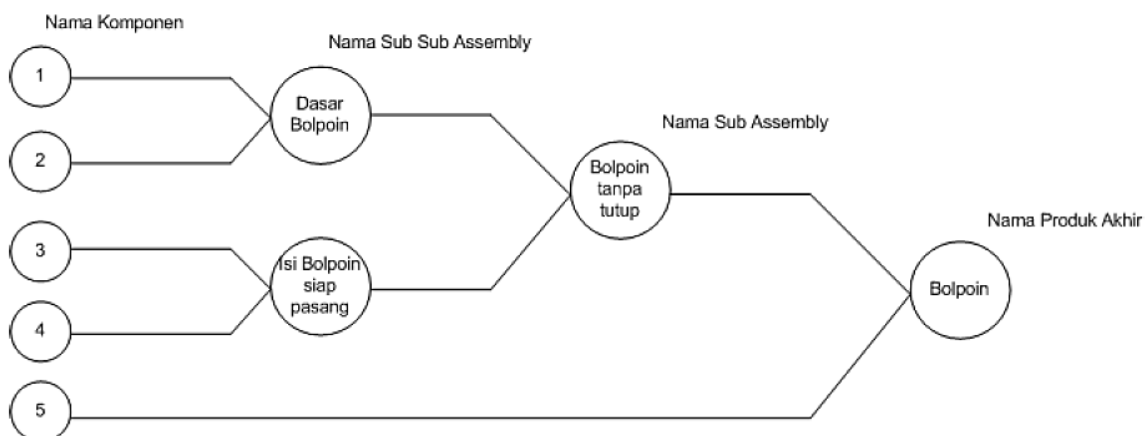
Lembar Rencana Proses adalah representasi dalam bentuk tabular yang menyatakan urutan-urutan operasi beserta parameternya, dalam pembuatan suatu komponen. Contoh Lembar Rencana Proses dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Format Lembar Rencana Proses

LEMBAR RENCANA PROSES							
Nomor :				Halaman ke- :			
No. Part :				File Gambar :			
Nama Part :				Material :			
Dibuat oleh :				Ukuran	Panjang :		
Tanggal :					Lebar/Diameter :		
					Tinggi :		
No. Proses	Nama Operasi	Uraian Proses	Stasiun Kerja	Setup		Tools	Waktu
				No. Setup	Alat Bantu		

II.4 Assembly Chart (AC)

Assembly chart merupakan diagram yang menggambarkan hubungan antara komponen-komponen yang akan dirakit menjadi sebuah produk. *Assembly Chart* bermanfaat untuk menunjukkan komponen penyusun suatu produk dan menjelaskan urutan perakitan komponen-komponen tersebut. Format *Assembly Chart* dicantumkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Format *Assembly Chart*

II.5 Operation Process Chart (OPC)

Operation Process Chart adalah diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses pengerjaan material, mulai dari bahan baku (material) hingga menjadi komponen atau produk jadi.

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

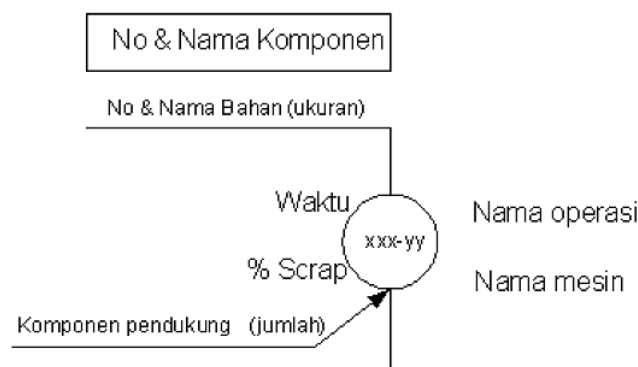
Manfaat OPC

1. Untuk mengetahui kebutuhan mesin dan penganggarnya,
2. Untuk memperkirakan kebutuhan akan bahan baku,
3. Salah satu alat untuk menentukan tata letak pabrik,
4. Salah satu alat untuk melakukan perbaikan kerja yang sedang berlaku,
5. Sebagai alat untuk latihan kerja.

Prinsip-prinsip penyusunan OPC

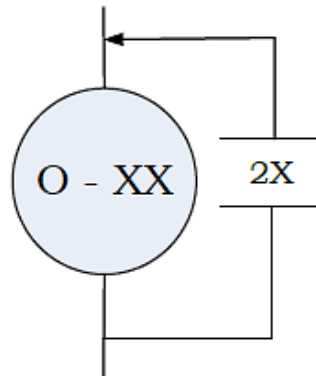
- Pada baris paling atas terdapat nama peta "*Operation Process Chart*", dan identifikasi lain: nama objek, nama pembuat peta, tanggal dipetakan, cara lama atau cara sekarang, nomor peta, dan nomor gambar.
- Material yang akan diproses diletakkan di atas garis horizontal, untuk menunjukkan bahwa material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

Pada Gambar 3 dapat dilihat format penulisan lambang pada operasi.

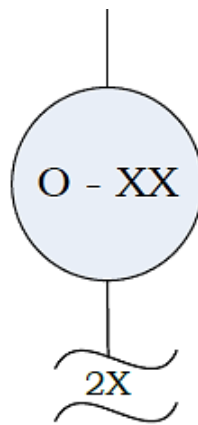


Gambar 3. Format Penulisan Operasi

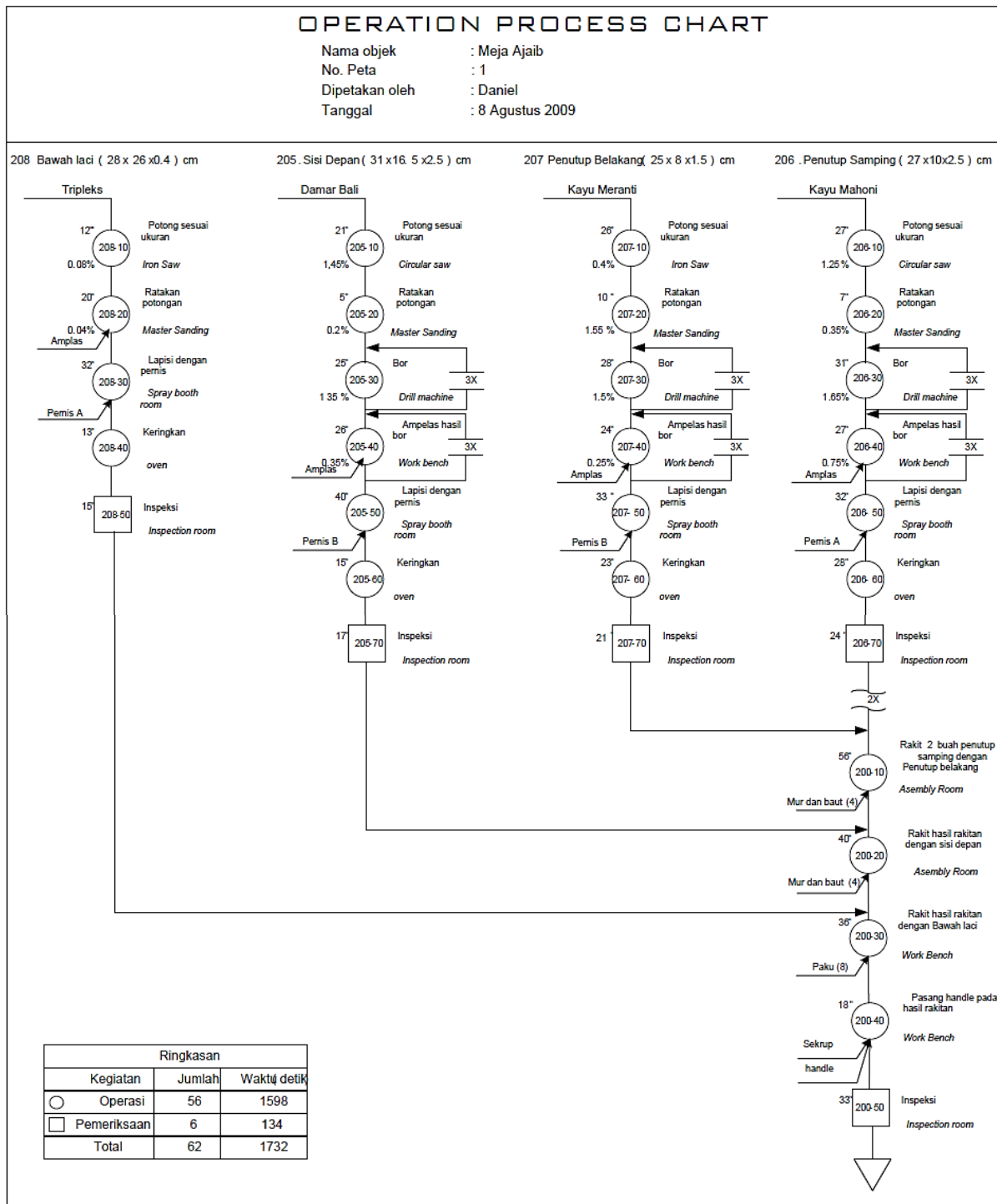
Jika terjadi pengulangan operasi baik pada bahan yang sama maupun pada bahan yang berbeda, maka digunakan simbol seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5. Contoh OPC dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Pengulangan Operasi pada Bahan yang Sama



Gambar 5. Pengulangan Operasi pada Bahan yang Berbeda



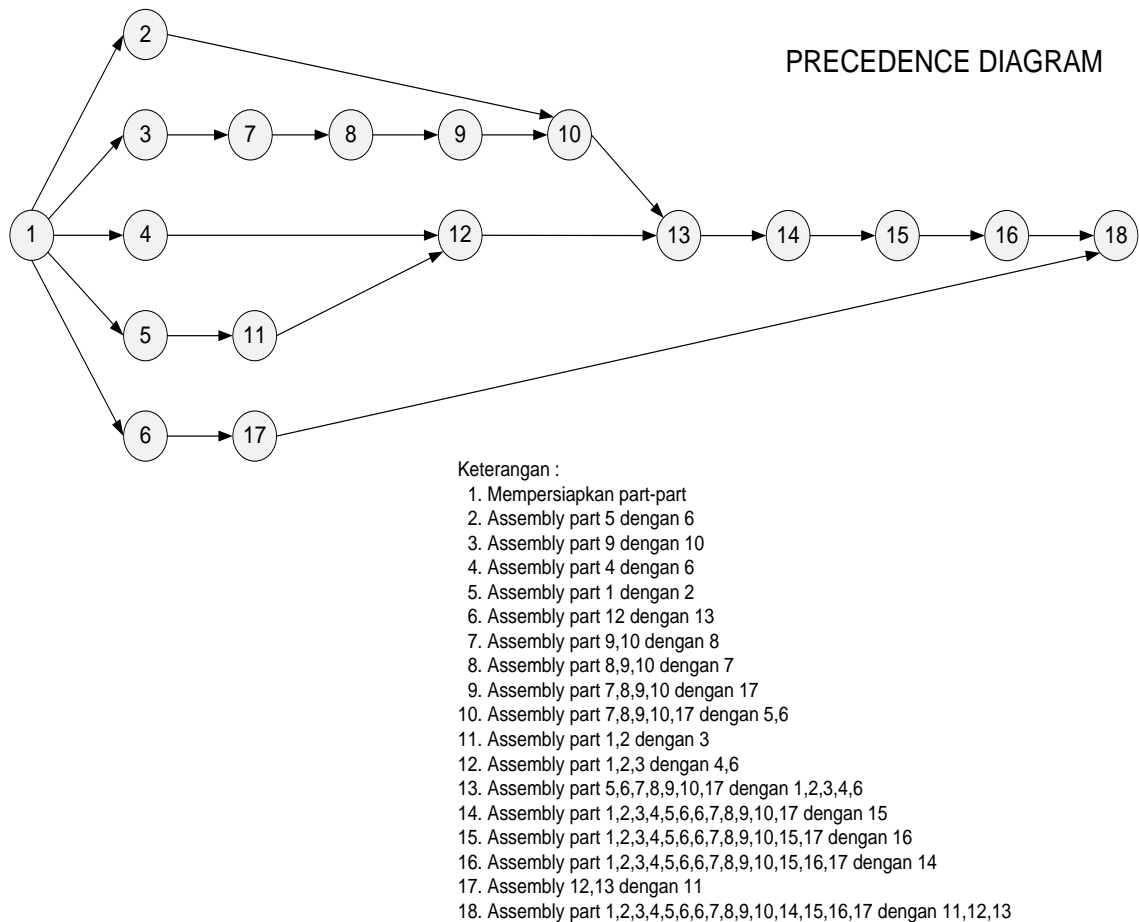
Gambar 6. Contoh OPC

II.6 Precedence Diagram (PD)

Precedence Diagram menggambarkan hubungan antara dua atau lebih aktivitas dalam suatu network. Berikut manfaat dan kegunaan penggunaan Precedence Diagram :

1. Menunjukkan hubungan antara dua atau lebih aktivitas.
2. Menunjukkan ketergantungan satu proses dengan proses lainnya apakah satu proses dengan yang lainnya dapat dikerjakan secara paralel atau tidak.

Contoh Precedence Diagram dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Precedence Diagram

III. REFERENSI

Fogarty, Donald W., John H. Blackstone, Thomas R. Hoffman (1991). Production and Inventory Management, 2nd Edition, South Western Publishing, Cincinnati.

Sutalaksana, Iftikar Z. Tjakraatmadja, John H. Dan Anggawisastra, Ruhanna (1979). Teknik Tata Cara Kerja, Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung

Black, J. T., Kosher, R. A. (2008) DeGarmo's Materials and Process in Manufacturing, 10th ed., John Wiley & Sons, USA.

Groover, Mikell P. (1996). Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, 5th Edition, John Wiley & Sons, New York.

IV. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

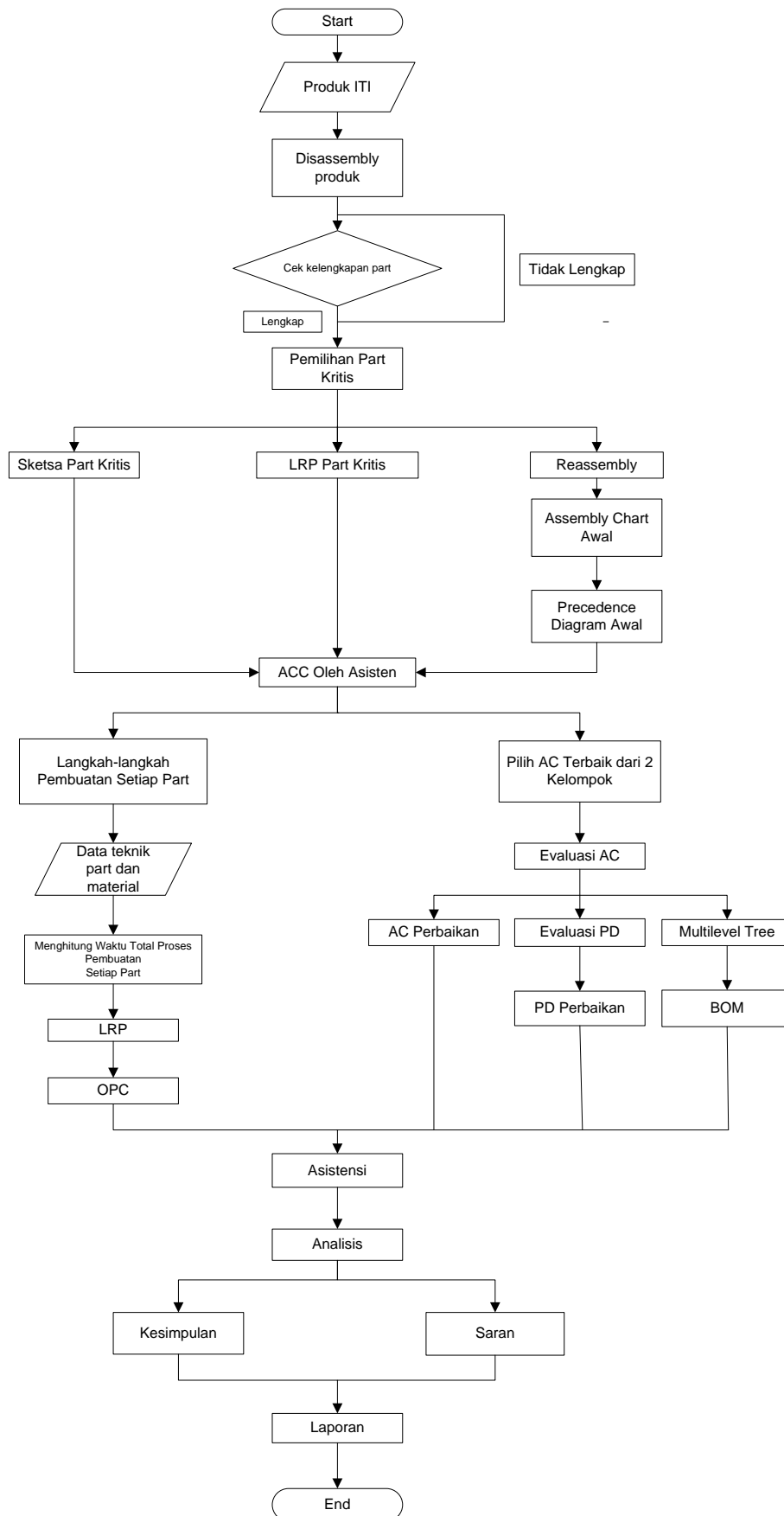
- Produk ITI
- Lembar pengamatan
- Alat tulis

- d. Meja Kerja
- e. Kursi Kerja
- f. Alat ukur (jangka sorong, penggaris, dsb)
- g. Mesin Drilling
- h. Mesin Gerinda
- i. Mesin Milling
- j. Mesin Bubut

V. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

- 1) Praktikan melakukan *dissassembly* (pelepasan rakit) pada produk ITI
- 2) Praktikan lain mengukur waktu pelepasan produk (jika diperlukan).
- 3) Praktikan melakukan *assembly* (perakitan) produk ITI.
- 4) Praktikan lain mengukur waktu perakitan produk dan mencatat urutan perakitan (jika diperlukan).
- 5) Praktkan mengukur dimensi produk.
- 6) Praktikan melakukan proses permesinan sesuai dengan spesifikasi produk.
- 7) Praktikan mengukur waktu permesinan untuk setiap part.

VI. FLOW CHART PRAKTIKUM



VII. TATA TULIS LAPORAN

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum, praktikan menyusun laporan praktikum yang garis besar formatnya adalah sebagai berikut:

- I. **Tujuan Praktikum**
- II. **Flow Chart Laporan**
- III. **Data Material dan Mesin**
- IV. **Pengolahan Data**
 - IV.1 Assembly Chart
 - IV.2 Precedence Diagram
 - IV.3 Multilevel Tree & Multilevel BOM
 - IV.4 Lembar Rencana Proses
 - IV.5 Contoh Perhitungan Proses Permesinan untuk OPC
 - IV.6 Operation Process Chart
- IV. **Analisis**
 - IV.1 Analisis Part Kritis
 - V.2.1 Pemilihan Part Kritis, Proses Kritis Beserta Alasannya
 - V.2.2 Proses Kritis
 - IV.2 Penentuan Datum
 - IV.3 Manfaat dan Perbedaan AC, OPC, BOM, PD, LRP
 - IV.4 Urutan Pembuatan Tools (AC, OPC, BOM, PD, LRP)
 - IV.5 Alasan Memilih Make or Buy
 - IV.6 Penjelasan Keberadaan Process Planning dalam Grand Design Siklus Manufaktur
 - IV.7 Penjelasan AC, PD, OPC, LRP, dan BOM
- V. **Kesimpulan dan Saran**
- VI. **Lampiran**

MODUL 3

PERANCANGAN & PERBAIKAN METODE KERJA

I. TUJUAN PRAKTIKUM

I.1 Tujuan Umum

Secara umum, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

1. Melakukan perancangan metode kerja.
2. Mendokumentasikan suatu metode kerja dalam bentuk peta-peta kerja.
3. Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada suatu metode kerja.
4. Memanfaatkan hasil identifikasi masalah untuk merancang perbaikan metode kerja.

I.2 Tujuan Khusus

Secara khusus, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

1. Merancang urutan metode kerja perakitan, inspeksi, dan proses drill.
2. Menyusun peta-peta kerja setempat sesuai proses produksi pada peta-peta kerja keseluruhan.
3. Menghasilkan waktu siklus untuk proses perakitan, inspeksi, dan proses drill.
4. Menggunakan studi gerakan dan prinsip ekonomi gerakan sebagai salah satu konsep dalam perancangan perbaikan metode kerja.
5. Mengidentifikasi berbagai pemborosan dalam suatu metode kerja.
6. Menggunakan 7 tools, 5 why, 5W1H, dan tools-tools lainnya serta menerapkannya dalam 8 langkah pemecahan masalah.
7. Merancang perbaikan peta-peta kerja keseluruhan dan setempat dari metode kerja yang dianggap terbaik.

II. GARIS BESAR PRAKTIKUM



Praktikum Perancangan Teknik Industri Modul 3 ini mempunyai garis besar seperti gambar di atas. Praktikan membuat suatu perancangan metode kerja, kemudian melakukan evaluasi masalah pada metode kerja tersebut. Kemudian menyusun rancangan baru yang merupakan perbaikan dari rancangan sebelumnya.

III. DASAR TEORI

III.1 Perancangan Metode Kerja

Seorang *Industrial engineer* yang baik diharapkan mampu mengatur faktor-faktor yang membentuk suatu sistem kerja yang terdiri dari pekerja (*man*), mesin (*machine*), metode kerja (*method*), material

(*material*) dan lingkungan kerjanya (*environment*), sehingga sistem kerja yang dihasilkan lebih efektif dan efisien. Salah satu faktor dari sistem kerja yaitu faktor metode kerja (*method*) adalah faktor yang harus diperhatikan, salah satu alasannya adalah waktu siklus dari sebuah proses bergantung pada metode kerja yang diterapkan. Metode kerja yang terbaik (pada saat itu) dipilih dari beberapa alternatif metode kerja dari hasil eksperimen yang dilakukan dengan cara membandingkan peta-peta kerja dari metode-metode kerja tersebut.

Optimasi metode kerja tidak hanya sekedar memilih metode dan mencari waktu kerja yang tersingkat, akan tetapi paling tidak mengikutsertakan adanya pengurangan terhadap kelelahan kerja, penghilangan masalah yang timbul pada sistem kerangka-otot, dan rasa tanggung jawab untuk menjadikan pekerjaan tersebut menjadi lebih menarik. Pengembangan metode kerja pada umumnya adalah merupakan pekerjaan yang tidak hanya menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan akan tetapi juga prinsip-prinsip ergonomi dan psikologi. Modul ini menitikberatkan pada penggunaan prinsip-prinsip studi dan ekonomi gerakan, sedangkan untuk penggunaan prinsip-prinsip ergonomi dan psikologi akan dibahas pada modul berikutnya.

III.1.1 Peta-Peta Kerja

Peta kerja adalah salah satu alat analisis serta alat komunikasi yang sistematis dan jelas dalam rantai produksi, karena menginformasikan semua langkah proses produksi yang dialami produk serta komponen lain yang terlibat dalam sistem produksi tersebut, seperti pekerja, mesin dan lain-lain. Peta-peta kerja yang ada dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu peta-peta kerja keseluruhan dan setempat. Bentuk dan cara penyusunan peta-peta tersebut selengkapnya terdapat pada referensi

III.1.1.1 Peta-Peta Kerja Keseluruhan

Peta-peta kerja keseluruhan digunakan untuk menganalisis suatu kegiatan kerja yang bersifat keseluruhan, yang umumnya melibatkan sebagian besar fasilitas produksi dalam pembuatan suatu produk. Peta-peta kerja ini menggambarkan keseluruhan proses produksi serta interaksi antar stasiun kerja dan antar kelompok kegiatan operasi. Peta-peta kerja ini terdiri dari :

a. Diagram Rakitan (*Assembly Chart*)

Diagram rakitan merupakan gambaran grafis urutan aliran perakitan suatu produk, sehingga dapat diketahui :

- Komponen-komponen pembentuk suatu produk
- Urutan perakitan komponen-komponen tersebut
- Keterkaitan antar komponen

b. Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*)

Peta proses operasi merupakan peta kerja yang lebih detail daripada diagram rakitan, yaitu dengan adanya informasi lain seperti bahan dasar komponen, urutan operasi komponen, yang termasuk di dalamnya :

- alat bantu produksi,
- waktu pengerjaan,
- mesin yang digunakan, dan
- % *scrap* terbuang.

Elemen kerja yang digambarkan pada peta ini terdiri dari operasi, inspeksi, dan penyimpanan.

c. Peta Aliran Proses (*Flow Process Chart*)

Peta aliran proses menggambarkan aliran barang atau pekerja dalam suatu proses produksi. Pada peta kerja ini, elemen kerja yang digunakan lebih detail, yaitu :

- operasi
- inspeksi
- transportasi
- penyimpanan, dll.

Namun peta aliran proses tidak menggambarkan proses produksi suatu produk secara keseluruhan, melainkan hanya terbatas untuk tiap komponen pembentuk produk akhir tersebut.

d. Peta Proses Kelompok Kerja

Pada dasarnya peta kerja ini merupakan kumpulan dari beberapa peta aliran proses. Peta kerja ini digunakan pada suatu tempat kerja dimana untuk melaksanakan pekerjaan diperlukan kerjasama yang baik dari sekelompok pekerja, misalnya pergudangan.

e. Diagram Aliran

Diagram aliran merupakan suatu gambaran menurut skala tertentu dari susunan lantai dan gedung pabrik yang menunjukkan lokasi dari semua aktivitas yang terjadi pada peta aliran proses. Dengan mengetahui tata letak tempat perpindahan suatu barang, maka dapat dianalisa agar jarak perpindahan tersebut minimum.

III.1.1.2 Peta-Peta Kerja Setempat

Peta-peta kerja yang termasuk peta kerja setempat digunakan untuk menganalisis kegiatan kerja pada satu stasiun kerja tertentu, karena peta kerja ini menggambarkan proses produksi yang terjadi pada stasiun kerja itu saja.

Proses produksi ini dijabarkan dengan elemen-elemen gerakan operator yang lebih detail daripada peta-peta kerja keseluruhan. Dengan demikian, untuk memprediksi waktu standar pelaksanaan tiap-tiap elemen gerakan tersebut digunakan data waktu gerakan dengan tingkat ketelitian yang sesuai. Salah satu metode yang biasanya digunakan adalah *Motion Time Measurement* (MTM).

Peta-peta kerja setempat ini terdiri dari:

a. Peta Pekerja dan Mesin

Peta kerja ini menggambarkan koordinasi antara waktu bekerja dan waktu mengganggu pekerja dan mesin. Informasi terpenting dari peta kerja ini adalah hubungan antara waktu kerja operator dan waktu operasi mesin yang ditanganinya, sehingga dapat dirancang suatu keseimbangan kerja antara pekerja dan mesin.

b. Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Pada peta kerja ini digambarkan gerakan-gerakan tangan kiri dan tangan kanan pekerja secara detail saat melakukan pengerjaan suatu produk. Dengan demikian dapat dibandingkan

besarnya tugas yang dibebankan dan waktu pengerjaan masing-masing gerakan pada kedua tangan.

III.1.2 Studi Gerakan

Studi gerakan merupakan salah satu metode perancangan sistem kerja dengan menganalisis gerakan badan saat bekerja yang diuraikan dalam elemen-elemen gerakan. Salah satu penguraian elemen gerakan yang sering digunakan adalah *Therblig* yang dikembangkan oleh Gilberth dan Lillian. Elemen gerakan ini terdiri dari 17 elemen gerakan yang dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Kelompok gerakan utama
Elemen-elemen gerakan yang bersifat memberi nilai tambah termasuk di dalamnya, yaitu *assemble, disassemble* dan *use*
- b. Kelompok gerakan penunjang
Merupakan elemen-elemen gerakan yang kurang memberikan nilai tambah, namun diperlukan. Terdiri dari elemen gerakan *reach, grasp, move* dan *released load*.
- c. Kelompok gerakan pembantu
Merupakan elemen gerakan yang tidak memberikan nilai tambah dan memungkinkan untuk dihilangkan. Elemen-elemen gerakan yang termasuk di dalamnya, yaitu *search, select, position, hold, inspection* dan *pre-position*.
- d. Kelompok gerakan luar
Merupakan elemen gerakan yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah, sehingga sedapat mungkin dihilangkan. Terdiri dari elemen gerakan *rest to overcome fatigue, plan, unavoidable delay* dan *avoidable delay*.

III.1.3 Prinsip Ekonomi Gerakan

Prinsip ekonomi gerakan digunakan untuk merancang sistem kerja dengan gerakan-gerakan kerja yang benar dan ekonomis (menghemat tenaga dan waktu). Secara garis besar, prinsip ini terdiri atas 3 bagian besar, yaitu prinsip ekonomi gerakan yang dihubungkan dengan:

- tubuh manusia dan gerakannya,
- pengaturan tata letak tempat kerja, dan
- perancangan peralatan

III.2 Metode Identifikasi Masalah

Dalam suatu sistem kerja, sering dijumpai inefisiensi kerja yang dapat berupa suatu pemborosan-pemborosan kerja. Kita dapat menghilangkan inefisiensi kerja tersebut dengan melakukan perbaikan terhadap sistem kerja menggunakan metode 8 langkah pemecahan masalah.

III.2.1 7 Jenis Pemborosan

Fujio Cho mendefinisikan pemborosan sebagai sesuatu yang berlebih di luar kebutuhan minimum atas peralatan, bahan, komponen, tempat dan waktu kerja, yang mutlak diperlukan untuk proses nilai tambah suatu produk. Secara lebih jauh lagi, pemborosan diartikan sebagai segala sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah. Metode pengelompokan pemborosan yang umum digunakan adalah 7 jenis pemborosan yang dikembangkan oleh Shigeo Shingo, yaitu sebagai berikut :

1. Over produksi
Kegiatan produksi di luar kebutuhan menyebabkan pemborosan yang menimbulkan biaya-biaya tambahan seperti biaya *inventory*, ruang kerja, modal, mesin, tenaga kerja dan lain-lain.
2. Waktu menunggu
Waktu menunggu, baik pada material, operator, maupun mesin, merupakan kegiatan pemborosan.
3. Transportasi
Transportasi merupakan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah, namun sifatnya 'perlu ada', sehingga perlu diminimasi.
4. Pemrosesan
Proses produksi yang tergolong pemborosan adalah proses yang sebenarnya dapat dihilangkan, yang biasanya terjadi karena kesalahan penyusunan metode kerja.
5. Tingkat persediaan barang
Penyimpanan barang yang berlebihan, baik berupa *inventory* maupun *work in process*, menimbulkan pemborosan.
6. Gerakan kerja
Seringkali terdapat gerakan kerja yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk, yang sebenarnya dapat dihilangkan.
7. Cacat produksi
Cacat produksi dapat menimbulkan kerja, biaya dan waktu tambahan bila diperlukan *rework*, serta dapat menurunkan citra perusahaan bila cacat tersebut sampai di tangan konsumen.

Metode lain yang dikembangkan yakni mengelompokkan pemborosan berdasarkan aktivitas masing-masing komponen sistem, seperti mesin, pekerja, material dan lain-lain. Dari masing-masing komponen sistem ini kemudian diidentifikasi pemborosan atas waktu, gerakan, proses dan lain-lain.

III.2.2 8 Langkah Pemecahan Masalah

Pada sistem kerja yang tidak efisien ini perbaikan dilakukan dengan terlebih dahulu mengidentifikasi masalah-masalah yang menimbulkan ketidakefisienan tersebut. 8 langkah pemecahan masalah memberikan solusi berupa tahapan yang diperlukan dalam perbaikan sistem kerja tersebut, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan prioritas masalah
2. Mencari sebab-sebab yang mengakibatkan masalah

3. Meneliti sebab-sebab yang paling berpengaruh
4. Menyusun langkah-langkah perbaikan
5. Melaksanakan langkah-langkah perbaikan
6. Meneliti hasil perbaikan yang dilakukan
7. Mencegah terulangnya masalah yang sama
8. Menyelesaikan masalah selanjutnya yang belum terpecahkan sesuai dengan kategori skala prioritas berikutnya

Untuk tiap-tiap langkah pemecahan masalah yang dijabarkan digunakan metode-metode, seperti 7 tools, 5 why dan 5W1H, dalam pengerjaannya.

III.2.3 7 Tools

7 tools atau yang biasa disebut 7 Quality Control tools merupakan salah satu metode untuk menjabarkan masalah-masalah yang terdapat pada suatu sistem kerja, kemudian mencari penyebab dari permasalahan tersebut, sehingga dapat diterapkan untuk pengendalian kualitas (*quality control*). Yang termasuk dalam 7 tools adalah:

1. Check sheet
Check sheet merupakan lembar pemeriksaan untuk memudahkan dan menyederhanakan pencatatan data.
2. Histogram
Histogram menggambarkan bentuk distribusi karakteristik mutu yang dihasilkan oleh data yang dikumpulkan melalui check sheet.
3. Diagram pareto
Diagram ini menggambarkan unsur karakteristik mutu yang paling dominan dari unsur-unsur lainnya. Diagram pareto dapat digunakan untuk mengetahui faktor penyebab masalah yang memiliki frekuensi paling tinggi. Pada penggambaran diagram pareto, penyebab masalah diurutkan dari frekuensi yang tinggi ke rendah. Batang grafik menggambarkan frekuensi secara kumulatif.
4. Diagram sebab akibat
Fishbone diagram digunakan untuk mencari semua penyebab dari suatu permasalahan berdasarkan komponen-komponen yang terkait pada sistem kerja tersebut.
5. Stratifikasi
Tool ini mengelompokkan sekumpulan data yang mempunyai karakteristik sama.
6. Diagram tebar
Scatered diagram digunakan untuk menentukan korelasi antara penyebab dan akibat yang timbul dari suatu permasalahan.
7. Grafik dan peta kendali
Tool ini digunakan untuk menetapkan batas-batas tindakan pengambilan keputusan dalam pengendalian mutu secara statistik.

III.2.4 5 Why

Metode 5 why juga dapat digunakan untuk mencari sebab-sebab yang mengakibatkan masalah sampai ke akar penyebabnya. Metode ini dilakukan dengan mengulang-ulang pertanyaan 'mengapa', sampai ditemukan elemen dasar yang dapat diperbaiki. Metode 5 WHY ini digunakan untuk menganalisis masalah yang diprioritaskan. Metode ini dapat dipadukan dengan metode 5W1H.

III.2.5 5W1H

Metode ini meliputi *what, why, who, where, when* dan *how*, yang dalam penerapannya, misalnya untuk perbaikan sistem kerja, dijabarkan sebagai berikut:

- *what* : apa yang perlu diperbaiki
- *why* : mengapa perbaikan diperlukan
- *who* : siapa yang harus melakukan perbaikan
- *where* : di mana perbaikan perlu dilakukan
- *when* : kapan perbaikan perlu dilakukan
- *how* : bagaimana perbaikan dilaksanakan

III.3 Perbaikan Metode Kerja

Perbaikan metode kerja dilakukan dengan merancang kembali peta-peta kerja keseluruhan dan peta-peta kerja setempat, setelah masalah berupa pemborosan-pemborosan kerja yang menimbulkan ketidakefisienan pada metode kerja tersebut diidentifikasi dan diperbaiki dengan tetap mempertimbangkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan.

IV. REFERENSI

- Apple, J.M. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan* (terjemahan). Penerbit ITB, Bandung. 1990.
- Barnes, R.M. *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*. John Wiley & Sons, Inc, New York, USA. 1982.
- Niebel, B.W. and Freivalds, A. *Methods, Standard and Work Design*. 9th ed. Mc-Graw Hill, New York. 1999.
- Nurminato, Eko. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya. Edisi Kedua*. Surabaya : Guna Widya, 2004.
- Proceeding Lokakarya I – III Methods Engineering*. Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri ITB, Bandung. 1994 – 1996.
- Sutalaksana, I.Z., dkk. *Teknik Tata Cara Kerja*. Laboratorium Tata Cara Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri ITB, Bandung. 1979.

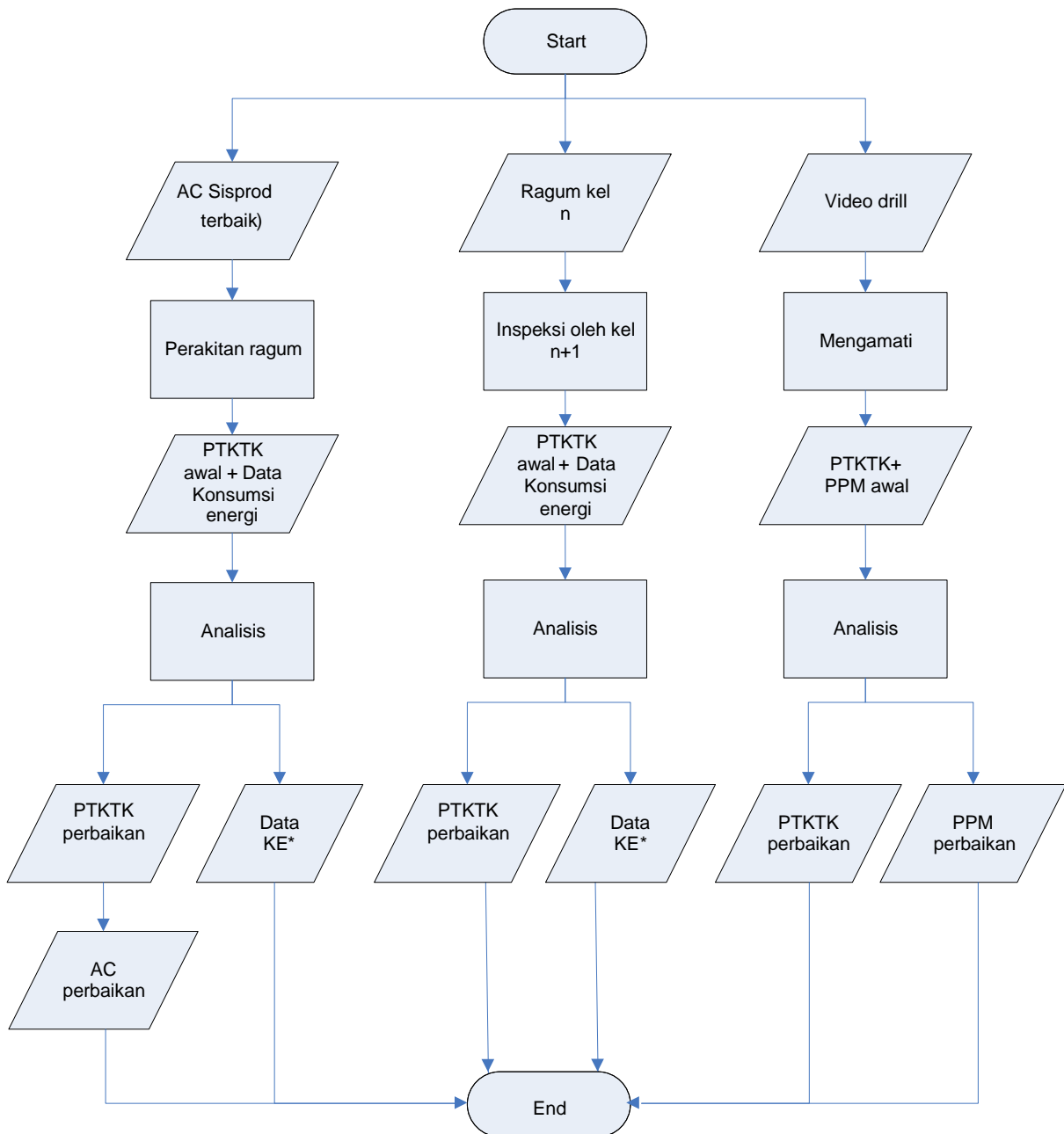
IV. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

- a. Assembly Chart hasil praktikum terintegrasi sebelumnya.
- b. Produk dan Gambar Teknik komponen penyusun produk ragam
- c. Video proses perakitan (dilakukan praktikan pada saat praktikum)
- d. Video proses inspeksi (dilakukan praktikan pada saat praktikum)
- e. Video proses *drill* (dilakukan oleh asisten)

V. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

- 1) Praktikan melakukan proses perakitan
- 2) Proses perakitan direkam oleh kamera
- 3) Praktikan melakukan proses inspeksi
- 4) Proses inspeksi direkam oleh kamera

VI. FLOW CHART PRAKTIKUM



*untuk digunakan pada praktikum Modul 5 Waktu Baku dan Performansi Kerja

VII. TATA TULIS LAPORAN

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum, praktikan menyusun laporan praktikum yang garis besar formatnya adalah sebagai berikut:

- I. Tujuan Praktikum**
- II. Flow Chart Laporan**
- III. Pengumpulan Data (Peta-peta Kerja Awal)**
 - III.1 Perakitan
 - III.1.1.PTKTK
 - III.1.2.AC
 - III.2 Inspeksi
 - III.2.1. PTKTK
 - III.3 Drilling
 - III.3.1. PTKTK
 - III.3.2. PPM
- IV. Pengolahan Data**
 - IV.1 Identifikasi Masalah
 - IV.1.1. 7 Jenis Pemborosan
 - IV.1.1.1. Perakitan
 - IV.1.1.2. Inspeksi
 - IV.1.1.3. Drilling
 - IV.1.2. 8 Langkah Pemecahan Masalah
 - IV.1.2.1. Penentuan Prioritas Masalah (Diagram Pareto)
 - IV.1.2.2. Pencarian penyebab-penyebab masalah (Diagram Fishbone)
 - IV.1.2.3. Penelitian penyebab-penyebab yang berpengaruh (5 Why)
 - IV.1.2.4. Penyusunan langkah-langkah perbaikan (5W1H)
 - IV.2 Peta-peta Kerja Usulan
 - IV.2.1. Perakitan
 - IV.2.1.1. PTKTK
 - IV.2.1.2. AC
 - IV.2.2. Inspeksi
 - IV.2.2.1. PTKTK
 - IV.2.3. Drilling
 - IV.2.3.1. PTKTK
 - IV.2.3.2. PPM
- IV. Analisis**
 - IV.1 Analisis Identifikasi Masalah
 - IV.1.1 Analisis 7 Jenis Pemborosan
 - IV.1.2.1 Perakitan
 - IV.1.2.2 Inspeksi
 - IV.1.2.3 Drilling
 - IV.1.2 Analisis 8 Langkah Pemecahan Masalah
 - IV.1.2.1 Analisis Penentuan Prioritas Masalah
 - IV.1.2.2 Analisis Pencarian Penyebab-penyebab Masalah
 - IV.1.2.3 Analisis Penelitian Penyebab-penyebab yang Berpengaruh
 - IV.1.2.4 Analisis Penyusunan Langkah-langkah Perbaikan
 - IV.2 Analisis Perbandingan Peta-peta Kerja Awal dengan Usulan
- V. Kesimpulan dan Saran**
- VI. Lampiran**

MODUL 4

PERANCANGAN STASIUN KERJA

I. TUJUAN PRAKTIKUM

I.1 Tujuan Umum

Secara umum, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

1. Mengetahui kelebihan dan kekurangan yang dimiliki manusia dari sisi antropometri serta mampu menggunakannya untuk mengoptimalkan sistem kerja.
2. Memahami manfaat biomekanika dan mampu menggunakannya untuk memperbaiki sistem kerja.

I.2 Tujuan Khusus

Secara khusus, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

1. Mengaplikasikan metode pengukuran antropometri (*antropometric methods*) dalam perancangan sistem kerja.
2. Mengidentifikasi data-data dimensional manusia (termasuk menentukan sampel) yang dibutuhkan dalam merancang stasiun kerja, serta mampu menggunakan berbagai alat pengukuran antropometri untuk pengambilan data-data tersebut.
3. Menggunakan metode pengolahan data antropometri untuk mendapatkan informasi yang valid untuk keperluan perancangan stasiun kerja.
4. Merancang berbagai ruang kerja (*workspace*) dari sistem kerja berdasarkan data antropometri yang telah diolah.
5. Menggunakan konsep dan teknik RWL (*Recommended Weight Limit*) dalam merancang gerakan-gerakan perpindahan alat dan benda kerja yang ergonomis.
6. Melakukan operasi penanganan material secara manual dan merancang sistem kerja penanganan material secara manual dengan memperhatikan prinsip-prinsip biomekanika kerja.
7. Memahami pengaruh dari lingkungan fisik pada manusia dalam suatu sistem kerja.

II. DASAR TEORI

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan serta keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja yang baru maupun merancang perbaikan suatu sistem kerja yang telah ada. Ergonomi yang merupakan ilmu perancangan berbasis manusia (*Human Centered Design*) dirasakan menjadi semakin penting hingga saat ini. Hal tersebut disebabkan:

- Manusia sebagai sumber daya utama dalam sebuah sistem
- Adanya regulasi nasional maupun internasional mengenai sistem kerja dimana manusia terlibat di dalamnya
- Para pekerja adalah *human being*

Dengan diterapkannya ergonomi, sistem kerja dapat menjadi lebih produktif dan efisien. Dilihat dari sisi rekayasa, informasi hasil penelitian ergonomi dapat dikelompokkan dalam lima bidang penelitian, yaitu:

1. Antropometri
2. Biomekanika
3. Fisiologi
4. Penginderaan
5. Lingkungan fisik kerja

II.1. Antropometri

Antropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh manusia dan karakteristik khusus lain dari tubuh yang relevan dengan perancangan alat-alat/benda-benda yang digunakan manusia.

Antropometri dibagi atas dua bagian utama, yaitu:

- a) Antropometri Statis (struktural)
Pengukuran manusia pada posisi diam, dan linier pada permukaan tubuh.
- b) Antropometri Dinamis (fungsional)
Yang dimaksud dengan antropometri dinamis adalah pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatannya.

Yang sering disebut sebagai antropometri rekayasa adalah aplikasi dari kedua bagian utama di atas untuk merancang *workspace* dan peralatan.

Permasalahan variasi dimensi antropometri seringkali menjadi faktor dalam menghasilkan rancangan sistem kerja yang “fit” untuk pengguna. Dimensi tubuh manusia itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor yang harus menjadi salah satu pertimbangan dalam menentukan sampel data yang akan diambil. Faktor-faktor tersebut adalah:

1. Umur
Ukuran tubuh manusia akan berkembang dari saat lahir sampai sekitar 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Ada kecenderungan berkurang setelah 60 tahun.
2. Jenis kelamin
Pria pada umumnya memiliki dimensi tubuh yang lebih besar kecuali bagian dada dan pinggul.
3. Rumpun dan Suku Bangsa
4. Sosio ekonomi dan konsumsi gizi yang diperoleh.
5. Pekerjaan, aktivitas sehari-hari juga berpengaruh
6. Kondisi waktu pengukuran

Metode Perancangan dengan Antropometri (Antropometric Method)

Terdapat dua pilihan dalam merancang sistem kerja berdasarkan data antropometri, yaitu:

- ♣ Sesuai dengan tubuh pekerja yang bersangkutan (perancangan individual), yang terbaik secara ergonomi
- ♣ Sesuai dengan populasi pemakai/pekerja
Perancangan untuk populasi sendiri memiliki tiga pilihan yaitu:
 - Design for extreme individuals

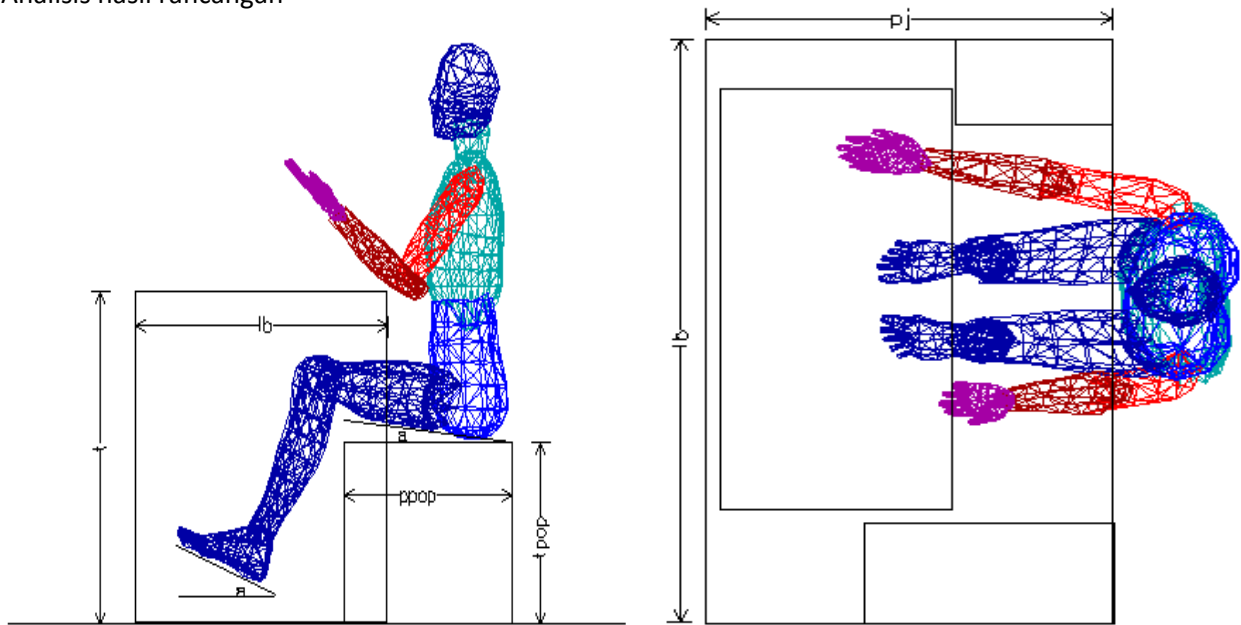
- Design for adjustable range
- Design for average

Pada perancangan yang sesuai dengan populasi pemakai/pekerja, konsep persentil banyak digunakan untuk memudahkan dalam merancang. Penggunaan konsep persentil ditujukan untuk memberi aspek keamanan dan kenyamanan bagi manusia di dalam alat atau sistem kerja yang dirancang. Persentil pada dasarnya menyatakan persentase manusia dalam suatu populasi yang memiliki dimensi tubuh yang sama atau lebih kecil dari nilai tersebut. Misalnya persentil pertama ukuran tinggi tubuh, menunjukkan bahwa 99 persen dari populasi yang diukur memiliki tinggi tubuh melebihi angka tersebut. Umumnya persentil yang digunakan dalam perancangan adalah persentil 5, 50, dan 95.

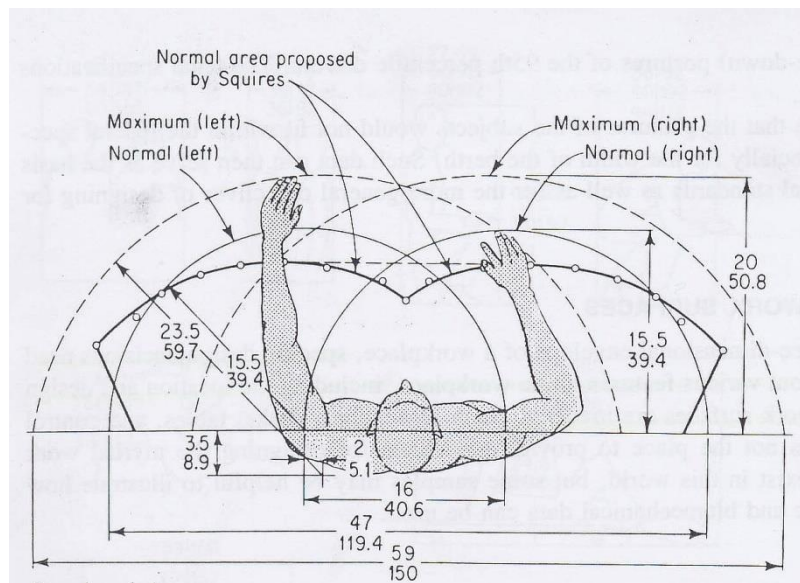
Secara umum, tahapan perancangan sistem kerja menyangkut *work space design* dengan memperhatikan faktor antropometri adalah sebagai berikut (**Roebuck,1995**):

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*)
2. Mendefinisikan dan mendiskripsikan populasi pemakai
3. Pemilihan sampel yang akan diambil datanya
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil).
5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang akan diambil) dan pemilihan persentil yang akan dipakai
6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai
7. Pengambilan data
8. Pengolahan data
 - Uji kenormalan data
 - Uji keseragaman data
 - Uji kecukupan data
 - Perhitungan persentil data (persentil kecil, rata-rata dan besar)
9. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan:
 - Posisi tubuh secara normal
 - Kelonggaran (pakaian dan ruang)
 - Variasi gerak

Analisis hasil rancangan



Gambar 1. Contoh visualisasi sederhana hasil rancangan



Top values – inches
Lower values - cm

Gambar 2. Area kerja horisontal normal dan maksimum

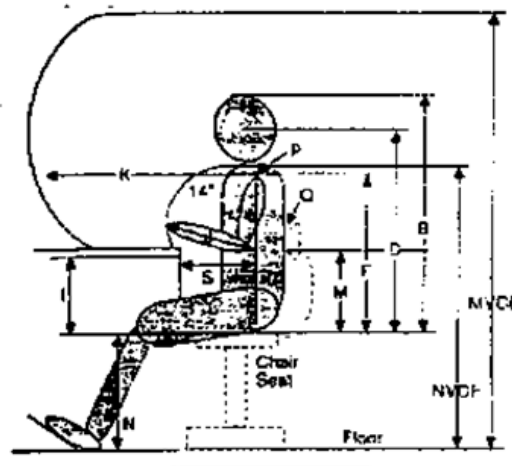
II.2. Stasiun Kerja

Secara umum, stasiun kerja dapat dikategorikan menjadi tiga macam :

- Stasiun kerja untuk operator duduk

Stasiun kerja untuk operator duduk antara lain sesuai untuk situasi :

- semua item (material, alat, dll) yang dibutuhkan dalam bekerja dapat diambil dengan mudah dan berada dalam jangkauan tangan
- tidak membutuhkan gaya yang besar
- pekerjaan tulis-menulis



Legend :

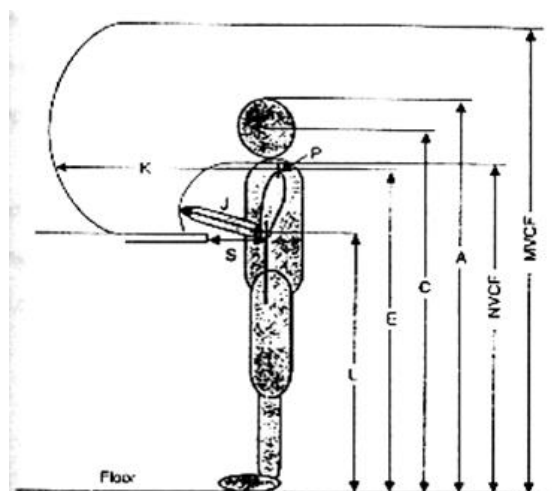
NVCF = Normal Vertical Clearance Farley
MVCF = Maximum Vertical Clearance Farley

Gambar 3. Dimensi Stasiun Kerja untuk Operator Duduk

Keterangan

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| G : tebal tubuh | N : tinggi popliteal duduk |
| J : panjang lengan bawah | B : tinggi tubuh duduk |
| H : siku ke siku | F : tinggi bahu |
| K : panjang lengan | D : tinggi mata |
| I : tebal paha | S : proyeksi bahu ke siku |
| M : tinggi siku | |

- Stasiun kerja untuk operator berdiri
Desain stasiun kerja yang mengharuskan operator berdiri tidak begitu disukai, tetapi sering kali diperlukan. Hal ini terutama untuk pekerjaan yang memerlukan :
 - penanganan yang sering untuk objek yang berat
 - jangkauan yang terlalu jauh atau terlalu dekat sering dilakukan
 - mobilitas untuk bergerak di sekitar stasiun kerja



Legend:

NVCF = Normal Vertical Clearance, Farley
MVCF = Maximum Vertical Clearance,

Gambar 4. Dimensi Stasiun Kerja untuk Operator Berdiri

Untuk perancangan stasiun kerja berdiri, data antropometri yang dibutuhkan adalah:

E : tinggi bahu

A : tinggi tubuh

L : tinggi siku

C : tinggi mata

- Stasiun kerja untuk operator duduk/berdiri
Jika pekerjaan merupakan kombinasi dari elemen-elemen kerja yang cocok untuk kedua tipe stasiun kerja di atas, maka elemen-elemen kerja tersebut dapat difasilitasi dengan menerapkan rancangan stasiun kerja duduk/berdiri.

Metode Penentuan Dimensi Stasiun Kerja

Untuk menentukan dimensi *workspace* (area kerja) pada stasiun kerja duduk maupun berdiri, terdapat dua metode yang biasanya digunakan, yaitu metode Farley dan Tompkins. Kedua metode ini dapat digunakan bersamaan dan saling mendukung. Akan tetapi, metode Tompkins hanya diterapkan pada stasiun kerja bermesin.

Metode Farley dapat dijelaskan dengan Gambar 2, 3 dan 4.

Sedangkan prosedur metode Tompkins dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tentukan dimensi mesin (panjang, lebar, dan tinggi mesin)
 p = pjpg mesin (bagian yang tegak lurus dengan arah pandang operator)
 l = lebar mesin (bagian yang sejajar dengan arah pandang operator)
 t = tinggi mesin (tdk dipakai dlm perancangan workspace)
2. BMSPACE (Basic Machine Space) = $p \times l$
3. Kelonggaran Operator

Keleluasaan	= 50% BMSPACE
Pergerakan	= 100% BMSPACE
<hr/>	
Total 1	= 150% BMSPACE
MSPACE 1	= Total 1 + BMSPACE
4. Kelonggaran Material

Incoming Material	= 50% MSPACE 1
Outgoing Material	= 50% MSPACE 1
Scrap	= 5% MSPACE 1
Tools and Maintenance	= 5% MSPACE 1
<hr/>	
MSPACE 2	= 110% MSPACE 1

 $MSPACE = MSPACE 1 + MSPACE 2$
5. Kelonggaran Gang
 $KG = 20\% MSPACE$
6. Work Space
 $DSPACE = (MSPACE + KG) \times n$
 n = jumlah mesin

II.3. Biomekanika

Biomekanika adalah ilmu yang menggunakan hukum-hukum fisika dan konsep-konsep mekanika untuk mendeskripsikan gerakan dan gaya pada berbagai macam bagian tubuh ketika melakukan aktivitas.

Faktor ini sangat berhubungan dengan pekerjaan yang bersifat *material handling*, seperti pengangkatan dan pemindahan secara manual, atau pekerjaan lain yang dominan menggunakan otot tubuh. Meskipun kemajuan teknologi telah banyak membantu aktivitas manusia, namun tetap saja ada beberapa pekerjaan manual yang tidak dapat dihilangkan dengan pertimbangan biaya maupun kemudahan. Pekerjaan ini membutuhkan usaha fisik sedang hingga besar dalam durasi waktu kerja tertentu, misalnya penanganan atau pemindahan material secara manual. Usaha fisik ini banyak mengakibatkan kecelakaan kerja ataupun *low back pain*, yang menjadi isu besar di negara-negara industri belakangan ini.

Sebuah lembaga yang menangani masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika, NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) melakukan analisis terhadap kekuatan manusia dalam mengangkat atau memindahkan beban, serta merekomendasikan batas maksimum beban yang masih boleh diangkat oleh pekerja yaitu *Action Limit (AL)* dan *MPL (Maximal Permissible Limit)* pada tahun 1981. Kemudian *lifting equation* tersebut direvisi sehingga dapat mengevaluasi dan menyediakan pedoman untuk range yang lebih luas dari manual lifting. Revisi tersebut menghasilkan *RWL (1991)*, yaitu batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara berulang-ulang dalam durasi kerja tertentu (misal 8 jam sehari) dan dalam jangka waktu yang cukup lama. *RWL* didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Keterangan :

RWL	: Batas beban yang direkomendasikan	
LC	: Konstanta pembebanan	= 23 kg
HM	: Faktor pengali horizontal	= 25/H
DM	: Faktor pengali perpindahan	= 0.82 + 4.5/D
FM	: Faktor pengali frekuensi	
CM	: Faktor pengali kopling (<i>handle</i>)	
Besarnya FM dan CM dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.		
VM	: Faktor pengali vertikal yang sudah disesuaikan untuk orang Indonesia	
	VM = 1 – 0.0132 (V-69)	
	untuk pengangkatan dengan ketinggian awal di atas 69 cm	
	VM = 1 – 0.0145 (69-V)	
	untuk pengangkatan dengan ketinggian awal di bawah 69 cm	
AM	: Faktor pengali asimetrik yang sudah disesuaikan untuk orang Indonesia	
	AM = 1 – (0.005 A)	untuk 0° ≤ A ≤ 30°
	AM = 1 – (0.0031 A)	untuk 30° < A ≤ 60°
	AM = 1 – (0.0025 A)	untuk A > 60°

Tabel 1. Faktor pengali kopling

<i>Coupling Type</i>	V<75 cm	V≥75 cm
Good	1.00	1.00
Fair	0.95	1.00
Poor	0.90	0.90

(Sumber : Waters et al ,1994)

Tabel 2. Faktor pengali frekwensi

<i>Frek. Lift/min</i>	<i>Work Duration</i>					
	≤ 1 jam		1 – 2 jam		2 – 8 jam	
	V<75	V≥75	V<75	V≥75	V<75	V≥75
0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

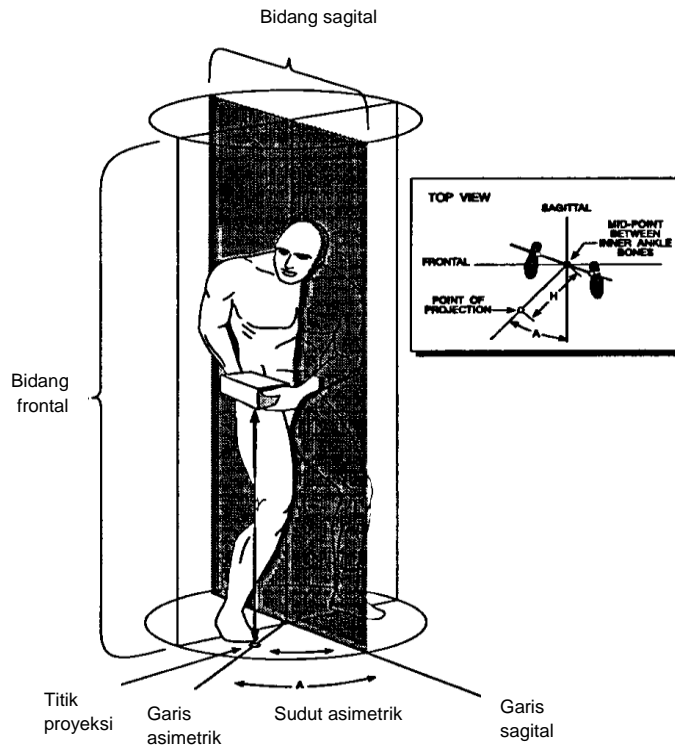
(Sumber : Waters et al ,1994)

- Horizontal Location (H) : jarak telapak tangan dari titik tengah antara 2 tumit, diproyeksikan pada lantai.
- Vertical Location (V) : jarak antara kedua tangan dengan lantai.
- Vertical Travel Distance (D) : jarak perbedaan ketinggian vertikal antara *destination* dan *origin* dari pengangkatan.
- Lifting Frequency (F) : angka rata-rata pengangkatan/ menit selama periode 15 menit
- A merupakan *sudut asimetrik* yang merupakan sudut yang dibentuk antara *garis asimetrik* dan pertengahan *garis sagital*.

Garis Asimetrik adalah garis horizontal yang menghubungkan titik tengah garis yang menghubungkan kedua mata kaki bagian dalam dan proyeksi titik tengah beban pada lantai.

Garis Sagital adalah garis yang melalui titik tengah kedua mata kaki bagian dalam dan berada pada bidang sagital. Bidang sagital adalah bidang yang membagi tubuh menjadi dua bagian, kanan

dan kiri, saat posisi tubuh netral (tangan berada di depan tubuh dan tidak ada perputaran pada bahu dan kaki).



Gambar 5. Representasi dari sudut asimemetrik

Perancangan *work space* harus memperhatikan batasan-batasan ini, karena faktor jarak perpindahan dan tinggi benda kerja merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap RWL.

II.4. Lingkungan Fisik

Dalam perancangan sistem kerja, lingkungan fisik di sekitar tempat kerja perlu diperhatikan karena performansi kerja seseorang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan fisik kerjanya. Kondisi lingkungan fisik yang dimaksud adalah :

1. Temperatur
Untuk menguji temperatur ruang kerja, biasa digunakan termometer ruang.
2. Kelembaban
Kelembaban bisa diukur menggunakan higrometer ruang.
3. Pencahayaan
Pencahayaan diukur menggunakan Luxmeter
4. Kebisingan
Kebisingan diukur menggunakan Sound Level Meter
5. Getaran mekanis
Besarnya getaran mekanis dapat diukur dengan menggunakan Vibrasimeter
6. Bau-bauan
7. Warna

III. REFERENSI

1. Galer, I.A.R. 1989. *Applied Ergonomics Handbook*, Butterworths, London.
2. Kroemer, K.H.E., et al. 1994. *Ergonomics: How to Design For Ease and Efficiency*. Prentice Hall. New Jersey.
3. Mc. Cormick & Ernest J. 1993. *Human Factors in Engineering and Design*. Mc Graw Hill. New York.
4. Niebel, B.W. and Freivalds, A. 1999. *Methods, Standards and Work Design*, 9th Ed; Mc Graw-Hill. New York.
5. Proceeding *Lokakarya I-III Methods Engineering*, Laboratorium Perancangan Sistem Kerja & Ergonomi, Teknik Industri-ITB. 1994-1996
6. Roebuck, John. 1995. *Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body, Human Factors and Ergonomics Society*.
7. Sitalaksana, Iftikar Z. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. MTI-ITB.
8. Laboratory of Eastman Kodak Co. 1983. *Antropometric Methods: The Human Factor Section Health, Safety & Human Factors, Ergonomic Design for People at Work*. Vol.1, Lifetime Learning Publications, California.
9. Water, Thomas, et.al. *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. January, 1994.
10. Mahachandra, Manik. 2006. *Tugas Akhir : Analisis Faktor Pengali Horisontal pada Persamaan Pembebanan RWL NIOSH bagi Pekerja Indonesia*. TI ITB.
11. Widyanti, Ari. 1998. *Tugas Akhir : Analisis Manual Material Handling serta Faktor Pengali Vertikal dan Jarak pada Persamaan Pembebanan NIOSH*. TI ITB.

IV. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

- Kursi Antropometri
- Alat ukur martin (1 set)
- Penggaris/meteran
- Alat ukur tubuh
- Timbangan badan
- Alat ukur putaran tangan
- Beban pengangkatan untuk simulasi RWL
- Termometer ruang
- Lux meter
- Sound level meter

V. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

V.1. Ilustrasi

Praktikan merupakan bagian dari perusahaan yang memproduksi produk ITI. Dalam proses produksi dibutuhkan mesin drilling, milling, dan turning. Untuk itu, diperlukan stasiun kerja sebagai tempat proses pemesinan tersebut. Selain itu, ITI memerlukan stasiun kerja perakitan dan inspeksi. Dengan demikian, dibutuhkan perancangan stasiun kerja yang dapat mendukung proses

produksi dengan baik. Untuk memenuhi kriteria stasiun kerja yang baik, diperlukan perancangan dengan memperhatikan aspek manusia dalam bekerja (*human centered design*).

Perancangan stasiun kerja dilakukan dengan mempertimbangkan Antropometri dan Biomekanika Kerja, serta Lingkungan Fisik tempat bekerja.

V.2. Pengambilan Data Antropometri

1. Pengenalan alat-alat ukur antropometri oleh asisten beserta cara kerjanya.
2. Pengukuran variabel dimensi tubuh praktikan, sesuai dengan petunjuk asisten dan pedoman data antropometri terlampir. Pengukuran dilakukan terhadap salah seorang praktikan dari masing-masing kelompok.
3. Praktikan yang lain mencatat hasil pengukuran pada form EA-1 dan EA-2.
4. Melakukan *entry* data pada komputer yang telah disediakan.

Asisten memperkenalkan alat-alat ukur antropometri yang ada dan petunjuk penggunaannya. Lakukan berbagai Pengukuran dilakukan terhadap satu orang perwakilan dari masing-masing kelompok. Perhatikan dengan baik cara pengukuran dan pembacaan hasil, sehingga data yang diperoleh benar-benar valid. **Pengukuran harus dilaksanakan dengan bimbingan asisten.**

Isilah form EA-1 dan EA-2 pada lampiran dengan data yang diperoleh. Semua data hasil pengukuran dikumpulkan dan dientri ke komputer yang telah disiapkan.

V.3. Simulasi pengangkatan untuk perhitungan RWL

Praktikum ini dilaksanakan oleh 1 orang sebagai perwakilan tiap shift , dengan prosedur sebagai berikut:

1. Praktikan bertindak sebagai operator pemindah bahan , dengan posisi sesuai dengan petunjuk asisten.
2. Lakukan pengukuran terhadap variabel-variabel masing-masing faktor pengali dengan titik acuan adalah titik tengah diantara tumit.
3. Lakukan simulasi pemindahan ke tempat yang telah ditentukan asisten selama kurang lebih 15 menit.
4. Hasil simulasi dicatat pada form EA-4.

V.4. Pengukuran Variabel Lingkungan Fisik Kerja

Lakukan pengukuran pada variabel lingkungan fisik dengan alat-alat berikut:

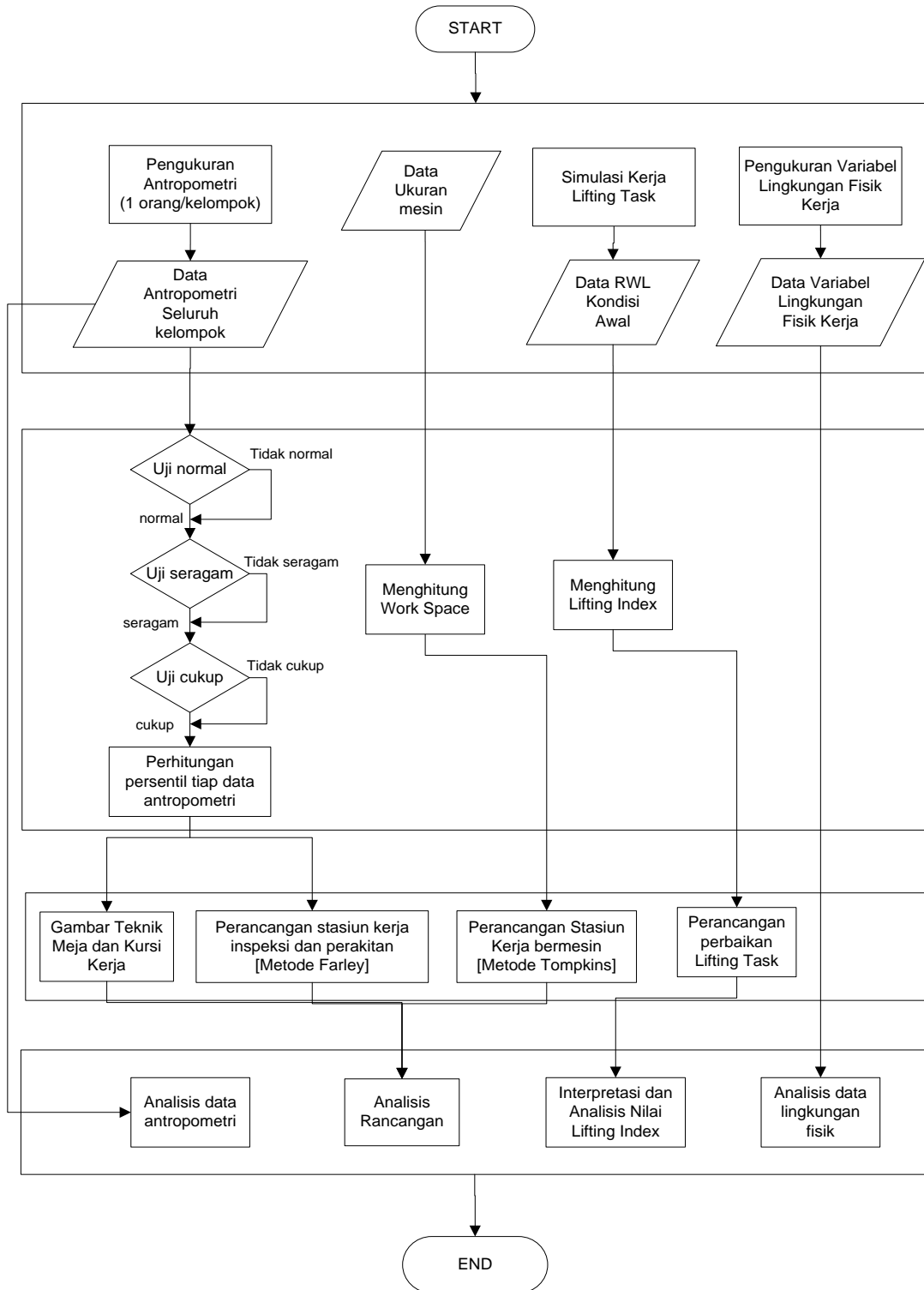
- Termometer ruang
- Higrometer
- Luxmeter (dengan mencoba semua fasilitas penerangan yang ada)
- Soundlevel meter

Variabel lingkungan fisik warna dan bau-bauan diukur subjektif oleh praktikan.

Pengukuran sebaiknya dilakukan berulang kali dan hasilnya dicatat pada form EA-3.

Pengukuran dilakukan pada tiap-tiap stasiun kerja. Untuk stasiun kerja perakitan dan inspeksi diambil pada saat praktikum modul 3. Sedangkan stasiun kerja bermesin diambil di Lab Sisprod TI ITI.

VI. FLOW CHART PRAKTIKUM



VII. TATA TULIS LAPORAN

Lembar Pengesahan

Lembar Asistensi (apabila ada)

Tujuan Praktikum dan Flowchart Pengerjaan Laporan

Bab I. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data antropometri hasil praktikum kedua shift akan dikumpulkan menjadi satu, kemudian lakukan pengujian terhadap dua poin data antropometri (ditentukan asisten). Masukkan hasil pengujian tersebut ke dalam laporan.

I.1. Uji kenormalan, uji keseragaman, uji kecukupan data, dan perhitungan persentil (P_5 , P_{50} , P_{95}).

uji normal

Uji normal yang digunakan adalah uji Geary. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

$$u = \frac{\sqrt{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n} \right)}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}}$$

$$z = \frac{(u-1) \cdot \sqrt{n}}{0.2661}$$

Data berdistribusi normal jika $-z_{\alpha/2} < z < z_{\alpha/2}$ dengan $\alpha = 0,05$

Jika data tidak berdistribusi normal, maka data tersebut harus diasumsikan normal.

Uji seragam

Urutkan data berdasarkan NIM praktikan. Jika data berdistribusi normal maka prosedur yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$BK = \bar{x} \pm 3\sigma$$

Data yang digunakan adalah data individu sehingga $n =$ jumlah data

Uji cukup

Gunakan tingkat ketelitian 5% dan tingkat keyakinan 95%

$$N' = \left(\frac{40 \cdot \sqrt{n \cdot \sum (x_i)^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2$$

Jika data yang diperoleh ternyata tidak cukup, asumsikan cukup.

Persentil

Hitung persentil untuk keseluruhan data antropometri. Masukkan hasil perhitungan persentil terhadap dua poin data antropometri (ditentukan asisten) ke dalam laporan.

$$\text{Persentil } i = \text{batas bawah kelas} + \left[\text{panjang kelas} \times \frac{\left(\frac{i \cdot n}{100} - f_{k-1} \right)}{f_i} \right]$$

Jumlah kelas = $1 + 3,3 \log n$

Range kelas = $\text{data}_{\max} - \text{data}_{\min}$

Panjang kelas = $\text{range kelas} / \text{jumlah kelas}$

f_k = frekuensi kumulatif data pada kelas ke-i

f_i = frekuensi data pada kelas ke-i

n = jumlah data

- 1.2. Perhitungan RWL untuk setiap posisi yang disimulasikan (posisi a dan posisi b). Gambarkan posisi awal dan posisi akhir pemindahan bahan (tampak atas, tampak samping, dan tampak depan).
- 1.3. Data ukuran mesin yang digunakan (ditentukan asisten)
- 1.4. Data hasil pengukuran terhadap variabel Lingkungan Fisik.

Bab II. Perancangan

- 2.1 Berdasarkan data yang diperoleh anda diminta merancang stasiun kerja sebagai berikut :

Spesifikasi rancangan pada Ruang 1 :

- Ilustrasi :
Merupakan stasiun kerja bermesin yang terdiri dari stasiun kerja bubut, stasiun kerja drilling, dan stasiun kerja milling. Ruang tersebut digunakan untuk memproduksi suatu komponen ragum yang mengalami keseluruhan proses dengan menggunakan mesin-mesin tersebut.
- Ukuran luas ruangan bebas.
- Jumlah untuk masing-masing jenis mesin berjumlah 1 buah.
- Jumlah operator untuk masing-masing stasiun kerja adalah 1 orang. Jumlah operator tambahan dibebaskan.
- Lingkup rancangan antara lain :
 - *Workspace* dari masing-masing stasiun kerja
Allowance ruang minimal dengan memperhatikan mesin, rak peralatan, box scrap, box untuk material, dan box/meja untuk incoming material dan outgoing material.
 - Tata letak dari stasiun-stasiun kerja secara terintegrasi dalam satu ruangan.

Spesifikasi rancangan pada ruangan 2:

- Ilustrasi :
Merupakan suatu ruangan yang terdiri dari stasiun kerja perakitan dan stasiun inspeksi ragum. Ruang tersebut digunakan untuk merakit dan menginspeksi ragum
- Ukuran luas ruangan bebas.
- Stasiun kerja perakitan dan inspeksi (dibebaskan) menggunakan meja kerja/conveyor.

- Jumlah operator bebas.
- Lingkup rancangan antara lain :
 - *Workspace* dari masing-masing stasiun kerja
Allowance ruangan, space operator, rak peralatan, space untuk WIP (Work In Process), dan space untuk untuk Finished Goods.
 - Tata letak dari stasiun-stasiun kerja secara terintegrasi dalam satu ruangan.
 - Gambar teknik rancangan meja dan kursi untuk stasiun kerja inspeksi
Rancangan secara visual bentuk meja dan kursi. Perhatikan ukuran-ukurannya, sesuaikan dengan data antropometri dan konsistensi dengan ukuran rancangan ruangan. Dibuat di solidwork, diprint tampak isometri, front, top, dan side (dalam 1 kertas A4).

2.2 Rancangan perbaikan lifting task berdasarkan RWL yang diperoleh.
Jelaskan dan gambarkan hasil rancangan.

Bab III. Analisis

3.1 Analisis data antropometri

- 3.1.1 Analisis hasil pengujian data
- 3.1.2 Hubungan penggunaan uji tersebut dalam antropometri
- 3.1.3 Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap data antropometri
- 3.1.4 Kenapa harus dilakukan pengukuran antropometri

3.2 Interpretasi dan analisis dari harga RWL yang diperoleh

- 3.2.1 Jelaskan mengenai RWL
- 3.2.2 Gambaran kondisi RWL awal
- 3.2.3 Gambaran perbaikan lifting task
- 3.2.4 Pengaruh dan dampak perbaikan lifting task pada industri

3.3 Analisis data lingkungan fisik

- 3.3.1 Kondisi existing hasil pengukuran lingkungan fisik. Bandingkan dengan literatur
- 3.3.2 Dampak Lingkungan Fisik terhadap produktivitas para pekerja

3.4 Analisis hasil rancangan stasiun kerja

Jelaskan hasil rancangan, dan alasan pemilihan persentil untuk data antropometri yang digunakan dalam perancangan.

- 3.4.1 Rancangan stasiun kerja permesinan
- 3.4.2 Rancangan stasiun kerja perakitan dan inspeksi

Bab IV. Kesimpulan dan saran

Daftar Pustaka

LAMPIRAN PEDOMAN PENGUKURAN DATA ANTROPOMETRI

A. Pengukuran Antropometri Statis/Dimensi Tubuh

A.1. Posisi: Duduk Samping

No	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1.	Tinggi duduk tegak	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala. Subjek duduk <u>tegak</u> dengan memandang lurus ke depan, dan lutut membentuk sudut siku-siku.
2.	Tinggi duduk normal	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala Subjek duduk <u>normal</u> dengan memandang lurus ke depan dan lutut membentuk sudut siku-siku.
3.	Tinggi mata duduk	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung mata bagian dalam. Subjek duduk tegak dan memandang lurus ke depan.
4.	Tinggi bahu duduk	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung tulang bahu yang menonjol pada saat subjek duduk tegak.
5.	Tinggi siku duduk	Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung bawah siku kanan. Subjek duduk tegak dengan lengan atas vertikal di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan bawah.
6.	Tinggi sandaran punggung	Subjek duduk tegak, ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pucuk belikat bawah.
7.	Tinggi pinggang	Subjek duduk tegak, ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pinggang.
8.	Tinggi popliteal	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai bagian bawah paha.
9.	Pantat politeal	Subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai lekukan lutut sebelah dalam (popliteal). Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.
10.	Pantat ke lutut	Subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai ke lutut. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku (No. 11 + tebal lutut)

A.2. Posisi: Duduk menghadap ke depan

No.	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1.	Lebar bahu	Ukur jarak horizontal antara kedua lengan atas. Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.
2.	Lebar pinggul	Subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggul sisi kiri sampai bagian terluar pinggul sisi kanan.
3.	Lebar sandaran	Ukur jarak horizontal antara kedua tulang belikat. Subjek

	duduk	duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.
4.	Lebar pinggang	Subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggang sisi kiri sampai bagian terluar pinggang sisi kanan
5.	Siku ke siku	Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar siku sisi kiri sampai bagian terluar siku sisi kanan.

A.3. Posisi: Berdiri

No.	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1.	Tinggi badan tegak	Jarak vertikal telapak kaki sampai ujung kepala yang paling atas. Sementara subjek berdiri tegak dengan mata memandang lurus ke depan.
2.	Tinggi mata berdiri	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam (dekat pangkal hidung). Subjek berdiri tegak dan memandang lurus ke depan.
3.	Tinggi bahu berdiri	Ukur jarak vertikal dari lantai sampai bahu yang menonjol pada saat subjek berdiri tegak.
4.	Tinggi siku berdiri	Ukur jarak vertikal dari lantai ke titik pertemuan antara lengan atas dan lengan bawah. Subjek berdiri tegak dengan kedua tangan tergantung secara wajar.
5.	Tinggi pinggang berdiri	Ukur jarak vertikal lantai sampai pinggang pada saat subjek berdiri tegak.
6.	Tinggi lutut berdiri	Ukur jarak vertikal lantai sampai lutut pada saat subjek berdiri tegak.
7.	Jangkauan tangan ke atas	Tangan menjangkau ke atas setinggi-tingginya. Ukur jarak vertikal lantai sampai ujung jari tengah pada saat subjek berdiri tegak.
8.	Panjang lengan bawah	Subjek berdiri tegak, tangan disamping, ukur jarak dari siku sampai pergelangan tangan.
9.	Berat badan	Menimbang dengan posisi normal di atas timbangan.

A.4. Posisi: Berdiri dengan tangan lurus ke depan

No.	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1.	Jangkauan tangan ke depan	Ukur jarak horizontal dari punggung sampai ujung jari tengah. Subjek berdiri tegak dengan betis, pantat dan punggung merapat ke dinding, tangan direntangkan secara horizontal ke depan

A.5. Posisi: Berdiri dengan kedua tangan direntangkan

No.	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1.	Rentangan tangan	Ukur jarak horizontal dari ujung jari terpanjang tangan kiri sampai ujung jari terpanjang tangan kanan. Subjek

		berdiri tegak dan kedua tangan direntangkan horizontal ke samping sejauh mungkin.
--	--	---

A.6. Pengukuran menggunakan martin set

No.	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1	Panjang jari 1,2,3,4,5	Diukur dari masing-masing pangkal ruas jari sampai ujung jari. Jari-jari subjek merentang lurus dan sejajar.
2	Pangkal ke tangan	Diukur dari pangkal pergelangan tangan sampai pangkal ruas jari. Lengan bawah sampai telapak tangan subjek lurus.
3	Lebar jari 2,3,4,5	Diukur dari sisi luar jari telunjuk sampai sisi luar jari kelingking. Jari-jari subjek lurus dan merapat satu sama lain.
4	Lebar tangan	Diukur dari sisi luar ibu jari sampai sisi luar jari kelingking. Posisi jari seperti pada No. 3.
5	Panjang telapak tangan	Diukur dari ujung jari tengah sampai pangkal pergelangan tangan.
6	Tebal perut duduk	Subjek duduk tegak, ukur jarak samping dari belakang perut sampai ke depan perut.
7	Tebal paha	Subjek duduk tegak, ukur jarak dari permukaan alas duduk sampai ke permukaan atas pangkal paha.
8	Tebal dada	Subjek berdiri tegak, ukur jarak dari dada (bagian ulu hati) sampai punggung secara horizontal.
9	Tebal perut berdiri	Subjek berdiri tegak, ukur (menyamping) jarak dari perut depan sampai perut belakang secara horizontal.

B. Pengukuran Antropometri Dinamis

No.	Data Yang Diukur	Cara Pengukuran
1.	Putaran Lengan	Ukur sudut putaran lengan tangan bagian bawah dari posisi awal sampai ke putaran maksimum. Posisi awal lengan tangan bagian bawah ditekuk ke kiri semaksimal mungkin, kemudian diputar ke kanan sejauh mungkin. Kemudian putar dari posisi awal ke kiri sejauh mungkin.
2.	Putaran telapak tangan	Ukur sudut putaran cengkraman jari tangan. Posisi awal, jari-jari mencengkram batang tengah busur. Kemudian diputar ke kanan sejauh mungkin (pergelangan dan lengan tangan tetap diam). Lalu dengan cara yang sama diputar ke kiri sejauh mungkin.
3.	Sudut telapak kaki	Ukur sudut putaran vertikal telapak kaki. Posisi awal, telapak kaki diputar ke bawah sejauh mungkin. Kemudian busur dikalibrasikan ke 0°. Setelah itu kaki dinaikkan setinggi mungkin. Hitung sudut putaran

FORM EA-1

LEMBAR PENGAMATAN

PENGUKURAN ANTROPOMETRI STATIS/DIMENSI TUBUH

Nama : Jenis olahraga yang dilakukan :
NIM : Jumlah jam/minggu :
Umur : Penghasilan orangtua :
Jenis Kelamin :
Suku Bangsa :

No.	Data Yang Diukur	Simbol	Hasil Pengukuran (cm)
1.	Tinggi duduk tegak	tdt	
2.	Tinggi duduk normal	tdn	
3.	Tinggi bahu duduk	tbd	
4.	Tinggi mata duduk	tmd	
5.	Tinggi siku duduk	tsd	
6.	Tinggi sandaran punggung	tsp	
7.	Tinggi pinggang	tpg	
8.	Tebal perut duduk	tpd	
9.	Tebal paha	tp	
10.	Tinggi popliteal	tpo	
11.	Pantat popliteal	pp	
12.	Pantat ke lutut	pkl	
13.	Lebar bahu	lb	
14.	Lebar sandaran duduk	lsd	
15.	Lebar pinggul	lp	
16.	Lebar pinggang	lpg	
17.	Siku ke siku	sks	
18.	Tinggi badan tegak	tbt	
19.	Tinggi mata berdiri	tmd	
20.	Tinggi bahu berdiri	tbhb	
21.	Tinggi siku berdiri	tsb	
22.	Tinggi pinggang berdiri	tpgb	
23.	Tinggi lutut berdiri	tlb	
24.	Panjang lengan bawah	plb	
25.	Tebal dada berdiri	tdb	
26.	Tebal perut berdiri	tpb	
27.	Berat badan	bb	
28.	Jangkauan tangan ke atas	jta	
29.	Jangkauan tangan ke depan	jtd	
30.	Rentangan tangan	rt	
31.	Panjang jari 1,2,3,4,5	pj	
32.	Pangkal ke tangan	pkt	
33.	Lebar jari 2,3,4,5	lj	
34.	Lebar tangan	lt	

FORM EA-2

LEMBAR PENGAMATAN

PENGUKURAN ANTROPOMETRI DINAMIS

No.	Data Yang Diukur	Simbol	Hasil Pengukuran (satuan)
1.	Putaran lengan	pl	
2.	Putaran telapak tangan	ptt	
3.	Sudut telapak kaki	stk	

FORM EA-3

LEMBAR PENGUKURAN VARIABEL LINGKUNGAN FISIK

Stasiun Kerja	Lingkungan Fisik				
	Pencahayaan	Temperatur	Kebisingan	Warna	Bau-bauan
Drill					
Bubut					
Milling					
Perakitan					
Inspeksi					

FORM EA-4
LEMBAR PENGAMATAN PENGUKURAN RWL

Job Analysis Work Sheet											
Department	_____					Job Description	_____				
Job Title	_____						_____				
Analyst's Name	_____						_____				
Date	_____						_____				
Step1. Measure and record task variables											
Object Weight (kg)		Hand Location (cm)				Vertical distance (cm)	Assymetric angle (°)		Frequency rate (Lifts/min)	Duration (hour)	Object Coupling
		Origin		Destination			Origin	Destination			
L (avg)	L (max)	H	V	H	V	D	A	A	F		C
Step2. Determine the multipliers and compute the RWL's											
	RWL=	LC x	HM x	VM x	DM x	AM x	FM x	CM	=	kg	
Origin	RWL=								=	kg	
Destination	RWL=								=	kg	
Step3. Compute the lifting index											
Origin	Lifting Index=					$\frac{\text{object weight (L)}}{\text{RWL}} =$					
Destination	Lifting Index=					$\frac{\text{object weight (L)}}{\text{RWL}} =$					

MODUL 5

PENGUKURAN WAKTU BAKU & PERFORMANSI KERJA

I. TUJUAN PRAKTIKUM

I.1 Tujuan Umum

Secara umum, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

1. Mampu memahami dan menggunakan kriteria-kriteria ukuran performansi sistem kerja yang mencakup aspek waktu, fisiologi dan psikologi kerja
2. Mampu menginterpretasikan hasil-hasil pengukuran performansi sistem kerja tersebut

I.2 Tujuan Khusus

Secara khusus, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

1. Mampu memahami dan melakukan pengukuran waktu kerja dengan menggunakan metode jam-henti secara benar mencakup pemilahan elemen-elemen operasi, pengukuran waktu siklus, pengolahan data sampai dengan formulasi waktu baku
2. Mampu memahami, melakukan, dan menghitung beban kerja fisik suatu pekerjaan tertentu dengan metode pengukuran denyut jantung menggunakan pulse-meter
3. Mampu menilai tingkat beban kerja fisik suatu pekerjaan tertentu dan menentukan selang kerja – istirahat karena beban kerja fisik tersebut
4. Mampu memahami dan melakukan pengukuran beban kerja mental dengan metode objektif mencakup metode denyut jantung serta metoda subjektif
5. Mampu menilai tingkat beban kerja mental suatu pekerjaan tertentu dan menggunakannya sebagai alat analisis dan perancangan sistem kerja

II. GARIS BESAR PRAKTIKUM

Perancangan sistem kerja menghasilkan beberapa alternatif rancangan sistem kerja sehingga harus dipilih alternatif terbaik. **Sutalaksana et.al** [1979] menyatakan bahwa pemilihan alternatif rancangan sistem kerja ini harus berlandaskan empat kriteria utama, yaitu :

- (1) kriteria waktu;
- (2) kriteria fisik;
- (3) kriteria psikis; dan
- (4) Kriteria sosiologis.

Berdasarkan keempat kriteria ini, suatu sistem kerja dipandang terbaik jika memberikan waktu penyelesaian pekerjaan tercepat, menggunakan tenaga fisik paling ringan, dan memberi dampak psikis dan sosiologis paling rendah.

III. DASAR TEORI

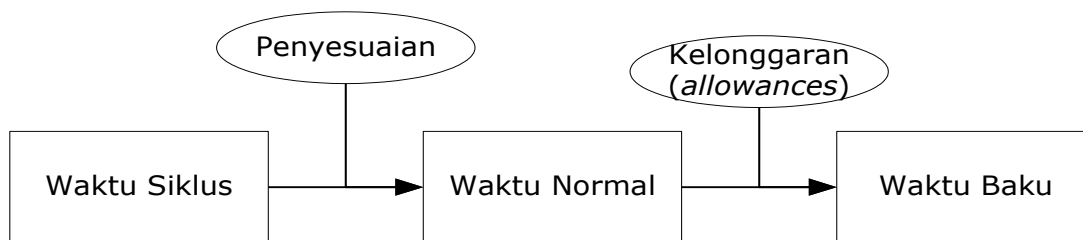
III.1 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu pada dasarnya merupakan suatu usaha untuk menentukan lamanya waktu kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang spesifik yang dibutuhkan oleh seorang operator normal (yang sudah terlatih) yang bekerja dalam taraf yang wajar dalam suatu sistem kerja yang terbaik (dan baku) pada saat itu.

Secara umum, teknik-teknik pengukuran waktu kerja dapat dikelompokkan atas :

1. Secara langsung
 - ▣ Pengukuran waktu dengan jam henti
 - ▣ Sampling pekerjaan
2. Secara tidak langsung
 - ▣ Data waktu baku
 - ▣ Data waktu gerakan, beberapa metodenya :
 - *Work Factor*
 - *Maynard Operation Sequence Time (MOST)*
 - *Motion Time Measurement (MTM)*
 - *Basic Motion Time (BMT)*, dll

Dalam sistem kerja dengan karakteristik aktivitas kerja yang homogen, repetitif dan terdapat produk nyata yang dapat dinyatakan secara kuantitatif, pengukuran langsung biasanya menggunakan metoda jam-henti. **Sutalaksana et.al** [1979] menyatakan secara terperinci langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pengukuran waktu dengan metoda jam-henti. Salah satu langkah yang penting dilakukan didalamnya adalah melakukan pemilahan elemen operasi, misalnya seperti yang dikembangkan oleh Gilbreth [**Sutalaksana et.al**, 1979].



Berdasarkan gambar di atas, untuk memperoleh waktu baku, diperlukan tambahan faktor tambahan penyesuaian dan kelonggaran.

Faktor penyesuaian diperhitungkan jika pengukur berpendapat bahwa operator bekerja dalam keadaan tidak wajar sehingga hasil perhitungan waktu siklus perlu disesuaikan atau dinormalkan terlebih dahulu agar mendapatkan waktu siklus rata-rata yang wajar.

Ada beberapa metode dalam menentukan faktor penyesuaian, diantaranya adalah metode Westinghouse, metode sintetis, dan metode objektif.

Kelonggaran adalah waktu yang diberikan kepada operator untuk hal-hal seperti kebutuhan pribadi, menghilangkan *fatigue*, dan gangguan-gangguan yang tidak terhindarkan oleh operator.

III.2 Pengukuran Konsumsi Energi

Secara garis besar, kegiatan-kegiatan kerja manusia dapat digolongkan menjadi kerja fisik (otot) dan kerja mental (otak). Pemisahan ini tidak dapat dilakukan secara sempurna, karena terdapat hubungan yang erat antara satu dengan lainnya. Apabila dilihat dari energi yang dikeluarkan, kerja mental murni relatif lebih sedikit mengeluarkan energi dibandingkan kerja fisik.

Kerja fisik akan mengakibatkan perubahan pada fungsi alat-alat tubuh, yang dapat dideteksi melalui perubahan :

- Konsumsi oksigen
- Denyut jantung
- Energi ekpenditure
- Peredaran udara dalam paru-paru
- Temperatur tubuh
- Konsentrasi asam laktat dalam darah
- Komposisi kimia dalam darah dan air seni
- Tingkat penguapan, dan faktor lainnya

Kerja fisik mengakibatkan pengeluaran energi yang berhubungan erat dengan konsumsi energi. Konsumsi energi pada waktu bekerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung, yaitu dengan pengukuran :

- Kecepatan denyut jantung
- Konsumsi oksigen

Bilangan nadi atau denyut jantung merupakan peubah yang penting dan pokok, baik dalam penelitian lapangan maupun dalam penelitian laboratorium. Dalam hal penentuan konsumsi energi, biasa digunakan parameter indeks kenaikan bilangan kecepatan denyut jantung. Indeks ini merupakan perbedaan antara kecepatan denyut jantung pada waktu kerja tertentu dengan kecepatan denyut jantung pada saat istirahat.

Untuk merumuskan hubungan antara energi ekpenditure dengan kecepatan denyut jantung, dilakukan pendekatan kuantitatif hubungan energi ekpenditure –kecepatan denyut jantung dengan menggunakan analisis regresi. Denyut jantung dapat digunakan untuk mengestimasi pengeluaran energi atau kapasitas aerobik. Penelitian yang dilakukan oleh Widyasmara [2007] menunjukkan bahwa dengan menggunakan regresi dapat diketahui hubungan antara denyut jantung, tinggi badan, berat badan, dan usia dengan energi. Regresi antara denyut jantung dengan konsumsi oksigen dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$VO_2 = 0.019HR - 0.024h + 0.016w + 0.045a + 1.15$$

dengan

VO_2 : Konsumsi oksigen (liter/menit)

HR : Denyut jantung (denyut / menit)

h : Tinggi badan (cm)
 w : berat badan (kg)
 a : usia (tahun)

Sedangkan menurut Åstrand dan Rodahl (2003), energi ekpenditure dapat dihitung dengan persamaan:

$$1 \text{ liter O}_2 = 5 \text{ kkal.}$$

Sehingga, hubungan antara denyut jantung dengan konsumsi energi dapat diketahui.

Setelah besaran kecepatan denyut jantung disetarakan dalam bentuk energi, maka konsumsi energi untuk suatu kegiatan tertentu dapat dituliskan sebagai berikut:

$$KE = E_t - E_i$$

dengan

KE : Konsumsi energi (kkal/ menit)
 E_t : Pengeluaran energi saat melakukan kerja (kkal/menit)
 E_i : Pengeluaran energi saat istirahat (kkal/menit)

Siklus Kerja Fisiologi

Jika denyut nadi dipantau selama istirahat, kerja dan pemulihan, maka waktu pemulihan untuk beristirahat meningkat sejalan dengan beban kerja. Dalam keadaan yang ekstrim, pekerja tidak mempunyai waktu istirahat yang cukup sehingga mengalami kelelahan yang kronis.

Murrel (1965) membuat metode untuk menentukan waktu istirahat sebagai kompensasi dari pekerjaan fisik.

$$R = T \times \frac{(W - S)}{(W - 1.5)}$$

R = Istirahat yang dibutuhkan (menit)
 T = Total waktu kerja (menit per shift)
 W = Konsumsi energi rata-rata untuk bekerja (kkal/min)
 S = Pengeluaran energi rata-rata yang direkomendasikan (kkal/min)
biasanya 4 kkal/min untuk wanita dan 5 kkal/min untuk pria
Nilai 1,5 adalah nilai basal metabolisme (kkal/min)

III.3 Pengukuran Beban Kerja Psikologis

Aspek psikologi dalam suatu pekerjaan dapat berubah setiap saat. Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan psikologi tersebut. Faktor-faktor tersebut dapat berasal dari dalam diri pekerja (internal) atau dari luar diri pekerja/lingkungan (eksternal). Baik faktor internal maupun eksternal sulit untuk dilihat secara kasat mata, sehingga dalam pengamatan hanya dilihat dari hasil pekerjaan atau faktor yang dapat diukur secara objektif, atau pun dari tingkah laku dan penuturan pekerja sendiri yang dapat diidentifikasi.

Pengukuran beban psikologi dapat dilakukan dengan :

1. Pengukuran beban psikologi secara objektif
 - a. Pengukuran denyut jantung
Secara umum, peningkatan denyut jantung berkaitan dengan meningkatnya level pembebanan kerja.
 - b. Pengukuran waktu kedipan mata
Secara umum, pekerjaan yang membutuhkan atensi visual berasosiasi dengan kedipan mata yang lebih sedikit, dan durasi kedipan lebih pendek.
 - c. Pengukuran dengan metoda lain
Pengukuran dilakukan dengan alat flicker, berupa alat yang memiliki sumber cahaya yang berkedip makin lama makin cepat hingga pada suatu saat sukar untuk diikuti oleh mata biasa.

2. Pengukuran beban psikologi secara subjektif
Pengukuran beban kerja psikologis secara subjektif dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu :
 - NASA TLX
 - SWAT
 - Modified Cooper Harper Scaling (MCH)
 - DII

Dari beberapa metode tersebut metode yang paling banyak digunakan dan terbukti memberikan hasil yang cukup baik adalah NASA TLX dan SWAT.

NASA TLX

Dalam pengukuran beban kerja mental dengan menggunakan metode NASA TLX, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah :

1. Penjelasan indikator beban mental yang akan diukur
Indikator tersebut adalah :

Tabel 2. Indikator beban mental NASA TLX

SKALA	RATING	KETERANGAN
MENTAL DEMAND (MD)	Rendah, Tinggi	Seberapa besar aktivitas mental dan perceptual yang dibutuhkan untuk melihat, mengingat dan mencari. Apakah pekerjaan tsb mudah atau sulit, sederhana atau kompleks, longgar atau ketat .
PHYSICAL DEMAND (PD)	Rendah, Tinggi	Jumlah aktivitas fisik yang dibutuhkan (mis.mendorong, menarik, mengontrol putaran, dll)
TEMPORAL DEMAND (TD)	Rendah, tinggi	Jumlah tekanan yang berkaitan dengan waktu yang dirasakan selama elemen pekerjaan berlangsung. Apakah pekerjaan perlahan atau santai atau cepat dan melelahkan
PERFORMANCE (OP)	Tidak tepat, Sempurna	Seberapa besar keberhasilan seseorang di dalam pekerjaannya dan seberapa puas dengan hasil kerjanya

FRUSTATION LEVEL (FR)	Rendah,tinggi	Seberapa tidak aman, putus asa, tersinggung, terganggu, dibandingkan dengan perasaan aman, puas, nyaman, dan kepuasan diri yang dirasakan.
EFFORT (EF)	Rendah, tinggi	Seberapa keras kerja mental dan fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan

2. Pembobotan

Pada bagian ini responden diminta untuk melingkari salah satu dari dua indikator yang dirasakan lebih dominan menimbulkan beban kerja mental terhadap pekerjaan tersebut.

Kuesioner yang diberikan berbentuk perbandingan berpasangan yang terdiri dari 15 perbandingan berpasangan. Dari kuesioner ini dihitung jumlah tally dari setiap indikator yang dirasakan paling berpengaruh . Jumlah tally ini kemudian akan menjadi bobot untuk tiap indikator beban mental.

3. Pemberian Rating

Pada bagian ini responden diminta memberi rating terhadap keenam indikator beban mental. Rating yang diberikan adalah subjektif tergantung pada beban mental yang dirasakan oleh responden tersebut.

Untuk mendapatkan skor beban mental NASA TLX, bobot dan rating untuk setiap indikator dikalikan kemudian dijumlahkan dan dibagi 15 (jumlah perbandingan berpasangan).

$$skor = \frac{\sum (bobot \times rating)}{15}$$

IV. REFERENSI

1. Barnes, R.M.; *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*, John Wiley & Sons, Inc.; 1982, New York, USA.
2. Niebel, B.W. and Freivalds, A.; *Methods, Standards and Work Design*, 9th Ed.; Mc-Graw Hill, New York, 1999.
3. Satalaksana, I.Z.,et. al; *Teknik Tata Cara Kerja*; Laboratorium Tata Cara Kerja & Ergonomi, Dept. Teknik Industri – ITB; 1979.
4. Astrand & Rodahl; *Textbook of Work Physiology:Physiological Bases of Exercise*, McGraw-Hill, Inc.; 1986, New York, USA.
5. Groover, Mikell P. *Fundamentals of Modern Manufacturing*, John Willey&Sons, 2002, New York, USA.
6. Widyasmara, Wiwied; *Tugas Akhir: Penentuan Konsumsi Oksigen berdasarkan Variabel Fisiologi, Antropometri, dan Demografi pada Pria Dewasa Muda (Suatu Studi Awal)*, Teknik Industri ITB 2007

V. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

1. Lembar pengamatan
2. Mesin drill
3. Mesin turn
4. Mesin mill
5. ragum
6. Stopwatch
7. Pulsemeter
8. Penggaris
9. Set kuesioner NASA TLX

VI. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

Praktikum terdiri dari :

- perhitungan waktu baku stasiun kerja drill, stasiun kerja turn, stasiun kerja mill
- perhitungan waktu baku stasiun kerja perakitan dan inspeksi
- perhitungan konsumsi energi stasiun kerja perakitan dan stasiun kerja inspeksi
- perhitungan beban kerja mental stasiun kerja perakitan dan stasiun kerja inspeksi
- perhitungan waktu baku untuk seluruh proses permesinan yang ada di OPC.

Praktikan dibagi menjadi beberapa kelompok kecil / stasiun kerja. Setiap praktikan memiliki peranannya masing-masing pada setiap kelompok tersebut.

Perhitungan waktu baku dilakukan untuk melengkapi OPC yang telah dibuat pada modul 2

Setiap kelompok memilih 1 orang operator untuk stasiun kerja tertentu (stasiun kerja ditentukan oleh asisten). Setiap operator didampingi oleh seorang pengamat waktu dan seorang pencatat waktu.

Untuk meminimasi faktor kurva belajar, operator terlebih dahulu harus memahami dan melakukan latihan terhadap metode kerja.

Lakukan pembakuan metode kerja yang dilakukan pada setiap stasiun kerja.

Gunakan variabel-variabel kondisi lingkungan fisik pada modul sebelumnya untuk keperluan analisis

VI.1 Pengukuran Waktu Kerja

1. Praktikan yang bertugas sebagai operator stasiun kerja drill, mill dan turn akan melakukan proses loading dan unloading.
2. Praktikan yang bertugas sebagai operator perakitan akan melakukan proses perakitan sesuai dengan Assembly Chart yang diberikan. Sedangkan praktikan yang bertugas sebagai operator inspeksi akan melakukan proses inspeksi sesuai dengan OPC yang digunakan.
3. Lakukan pengukuran waktu kerja untuk setiap elemen pekerjaan.

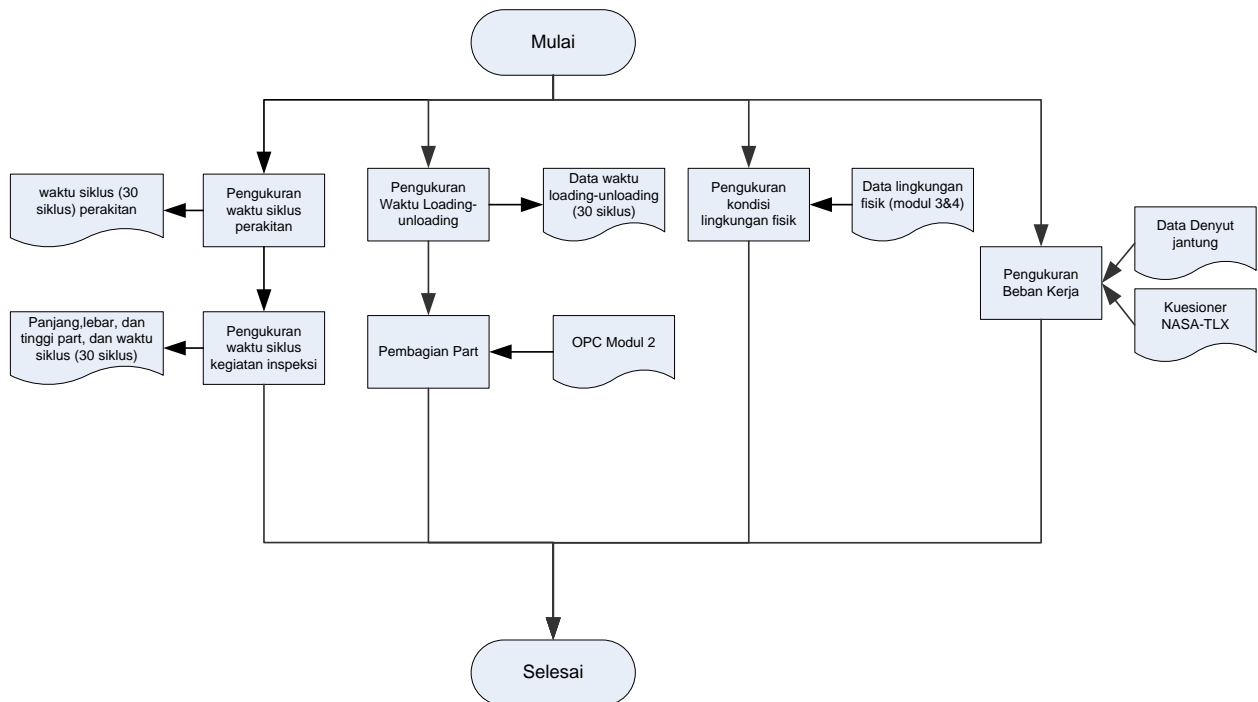
VI.2 Pengukuran Konsumsi Energi dan Beban Mental

1. Untuk perhitungan konsumsi energi, akan digunakan data denyut jantung yang telah diambil pada modul sebelumnya (modul 3).
2. Lakukan pengukuran beban psikologis operator dengan mengisi kuesioner NASA TLX pada bagian lampiran (telah dilakukan oleh operator pada modul 3).

VI.3 Perhitungan Waktu Baku pada OPC

1. Praktikan mengukur seluruh waktu baku untuk diterapkan pada OPC yang sudah dibuat pada modul 2. OPC akan diberikan oleh asisten.
2. Setiap kelompok akan melakukan perhitungan waktu baku untuk setiap proses permesinan yang ada di OPC tersebut. Untuk menghitung waktu baku tersebut, praktikan memperhitungkan waktu siklus, waktu loading-unloading material, penyesuaian, dan kelonggaran. Pembagian komponen yang akan dihitung waktu bakunya ditentukan oleh asisten.

VII. FLOW CHART PRAKTIKUM



VIII. TATA TULIS LAPORAN

Bab I Rekapitulasi dan Pengolahan Data

1.1 Rekapitulasi Data

- Data waktu
- Denyut jantung
- Beban psikologis

1.2 Perhitungan Waktu Baku

1.2.1 Stasiun Kerja Drill, Mill dan Turn

- Hitung waktu siklus
Waktu Siklus = Waktu loading dan unloading (dari hasil praktikum) + Waktu pemesinan (berdasarkan parameter pemesinan yang diberikan)
- Hitung waktu normal
Waktu normal = waktu siklus x penyesuaian
- Hitung waktu baku

Waktu baku = waktu normal x (1 + kelonggaran)

1.2.2 Stasiun Kerja Perakitan dan Stasiun Kerja Inspeksi

▪ Uji keseragaman data

- hitung rata-rata dari harga rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{i}$$

i : banyaknya data (30)

- hitung standar deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

x : nilai waktu hasil pengukuran

N : jumlah keseluruhan pengukuran yang dilakukan

- hitung standar deviasi dari distribusi rata-rata subgroup

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

n : besarnya subgroup (1)

- hitung batas-batas kontrol

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma_{\bar{x}}$$
$$BKB = \bar{x} - 3\sigma_{\bar{x}}$$

Jika ada data yang *out of control* maka data dibuang dan ulangi dari prosedur uji normal sehingga didapatkan semua data in control.

▪ Uji kecukupan data

Untuk tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%:

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

N' : jumlah pengamatan yang dibutuhkan untuk memenuhi tingkat kepercayaan dan ketelitian yang digunakan

Jika data tidak cukup, karena keterbatasan waktu maka diasumsikan cukup.

- Hitung waktu siklus

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

- Hitung waktu normal = waktu siklus x penyesuaian
- Hitung waktu baku = waktu normal x (1+kelonggaran)

1.3 Perhitungan Konsumsi Energi

1.4 Perhitungan Skor Beban Mental NASA TLX

1.5 Pembuatan grafik work rest cycle (energi ekspenditure – waktu)

Bab II Analisis

2.1 Alasan pemilihan penyesuaian dan kelonggaran.

2.2 Analisis denyut jantung antar pekerjaan

2.3 Analisis perbandingan konsumsi energi antar pekerjaan.

- 2.4 Analisis berdasarkan rumus Murrel mengenai waktu pemulihan / istirahat untuk tiap jenis pekerjaan.
- 2.5 Interpretasi nilai skor beban kerja mental NASA TLX terhadap pekerjaan yang telah dilakukan.
- 2.6 Interpretasi kurva work rest cycle.
- 2.7 Analisis faktor-faktor yang berpotensi mempengaruhi performansi kerja.
- 2.8 Analisis manfaat waktu baku di industri
- 2.9 Analisis keterkaitan antar modul PSK&E.

Bab III Kesimpulan dan Saran

Daftar pustaka (hanya jika digunakan)

MODUL 6

PERAMALAN PRODUKSI

I. TUJUAN PRAKTIKUM

I.1 Tujuan Umum

Secara umum, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

- a. Memahami manfaat dan posisi peramalan dalam sistem industri
- b. Memahami metoda dan teknik peramalan.

I.2 Tujuan Khusus

Secara khusus, dengan praktikum ini diharapkan praktikan mampu :

- a. Menggunakan metode dan teknik peramalan jangka pendek untuk menentukan kebutuhan pasar sebagai dasar penyusunan rencana produksi.
- b. Mengetahui perhitungan error dan verifikasi dari peramalan.

II. DASAR TEORI

II.1 Peramalan

Peramalan (*forecasting*) adalah estimasi untuk suatu nilai atau karakteristik di saat mendatang berdasarkan nilai masa lalu. Selain pesanan yang telah diterima (*actual order*) peramalan permintaan diperlukan oleh suatu perusahaan sebagai dasar perencanaan produksi. Asumsi dasar yang digunakan dalam peramalan adalah pola kecenderungan yang terjadi saat ini akan terjadi juga di periode yang akan datang. Jika asumsi ini tidak sesuai dengan kondisi yang ada maka sebaiknya peramalan secara kuantitatif tidak dilakukan karena hasil keakuratannya akan sangat rendah.

II.1.1 Klasifikasi Metode Peramalan

Menurut horizon waktunya, peramalan dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Peramalan jangka pendek; yang memberikan hasil peramalan satu tahun atau kurang. Peramalan jangka pendek sangat diperlukan untuk membuat keputusan seperti penjadwalan persediaan, rencana produksi jangka pendek, analisis tenaga kerja, proyeksi *cash flow*, dan anggaran jangka pendek.
2. Peramalan jangka menengah; untuk meramalkan keadaan satu hingga lima tahun mendatang.
3. Peramalan jangka panjang; digunakan untuk pengambilan keputusan mengenai perencanaan produk dan perencanaan pasar, pengeluaran biaya perusahaan, studi kelayakan pabrik, anggaran, *purchase order*, perencanaan tenaga kerja dan perencanaan kapasitas kerja serta segala kegiatan pengambilan keputusan yang berhubungan dengan kejadian lebih dari lima tahun mendatang.

Secara garis besar, peramalan dapat dibagi ke dalam dua kategori, yaitu :

1. Peramalan kualitatif, yaitu peramalan yang didasarkan pada penilaian, evaluasi subyektif, intuisi, dan pendapat pakar/ahli. Contoh: riset pasar, teknik Delphi, *management estimation (guess)*. APICS menamakan teknik peramalan ini sebagai prediksi.
2. Peramalan kuantitatif, terbagi dalam 2 kategori: intrinsik dan ekstrinsik. Teknik peramalan intrinsik sering disebut *time series analysis techniques*. Teknik ini menggunakan manipulasi matematis terhadap permintaan masa lalu dari suatu *item*. Sedangkan teknik ekstrinsik menghasilkan peramalan dengan mencoba mencari kaitan antara permintaan dari suatu *item* dengan data *item* lain atau dengan faktor-faktor luar lainnya, seperti kondisi ekonomi, *demand item* lain, dsb.

Beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk memilih metode peramalan yang tepat (Wheelwright dan Makridakis, 1980) antara lain :

1. *Lead time* / horizon waktu peramalan
Seperti telah dijelaskan sebelumnya, peramalan dapat diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan horizon waktunya yaitu jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Namun, Wheelwright dan Makridakis (1980) menambahkan satu kategori *horizon* waktu lainnya dalam mengklasifikasikan metode peramalan, yaitu kategori *immediate* yang mempunyai *horizon* waktu lebih pendek dari peramalan kategori jangka pendek. Pendefinisian setiap kategori *horizon* waktu tidaklah kaku namun dapat disesuaikan dengan kondisi setiap pengguna. Peramalan bagi seorang *supervisor* di bagian produksi suatu perusahaan bisa saja didefinisikan sebagai peramalan untuk 1 hingga 2 jam ke depan dan peramalan jangka panjang sebagai peramalan untuk 1 atau 2 bulan berikutnya. Hal ini akan berbeda dengan pihak manajemen puncak yang akan mendefinisikan horizon waktu *immediate* antara 1 hingga 2 bulan dan peramalan jangka panjang antara 20 hingga 30 tahun kedepan.
2. Pola data
Terdapat beberapa pola yang dapat diidentifikasi dari data yang akan digunakan dalam peramalan yaitu : (Wheelwright dan Makridakis, 1980)
 - a. Trend
Trend adalah suatu pola yang terdapat pada data ketika teridentifikasi kecenderungan nilai data naik atau turun dalam suatu kurun waktu tertentu.
 - b. Horizontal
Pola horizontal adalah ketika tidak ada kecenderungan arah pergerakan nilai data dalam kurun waktu tertentu.
 - c. Seasonal
Pola *seasonal* terdapat pada data ketika nilai data dipengaruhi oleh titik-titik waktu tertentu dalam suatu rentang waktu seperti hari-hari dalam satu minggu atau bulan-bulan tertentu dalam satu tahun.
 - d. Cyclical
Pola *cyclical* adalah suatu pola data yang terjadi dalam rentang waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan *seasonal*. Hal yang dapat mempengaruhi pola *cyclical* adalah kondisi perekonomian/kondisi dunia usaha secara umum. Pola *cyclical* ini terjadi dalam rentang waktu yang tidak dapat ditentukan sehingga akan lebih sulit diprediksi dibandingkan pola *seasonal*.
3. Jenis model peramalan yang akan digunakan
Model-model peramalan dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :
 - a. Model Time Series
Model *time series* hanya menggunakan faktor waktu sebagai variabel bebas atau sebagai variabel yang mempengaruhi hasil peramalan. Beberapa metode peramalan yang termasuk dalam kategori ini antara lain metode *moving average*, *exponential smoothing*, metode *decomposition*, dll.

b. Model Kausal

Model Kausal memungkinkan melibatkan lebih dari 1 variabel bebas dalam metode peramalan. Kesulitan penggunaan model kausal adalah setiap variabel bebas harus mampu diterjemahkan ke besaran tertentu terlebih dahulu untuk digunakan dalam peramalan. Metode peramalan yang dapat digunakan sebagai model kausal adalah metode regresi dan pendekatan *Box-Jenkins* (ARMA).

4. Biaya penggunaan metode peramalan

Tiga jenis biaya yang diperhitungkan dalam suatu peramalan adalah biaya pengembangan, biaya penyimpanan data, dan biaya eksekusi peramalan. Biaya pengembangan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan model peramalan tertentu baik model konseptual maupun penerjemahan model konseptual tersebut ke dalam program komputer. Data-data yang akan digunakan dalam peramalan seringkali harus disimpan dalam memori komputer. Biaya penggunaan memori ini menjadi biaya yang perlu diperhitungkan. Biaya eksekusi peramalan merupakan biaya yang keluar ketika mengaplikasikan program yang telah dibangun. Proses iterasi peramalan memerlukan waktu dan sumber daya manusia yang diperhitungkan sebagai biaya.

5. Akurasi metode peramalan

Baik tidaknya suatu metode peramalan sering dinilai dari ketepatan hasil peramalan dengan kondisi aktual. Terdapat 2 cara yang dapat dilakukan untuk menilai ketepatan metode peramalan, yaitu menggunakan seluruh data historis untuk membuat peramalan lalu membandingkan hasil peramalan tersebut dengan data aktual, sedangkan yang kedua adalah menggunakan sebagian data historis untuk membuat peramalan lalu membandingkan hasil peramalan yang didapatkan dengan data historis lainnya yang tidak kita gunakan.

Tabel 1. Klasifikasi Metode Peramalan (Sumber : *Wheelwright dan Makridakis 1980, p34-35*)

	Type of Model	Methods	Description	Time Horizon			
				A	B	C	D
Quantitative Methods	Causal or Explanatory	Single and multiple regression	Variations in dependent variables are explained by variations in the independent one(s)				
		Econometric models	Simultaneous systems of multiple regression equations				
	Time series	Naive	Simple rules such as : forecast equals most recent actual value or equals last year's same month+5%				
		Trend extrapolation	Linear, exponential, S-curve, or other types of projections				
		Smoothing	Forecasts are obtained by smoothing, averaging, past actual values in a linear or exponential manner				
		Decomposition	A time series is "broken" down into trend, seasonability, cyclicity, and randomness				
		Filters	Forecast are expressed as a linear combination of past actual values. Parameters or model can "adapt" to changes in data				

		Autoregressive/Moving averages (ARMA)	Forecasts are expressed as a linear combination of past actual values and/or past errors		
Qualitative Methods	Subjective Assessment	Decision trees	Subjective probabilities are assigned to each event and the approach of Bayesian Statistics is used		
		Salesforce estimates	A bottom-up approach aggregating salesman's forecasts		
		Juries of executive opinion	Marketing, production and finance executives jointly prepare forecasts		
		Anticipatory surveys market research	Learning about intentions of potential customers or planes of business		

Keterangan :

1. Time horizon : A. Immediate, B. Short, C. Medium, D. Long
2. Extensive use, Medium use, Limited use

6. Kemudahan penerapan metode peramalan

Kemudahan penerapan berkaitan dengan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan nilai peramalan dan *intuitive appeal* dari metode peramalan tersebut. *Intuitive appeal* berkaitan dengan kemudahan pengguna hasil peramalan mengerti akan metode peramalan yang digunakan dan seberapa baik nilai peramalan yang dihasilkan berdasarkan sudut pandang pengguna.

Pada Tabel 1 terdapat metode-metode peramalan yang dikelompokkan berdasarkan beberapa kriteria yang telah dibahas sebelumnya. Informasi-informasi yang terdapat dalam Tabel 1 dapat digunakan untuk memilih metode peramalan yang sesuai dengan kondisi yang dihadapi.

II.2 Teknik-Teknik Peramalan Kuantitatif

Berikut adalah beberapa metode peramalan kuantitatif:

1. Moving Average

Merupakan metode yang paling mudah dilakukan

$$\text{Contoh : } F_{i+1} = \frac{D_i + D_{i-1} + \dots + D_{i-N+1}}{N}$$

Dimana : D_i = actual demand pada periode i

F_{i+1} = forecast demand pada periode i+1

N = Banyak data yang dirata-ratakan

Hasil peramalan merupakan rata-rata dari permintaan beberapa periode sebelumnya. Kelemahan utama dari metode ini adalah *lag effect*.

2. Exponential Smoothing

Rumus first order exponential smoothing :

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(X_t - F_t)$$

Berdasarkan rumus di atas, peramalan *single exponential smoothing* dihitung berdasarkan hasil peramalan ditambah kesalahan peramalan periode sebelumnya.

3. Regresi

Rumus umum	: $Y(t) = a + bt + ct^2 + \dots + gt^{n-1} + ht^n$
Konstan	: $Y(t) = a$
Linier	: $Y(t) = a + bt$
Kuadratis	: $Y(t) = a + bt + ct^2$
Eksponensial	: $Y(t) = ae^{bt}$

Khusus untuk metode regresi linier, rumus yang umumnya digunakan yaitu:

$$y(t) = a + b(t)$$

$$b = \frac{N \sum_{t=1}^N ty(t) - \sum_{t=1}^N y(t) \sum_{t=1}^N t}{N \sum_{t=1}^N t^2 - \left(\sum_{t=1}^N t \right)^2}, \quad a = \frac{\sum_{t=1}^N y(t)}{N} - \frac{b \sum_{t=1}^N t}{N}$$

4. Time Series Decomposition

Terdapat 5 langkah utama:

1. Hitung *12-month centered moving average* dari seluruh data. (bila memang dibagi dalam 12 bulan)
2. Hitung *seasonal factor* dan *seasonal index*.

$$\text{Seasonal Factor} = \frac{\text{actual demand}}{\text{centered 12-month MA}}$$

$$\text{Seasonal index} = \text{average of seasonal factors}$$

3. Tentukan persamaan garis dari *deseasonalized data* dengan menggunakan metode regresi linier.

$$\text{Deseasonalized data} = \text{actual data} / \text{seasonal index}$$

4. Ekstrapolasi garis yang diperoleh dari langkah 3 ke data di masa yang akan datang.
5. Hitung hasil peramalan akhir dengan mengalikan data yang diperoleh dari langkah 4 dengan *seasonal index* yang sesuai.

II.3 Ukuran-Ukuran Kesalahan Peramalan

Tujuan dari teknik peramalan adalah agar dapat diperoleh hasil taksiran nilai-nilai di masa yang akan datang. Hasil peramalan tersebut memiliki kecenderungan untuk mempunyai kesalahan-kesalahan. Besarnya kesalahan pada periode ke- i (e_i) dinyatakan sebagai:

$$e_i = X_i - F_i$$

di mana :	e_i	= kesalahan pada periode ke- i
	X_i	= data aktual periode ke- i
	F_i	= nilai peramalan periode ke- i

Tabel di bawah ini menunjukkan beberapa ukuran statistik untuk menghitung kesalahan yang sering digunakan.

Tabel 2. Ukuran-ukuran untuk menghitung kesalahan

<p><i>Mean Error (Bias) :</i></p> $ME = \frac{\sum e_i}{n}$	<p><i>Mean Absolute Error :</i></p> $MAE = \frac{\sum e_i }{n}$
<p><i>Sum of Squared Error :</i></p> $SSE = \sum e_i^2$	<p><i>Mean Squared Error :</i></p> $MSE = \frac{\sum e_i^2}{n}$
<p><i>Standard Deviation Of Error :</i></p> $SDE = \left[\frac{\sum (e_i)^2}{n-1} \right]^{1/2}$	<p><i>Percentage Error :</i></p> $Pe_i = \left(\frac{e_i}{x_i} \right) \times 100\%$
<p><i>Standard Error Of Estimate :</i></p> $SDE = \left[\frac{\sum (e_i)^2}{n-f} \right]^{1/2}$	<p><i>Mean Percentage Error :</i></p> $MPE = \frac{\sum PE_i}{n}$
<p><i>Mean Absolute Error :</i></p> $MAPE = \frac{\sum PE_i }{n}$	<p><i>Tracking Signal :</i></p> $TS_i = \frac{E(e_i)}{MAD}$

III. REFERENSI

Cameron, T. A., Quiggin, J. (1994), *Estimation Using Contingent Valuation Data from A "Dichotomous Choice with Follow-Up" Questionnaire*, Journal of Environmental Economics and Management 27 (3), 218 – 34.

Kanafani, A. (1983), *Transportation Demand Analysis*, McGraw-Hill, Inc., United States of America.

Kotler, P., Keller, K. L. (2009), *Marketing Management*, 13th Edition, Pearson Education International, New Jersey.

Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C. (1980), *Forecasting Methods for Management*, John Wiley & Sons, New York.

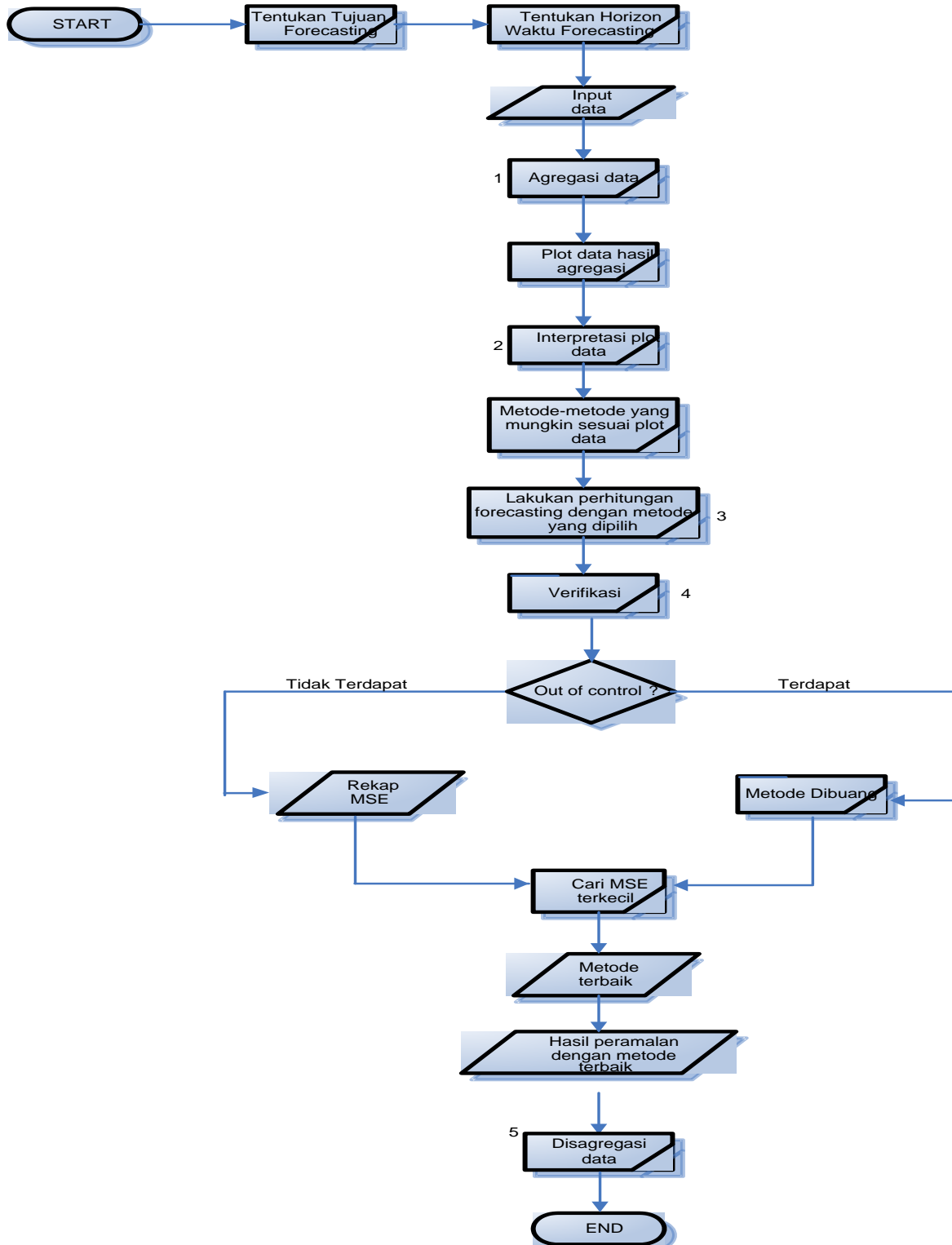
IV. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

- Data historis pembelian.

V. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

- 1) Praktikan mendapatkan data historis produk sebelumnya
- 2) Praktikan melakukan peramalan dan analisis

VI. FLOW CHART PRAKTIKUM



VII. DATA PRAKTIKAN

PERIODE	Regional 1			Regional 2			Regional 3		
	Produk A	Produk B	Produk C	Produk A	Produk B	Produk C	Produk A	Produk B	Produk C
1	1262	1262	1262	1182	1262	1182	1182	1262	1262
2	1262	1342	1502	1262	1342	1502	1262	1342	1502
3	1102	1262	1582	1022	1262	1582	1102	1262	1582
4	1262	1422	1182	1262	1342	1182	1182	1342	1182
5	1022	1342	1342	1102	1262	1342	1102	1262	1342
6	1182	1342	1822	1182	1342	1822	1262	1262	1822
7	1182	1502	1182	1262	1502	1182	1182	1502	1182
8	1102	1582	1422	1182	1582	1422	1182	1582	1422
9	1102	1502	1502	1102	1422	1502	1102	1502	1502
10	1182	1582	1102	1182	1582	1102	1182	1502	1102
11	1262	1662	1262	1262	1582	1262	1262	1582	1262
12	1182	1662	1662	1262	1662	1662	1262	1662	1662
13	1102	1742	1102	1102	1662	1102	1182	1662	1102
14	1102	1742	1342	1102	1742	1342	1102	1662	1342
15	1102	1742	1422	1022	1662	1422	1102	1742	1422
16	1182	1822	1022	1182	1742	1022	1182	1742	1022
17	1102	1742	1102	1102	1822	1102	1102	1822	1102
18	1262	1822	1582	1262	1822	1582	1262	1822	1582
19	1182	1822	942	1102	1742	942	1182	1742	942
20	1102	1742	1182	1102	1742	1182	1102	1822	1182
21	1182	1902	1262	1182	1902	1262	1182	1902	1262
22	1342	1982	942	1342	1902	942	1262	1902	942
23	1342	1822	1022	1342	1822	1022	1342	1822	1022
24	1262	1982	1422	1262	1902	1422	1262	1902	1422
25	1102	1982	782	1102	1982	782	1102	1982	782
26	1262	2062	1022	1262	2062	1022	1262	2062	1022
27	1102	1982	1102	1182	1982	1102	1182	2062	1102
28	1182	2062	702	1182	2062	702	1182	2062	702
29	1182	2222	862	1182	2142	862	1262	2142	862
30	1342	2142	1342	1342	2062	1342	1342	2062	1342
31	1262	2222	702	1262	2142	702	1262	2142	702
32	1182	2302	862	1182	2302	862	1182	2302	862
33	1262	2222	1022	1262	2142	1022	1262	2142	1022
34	1342	2302	622	1262	2302	622	1342	2302	622
35	1262	2382	702	1182	2302	702	1182	2302	702
36	1182	2302	1182	1182	2302	1182	1102	2302	1182
37	1182	2302	542	1182	2382	542	1182	2382	542
38	1102	2382	782	1102	2382	782	1102	2382	782
39	1262	2462	942	1182	2382	942	1262	2382	942
40	1182	2542	542	1262	2542	542	1262	2542	542
41	1262	2462	622	1262	2462	622	1262	2462	622
42	1262	2622	1102	1182	2542	1102	1262	2542	1102
43	1182	2542	462	1102	2542	462	1182	2542	462
44	1182	2702	702	1182	2622	702	1182	2622	702
45	1102	2702	782	1182	2702	782	1182	2622	782
46	1182	2622	462	1182	2622	462	1182	2622	462
47	1182	2702	542	1102	2702	542	1182	2622	542
48	1182	2782	1022	1182	2702	1022	1262	2702	1022

VIII. TATA TULIS LAPORAN

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum, praktikan menyusun laporan praktikum yang garis besar formatnya adalah sebagai berikut:

- I. Tujuan Praktikum
- II. Flow Chart Laporan
- III. Data Praktikum
- IV. Pengolahan Data
 - IV.1 Produk A
 - IV.1.1. Agregasi Data Masa Lalu
 - IV.1.2. Plot Data
 - IV.1.3. Peramalan
 - IV.1.4. Uji Verifikasi
 - IV.1.5. Disagregasi
 - IV.2 Produk B
 - IV.2.1. Agregasi Data Masa Lalu
 - IV.2.2. Plot Data
 - IV.2.3. Peramalan
 - IV.2.4. Uji Verifikasi
 - IV.2.5. Disagregasi
 - IV.3 Produk C
 - IV.3.1. Agregasi Data Masa Lalu
 - IV.3.2. Plot Data
 - IV.3.3. WinQSB
 - IV.3.4. Uji Verifikasi
 - IV.3.5. Disagregasi
- V. Analisis
 - V.1 Analisis Interpretasi Hasil Plot Data Dengan Metode Peramalan
 - V.2 Analisis Kelebihan dan Kekurangan Metode
 - V.3 Analisis Keperluan Dilakukannya Agregasi dan Disagregasi
 - V.4 Analisis Parameter α , β , γ
 - V.5 Analisis Sensitivitas dan Stabilitas
 - V.6 Analisis Pemilihan Error MSE dalam Interpretasi Data
 - V.7 Analisis Verifikasi
 - V.8 Analisis Metode Kausal
 - V.9 Analisis Kepentingan Menggunakan Metode Peramalan Demand dan Peramalan Produksi
 - V.10 Analisis Akibat Jika Terjadi Kesalahan Pada Peramalan dan Solusinya
 - V.11 Analisis Pemilihan Horison Peramalan
 - V.12 Analisis Keterkaitan Modul Peramalan dengan Modul Terintegrasi Lainnya
- VI. Kesimpulan dan Saran
- VII. Lampiran

MODUL 7 PERANCANGAN SISTEM PRODUKSI

I. TUJUAN PRAKTIKUM

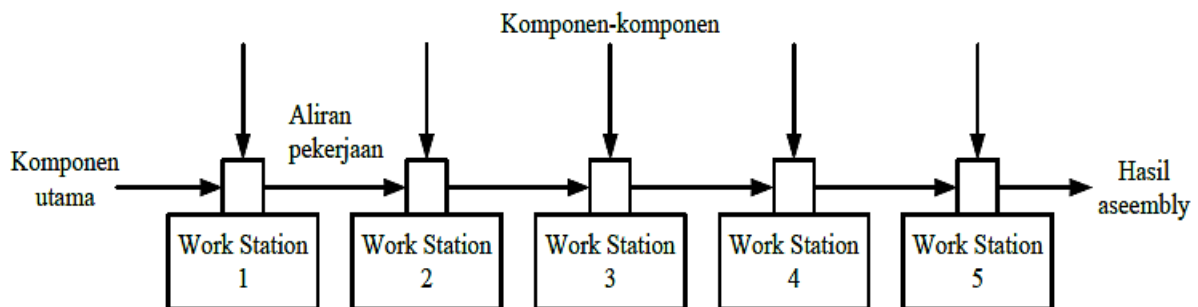
1. Memahami dan mampu merancang lintas perakitan
2. Memahami konsep *bottle neck* dalam lintasan perakitan
3. Mengetahui dan mampu mengukur kapasitas produksi suatu lintasan perakitan
4. Mampu menganalisis performansi suatu lintasan perakitan

II. DASAR TEORI

II.1 Line Balancing

Line balancing yaitu suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan kedalam serangkaian stasiun kerja dalam suatu lintasan produksi sehingga setiap stasiun kerja yang ditangani oleh seorang atau lebih operator memiliki waktu kerja (beban kerja) yang tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut.

Konsep *line balancing* bertujuan memaksimalkan efisiensi atau meminimumkan *balance delay / idle time* (waktu menganggur). Dalam konsep ini, elemen-elemen operasi akan digabung menjadi beberapa stasiun kerja. Tujuan umum penggabungan ini adalah untuk mendapatkan rasio *delay / idle* (menganggur) yang serendah mungkin dan dicapai suatu efisiensi kerja yang tinggi di tiap stasiun kerja (Bedworth, 1997). Konsep dari *assembly line* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Konsep Assembly Line

II.1.1 Konsep Line Balancing

Dalam keseimbangan lini, terdapat dua konsep penting, yaitu:

1. Elemen beban kerja adalah sejumlah pekerjaan yang mempunyai tujuan tertentu yang terbatas (elemen kerja). (Groover, 2001, p529).

$$T_{wc} = \sum_{k=1}^{n_{ek}} T_{ek}$$

Keterangan :

T_{ek} = Waktu penyelesaian elemen kerja k

n_e = Jumlah elemen kerja, $k = 1, 2, 3, \dots, n$

Asumsi tentang elemen kerja:

- Waktu elemen kerja memiliki nilai yang konstan;
- Nilai Tek bersifat aitif, artinya waktu untuk mengerjakan dua atau lebih *task* secara berurutan adalah jumlah dari waktu pengerjaan *task* individual.

2. Batasan Pengalokasian Elemen Kerja

Dalam pengalokasian elemen kerja terdapat beberapa batasan yang harus diperhatikan, seperti:

a. Precedence Constraint

Precedence Constraint merupakan batasan terhadap urutan pengerjaan elemen kerja. Kendala *precedence* dapat digambarkan secara grafis dalam bentuk diagram *precedence*. Pada proses *assembly* terdapat dua kondisi yang biasa terjadi, yaitu:

- Tidak ada ketergantungan dari komponen-komponen dalam proses pengerjaan, jadi setiap komponen mempunyai kesempatan untuk dilaksanakan pertama kali dan disini dibutuhkan prosedur penyeleksian untuk menentukan prioritas.
- Apabila salah satu komponen telah dipilih untuk dilakukan *assembly*, maka urutan selanjutnya dapat dimulai untuk di-*assembly*.

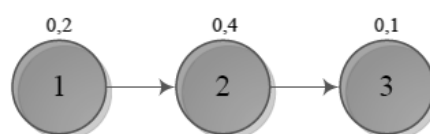
Precedence diagram digunakan sebelum melangkah pada penyelesaian menggunakan metode keseimbangan lintasan. *Precedence* diagram merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang tujuannya untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya.

Precedence diagram dapat disusun menggunakan dua simbol dasar, yaitu:

- Elemen simbol, adalah lingkaran dengan nomor atau huruf elemen yang terkandung di dalamnya. Elemen akan diberi nomor / huruf berurutan untuk menyatakan identifikasi. Angka di atas simbol lingkaran adalah waktu standar yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap proses operasi.



- Hubungan antar simbol, biasanya menggunakan anak panah untuk menyatakan hubungan dari elemen simbol yang satu terhadap elemen simbol lainnya. *Precedence* dinyatakan dengan perjanjian bahwa elemen pada ekor panah harus mendahului elemen pada kepala panah.



b. Zoning Constraint

Zoning Constraint terdiri atas *positive zoning constraint* dan *negative zoning constraint*. *Positive zoning constraint* berarti bahwa elemen-elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama. *Negative zoning constraint* menyatakan bahwa jika satu elemen pekerjaan dengan elemen pekerjaan lain sifatnya saling mengganggu, maka sebaiknya tidak ditempatkan saling berdekatan.

II.2 Istilah Dalam Line Balancing

1) **Work Element** (elemen kerja / operasi), merupakan bagian dari seluruh proses perakitan yang dilakukan.

2) **Waktu Operasi (T_i)**, adalah waktu standar untuk menyelesaikan suatu operasi.

3) **Production Speed / Production Rate (R_p)**, adalah kecepatan untuk memproduksi suatu barang dengan memperhatikan permintaan (*demand*) dalam setahun dengan waktu operasi dalam setahun (Groover, 2001, p531).

$$R_p = \frac{\text{Permintaan}}{\text{Waktu Operasi}} \text{ unit/jam}$$

4) **Waktu Siklus (*Cycle Time*)**, waktu yang tersedia pada masing-masing stasiun kerja untuk menyelesaikan satu unit produk. Dalam menentukan waktu siklus, harus diperhatikan waktu stasiun lainnya, sehingga waktu siklus harus sama atau lebih besar dari waktu operasi terbesar untuk menghindari *bottle neck* (Groover, 2001, p531).

$$T_c = \frac{60 (\text{uptime efficiency})}{\text{production speed}} \text{ minute}$$

5) **Waktu Stasiun (*Station Time*)**, merupakan waktu yang diberikan kepada setiap stasiun kerja untuk melakukan pekerjaannya dan sudah memperhitungkan waktu *repositioning* (Groover, 2001, p531).

$$T_s = T_c - T_r \text{ minute}$$

6) **Waktu Menganggur (*Idle Time*)**, yaitu waktu menganggur selama jam kerja (*berth working time*), yang disebabkan antara lain hujan (faktor alam), menunggu muatan, menunggu dokumen, alat rusak, dan lain-lain. Waktu menganggur (*idle time*) terjadi jika dari stasiun pekerjaan yang ditugaskan padanya membutuhkan waktu yang sedikit daripada waktu siklus yang telah diberikan. Dengan kata lain *idle time* adalah selisih atau perbedaan antara *Cycle Time* (T_c) dan *Station Time* (T_s), atau T_c dikurangi T_s (Groover, 2001, p531).

$$\text{idle time} = n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i$$

Keterangan :

n = Jumlah stasiun kerja

W_s = Waktu stasiun kerja terbesar

W_i = Waktu sebenarnya pada stasiun kerja $i = 1, 2, 3, \dots, n$

7) Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*), merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengganggu sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja (Baroto, 2002, p196). *Balance Delay* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Balance Delay (BD)} = \frac{(s)(TS_{max}) - N}{(s)(TS_{max})} \times 100\%$$

Keterangan:

N = Jumlah total waktu tiap elemen

n = Jumlah stasiun kerja

TS_{max} = Waktu 3 stasiun kerja maksimum

8) Efisiensi Stasiun Kerja, merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja (W_i) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar (W_s).

$$E_b = \frac{W_i}{W_s} \times 100\%$$

9) Efisiensi Lintasan Produksi (*Line Efficiency*), merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja (Baroto, 2002, p197). *Line Efficiency* menunjukkan tingkat efisiensi suatu lintasan.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{S \times TS_{max}} \times 100\%$$

Keterangan :

S = Jumlah stasiun kerja setelah dilakukan pengelompokan

TS_{max} = Waktu stasiun kerja maksimum

10) Smoothest Index, merupakan indeks yang menunjukkan kelancaran relatif atau cara untuk mengukur tingkat waktu tunggu relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu (Baroto, 2002, p197). Nilai SI = 0 adalah nilai keseimbangan lintasan yang sempurna.

$$SI = \sqrt{\sum ((TS_{max} - TS_i)^2)}$$

Keterangan :

TS_{max} = Waktu stasiun kerja maksimum

TS_i = Waktu stasiun kerja ke-i

11) Work Station, merupakan tempat pada lini perakitan di mana proses perakitan dilakukan (Groover, 2001, p532). Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus:

$$w^* = \min \text{integer} \geq \frac{T_{wc}}{T_s}$$

Keterangan :

T_{wc} = Waktu operasi (seluruh elemen)

T_s = Waktu stasiun

II.3 Metode Line Balancing

Pada *Line Balancing* ada beberapa teori yang dikemukakan oleh para ahli yang meneliti bidang ini. Secara garis besar *Line Balancing* bisa dioptimalkan oleh dua metode yaitu:

1. Pendekatan Analitis / Matematis
2. Pendekatan Heuristik

Berikut ini adalah beberapa metode yang umum dipakai dalam menyelesaikan masalah *line balancing*:

1) Metode Helgeson dan Birnie / *Ranked Positional Weight (RPW)*

Metode ini biasanya lebih dikenal dengan *Ranked Positional Weight system*. Metode ini merupakan metode heuristic yang paling awal dikembangkan (Nasution, 1999, p139). Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat diagram *precedence* & matriks *precedence*. Penugasan elemen-elemen terhadap stasiun kerja mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Hitung waktu siklus, yaitu waktu siklus yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar itu lebih besar dari waktu siklus yang diinginkan.
2. Buat matrik pendahulu berdasarkan jaringan kerja perakitan.
3. Hitung bobot posisi tiap operasi yang dihitung berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya.
4. Urutkan operasi-operasi mulai dari bobot terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil.
5. Lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi dengan bobot posisi terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus.
6. Setelah membentuk suatu stasiun kerja yang terdiri dari elemen-elemen kerjanya, maka tentukan nilai *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothest index*.

2) Metode *Largest Candidate Rules*

Prinsip dasar dari metode ini adalah menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu proses terbesar hingga elemen dengan waktu operasi terkecil. Sebelum dilakukan penggabungan, harus ditentukan dahulu berapa waktu siklus yang akan dipakai. Waktu siklus ini akan dijadikan pembatas dalam penggabungan operasi dalam satu stasiun kerja.

Berikut tahap-tahap dari metode *Largest Candidate Rules* :

1. Pilih elemen yang akan ditugaskan pada stasiun pertama yang memenuhi persyaratan *precedence* dan tidak menyebabkan total jumlah T_{ek} pada stasiun tersebut melebihi T_s .
2. Jika tidak ada elemen lain yang dapat ditugaskan tanpa melebihi T_s , maka lanjutkan ke stasiun berikutnya.
3. Ulangi langkah 1 dan 2 untuk stasiun lainnya sampai seluruh elemen selesai ditugaskan.
4. Tentukan nilai dari *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothest index*.

3) Metode Kilbridge and Wester *Heuristic (Region Approach)*

Pendekatan ini melibatkan elemen-elemen yang memiliki tingkat keterkaitan yang sama ke dalam sejumlah kolom / daerah. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Buat *precedence diagram* dari persoalan yang dihadapi.
2. Bagi elemen-elemen kerja dalam diagram tersebut ke dalam kolom-kolom dari kiri ke kanan.
3. Gabungkan elemen-elemen dalam daerah *precedence* yang paling kiri dalam berbagai cara dan ambil hasil gabungan terbaik yang hasilnya sama atau hampir sama dengan waktu siklus.
4. Apabila ada elemen-elemen yang belum bergabung dan jumlahnya lebih kecil dari waktu siklus, maka lanjutkan penggabungan dengan elemen di daerah *precedence* di kanannya dengan memperhatikan batasan *precedence*.
5. Proses berlanjut sampai semua elemen bergabung dalam suatu stasiun kerja.
6. Tentukan nilai *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothest index*.

III. REFERENSI

Ginting, Rosnani Ir. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Baroto, Teguh. 2002. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia

David D. Bedworth & James E. Bailey. 1987 *Integrated Production and Control Systems*. United States of America: John Willey & Sams, 1987.

Groover, Michael. 2001. *Computer Integrated Manufacturing & Automation*. USA: McGraw-Hill.

Nasution, Arman Hakim. 1999. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: PT Candimas Metropole

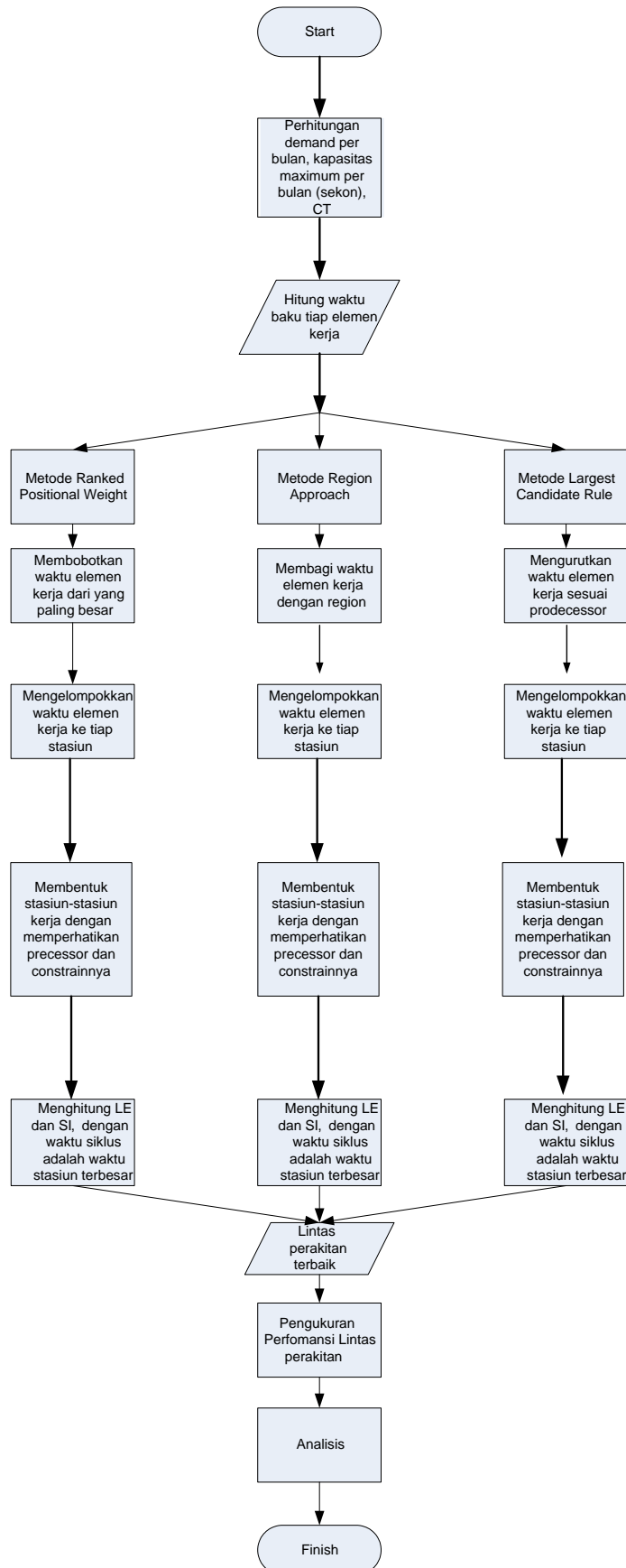
IV. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

- Data Modul 2
- Data Modul 5
- Data Modul 6

V. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

- 1) Praktikan mendapatkan data-data dari modul sebelumnya
- 2) Praktikan melakukan pengolahan line balancing
- 3) Praktikan memilih metode terbaik

VI. FLOW CHART PRAKTIKUM



VII. TATA TULIS LAPORAN

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum, praktikan menyusun laporan praktikum yang garis besar formatnya adalah sebagai berikut:

- I. **Tujuan Praktikum**
- II. **Flow Chart Laporan**
- III. **Data Perhitungan Demand**
- IV. **Pengolahan Data**
 - IV.1 Perhitungan Waktu Siklus Maksimum
 - IV.2 Penyusunan Lintas Perakitan
 - IV.3 Perhitungan Stasiun Kerja Minimal
 - IV.4 Perhitungan Line Balancing
 - a. Metode Helgeson Birnie
 - b. Metode Region Approach
 - c. Metode Largest Candidate Rule
- V. **Analisis**
 - V.1 Analisis Penggunaan Metode Line Balancing
 - V.2 Analisis Tiap Jenis Algoritma Yang Dipakai
 - V.3 Analisis Tiap Kriteria Performansi Yang Dipakai
 - V.4 Analisis Hasil Perhitungan Tiap Kriteria Performansi
 - V.5 Analisis Pemilihan Alternatif Terbaik
 - V.6 Analisis Keterkaitan Modul 7 Dengan Modul Terintegrasi Lainnya
 - V.7 Analisis Penanggulangan Bottleneck
- VI. **Kesimpulan dan Saran**
- VII. **Lampiran**

MODUL 8

PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PRODUKSI

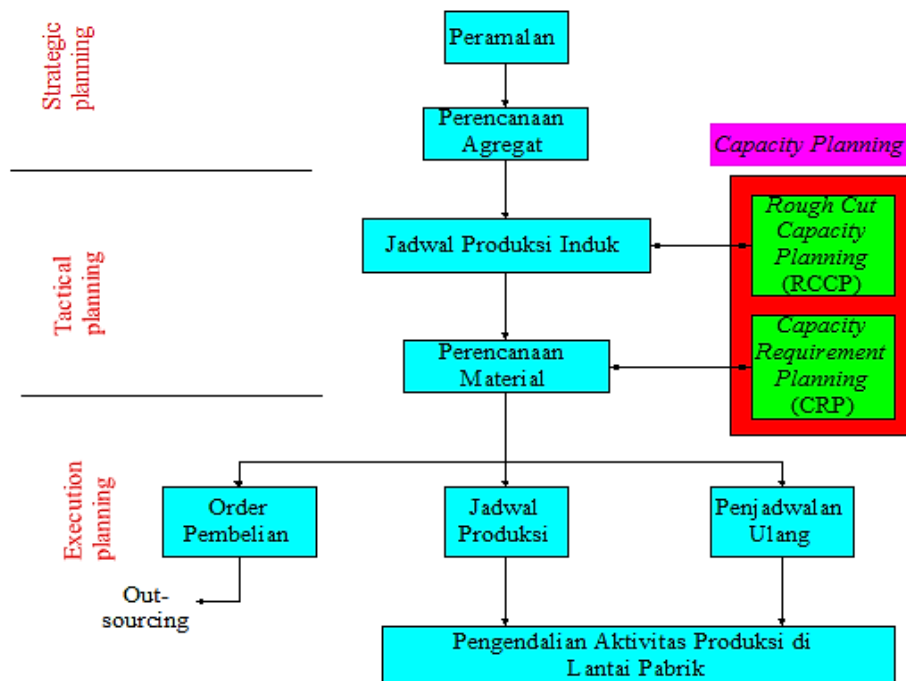
I. TUJUAN PRAKTIKUM

- Memahami lingkup perencanaan dan pengendalian produksi
- Memahami tahapan perencanaan dan pengendalian produksi
- Mampu melakukan validasi kapasitas (*RCCP*) terhadap *Master Production Schedule* (MPS)
- Mampu merencanakan dan menyusun *Material Requirements Planning* (MRP)
- Mampu melakukan validasi kapasitas (*CRP*) terhadap hasil *MRP*
- Memahami aktivitas pengendalian di rantai produksi

II. DASAR TEORI

II.1 Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Berikut adalah tahapan Perencanaan dan Pengendalian Produksi dalam 3 tahapan yaitu tahap strategik (*strategic planning*), *tactical planning* dan *execution planning*.



II.2 MPS (Master Production Schedule)

MPS merupakan output dari disagregasi rencana agregat.

Beberapa karakteristik MPS antara lain:

- MPS menentukan proses MRP dengan jadwal pemenuhan produk jadi
- MPS menunjukkan jumlah produksi bukan *demand*

- MPS bisa merupakan kombinasi antara pesanan langsung konsumen dan peramalan demand
- MPS menunjukkan jumlah yang harus diproduksi, bukan jumlah yang bisa diproduksi

Contoh MPS dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

MPS Item	Period							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Clipboard	86	93	119	100	100	100	100	100
Lapboard	0	50	0	50	0	50	0	50
Lapdesk	75	120	47	20	17	10	0	0
Pencil Case	125	125	125	125	125	125	125	125

II.2. RCCP (Rough Cut Capacity Planning)

RCCP merupakan alat untuk melakukan verifikasi terhadap MPS (*Master Production Schedule*).

Terdapat beberapa teknik dalam melakukan RCCP antara lain:

- Capacity planning using overall factors (CPOF)
- Bill of Labor Approach (BOL)
- Resource profile approach (RP)

II.2.1 Capacity Planning Using Overall Factor

Dalam keseimbangan lini, terdapat tiga hal penting, yaitu:

- MPS
- Waktu yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk
- Proporsi waktu yang digunakan untuk setiap sumber daya

Berikut contoh CPOF

Work Center	Historical Proportion	Month												Total Hours
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Lamp Assembly	0.455	1,501.5	1,501.5	1,501.5	1,501.5	1,501.5	1,501.5	1,501.5	1,601.6	1,901.9	1,901.9	1,901.9	1,901.9	19,719.7
Oven	0.046	148.5	148.5	148.5	148.5	148.5	148.5	148.5	158.4	188.1	188.1	188.1	188.1	1,950.3
Base Forming	0.227	749.1	749.1	749.1	749.1	749.1	749.1	749.1	799.0	948.9	948.9	948.9	948.9	9,838.2
Plastic Molding	0.091	300.3	300.3	300.3	300.3	300.3	300.3	300.3	320.3	380.4	380.4	380.4	380.4	3,943.9
Socket Assembly	0.182	600.6	600.6	600.6	600.6	600.6	600.6	600.6	640.6	760.8	760.8	760.8	760.8	7,887.9
Total Capacity														
Requirements		3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,520	4,180	4,180	4,180	4,180	
Lamp LAXX														
Lamp Assembly		0.10 hr												
Oven		0.01 hr												
Base Forming		0.05 hr												
Plastic Molding		0.02 hr												
Socket Assembly		0.04 hr												
		0.22 hr												

II.2.2 Bill of Labor Approach (BOL)

BOL memerlukan data yang sama dengan metode CPOF.

Jika ada n produk maka:

- Kapasitas yang diperlukan = $\sum_{k=1}^n a_{ik} b_{kj}$ untuk seluruh i,j
- Dimana:
 - a_{ik} = waktu yang diperlukan produk k di stasiun kerja i
 - b_{kj} = jumlah produk k yang akan diproduksi pada periode j

Berikut contoh BOL:

Work Center	Month												Total Hours
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Lamp Assembly	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,600	1,900	1,900	1,900	1,900	19,700
Oven	150	150	150	150	150	150	150	160	190	190	190	190	1,970
Base Forming	750	750	750	750	750	750	750	800	950	950	950	950	9,850
Plastic Molding	300	300	300	300	300	300	300	320	380	380	380	380	3,942
Socket Assembly	600	600	600	600	600	600	600	640	760	760	760	760	7,880
Total Capacity													
Requirements	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,520	4,180	4,180	4,180	4,180	
Lamp LXXX													
Lamp Assembly		0.10 hr											
Oven		0.01 hr											
Base Forming		0.05 hr											
Plastic Molding		0.02 hr											
Socket Assembly		0.04 hr											

Contoh perhitungan BOL untuk 2 produk, 2 bulan dan 2 work center

Bill of labor
Product

	P1	P2
Workcenter WC1	a11	a12
WC2	a21	a22

Master schedule
Month

	M1	M2
Product P1	b11	b12
P2	b21	b22

RCCP
Month

	M1	M2
Workcenter WC1	c11	c12
WC2	c21	c22

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} b_{kj}$$

$$c_{11} = a_{11}b_{11} + a_{21}b_{21}$$

$$c_{12} = a_{11}b_{12} + a_{21}b_{22}$$

$$c_{21} = a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21}$$

$$c_{22} = a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22}$$

Bill of labor
Product

	P1	P2
Workcenter WC1	0.3	0.2
WC2	1	0.7

Master schedule
Month

	M1	M2
Product P1	100	200
P2	300	400

RCCP
Month

	M1	M2
Workcenter WC1	90	140
WC2	310	480

II.2.3 Resource Planning Approach (RPA)

Merupakan metode dengan perhitungan mirip dengan BOL dengan adanya penambahan *lead-time offset*.

Berikut contoh RPA:

Praktikum Perancangan Industri Terintegrasi
Modul 8 – Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Work Center	Month												Total Hours
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Lamp Assembly	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,600	1,900	1,900	1,900	1,900	19,700
Oven	150	150	150	150	150	150	160	190	190	190	190	0	1,820
Base Forming	750	750	750	750	750	800	950	950	950	950	0	0	8,350
Plastic Molding	300	300	300	300	300	300	320	380	380	380	380	0	3,642
Socket Assembly	600	600	600	600	600	600	640	760	760	760	760	0	7,280
Total Capacity													
Requirements	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,350	3,570	3,880	4,180	4,180	3,230	1,900	
Months Before Due Date													
Department	2	1	0										
Lamp Assembly	0	0	0.1										
Oven	0	0.01	0										
Base Forming	0.05	0	0										
Plastic Molding	0	0.02	0										
Socket Assembly	0	0.04	0										

Contoh perhitungan BOL untuk 2 produk, 2 work center, 3 bulan horizon dan 3 bulan lead time

Time to Due Date	Resource Profile		
	2	1	0
Product			
P1	a ₁₁₂	a ₁₁₁	a ₁₁₀
P2	a ₂₁₂	a ₂₁₂	a ₂₁₀

Work Center 1

Time to Due Date	Resource Profile		
	2	1	0
Product			
P1	a ₁₂₂	a ₁₂₁	a ₁₂₀
P2	a ₂₂₂	a ₂₂₁	a ₂₂₀

Work Center 2

Month	Master schedule		
	M1	M2	M3
Product			
P1	b ₁₁	b ₁₂	b ₁₃
P2	b ₂₁	b ₂₂	b ₂₃

Month	RCCP		
	M1	M2	M3
Work Center			
WC ₁	c ₁₁	c ₁₂	c ₁₃
WC ₂	c ₂₁	c ₂₂	c ₂₃

$$c_{11} = a_{110}b_{11} + a_{111}b_{12} + a_{112}b_{13} + a_{210}b_{21} + a_{211}b_{22} + a_{212}b_{23}$$

$$c_{11} = a_{110}b_{12} + a_{111}b_{13} + a_{210}b_{22} + a_{211}b_{23}$$

$$c_{11} = a_{110}b_{13} + a_{210}b_{23}$$

$$c_{21} = a_{120}b_{11} + a_{121}b_{12} + a_{122}b_{13} + a_{220}b_{21} + a_{221}b_{22} + a_{222}b_{23}$$

$$c_{22} = a_{120}b_{12} + a_{121}b_{13} + a_{220}b_{22} + a_{221}b_{23}$$

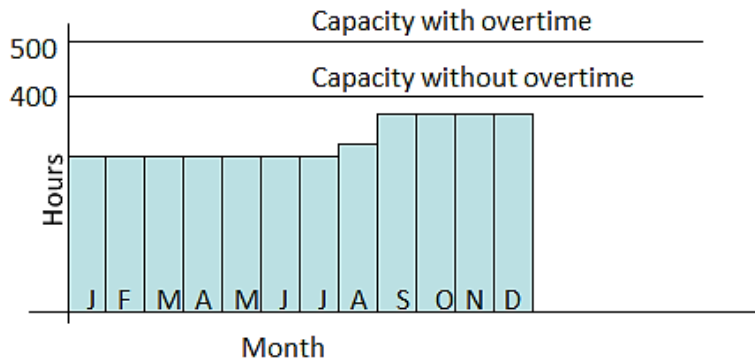
$$c_{23} = a_{120}b_{13} + a_{220}b_{23}$$

Dalam menentukan mana metode yang tepat dalam RCCP maka ukuran lot diasumsikan *lot for lot*. Kemudian metode BOL lebih direkomendasikan daripada metode CPOL. Metode RPA digunakan untuk produk manufaktur dengan leadtime yang relatif lama (contoh: pesawat terbang, tank, alat berat dll).

Keputusan penggunaan metode dalam RCCP juga harus melihat kapasitas yang tersedia, dengan perhitungan :

Capacity available = time available x utilization x efficiency

Langkah selanjutnya adalah dengan membandingkan kapasitas yang diperlukan dengan kapasitas yang sebenarnya.

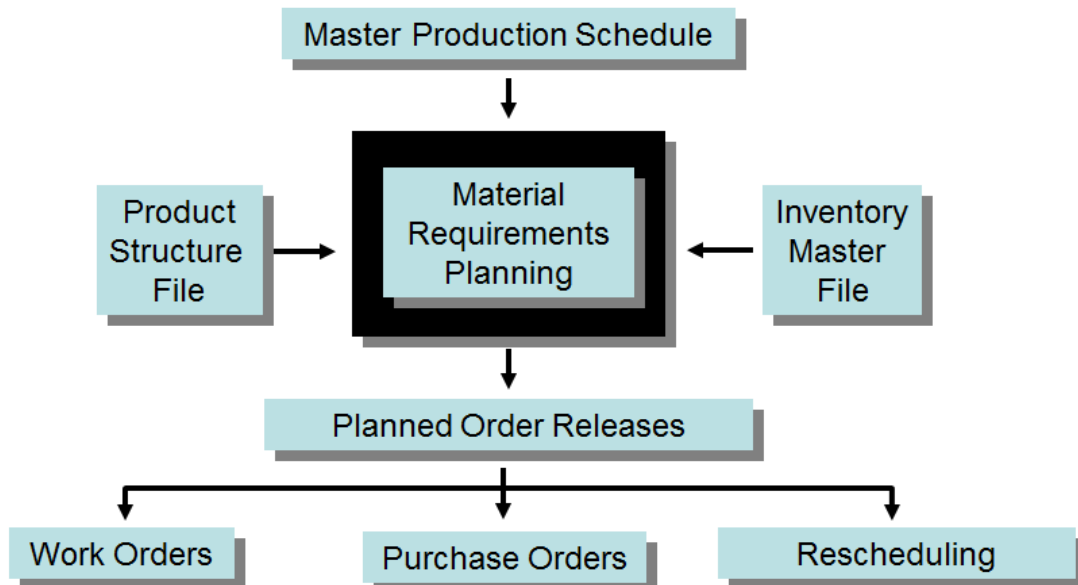


Alternatif untuk meningkatkan kapasitas : (1) over time, (2) subcontracting, (3) alternating routing, (4) tambah tenaga kerja
Jika penambahan kapasitas tidak bisa memenuhi capacity required → Revisi MPS

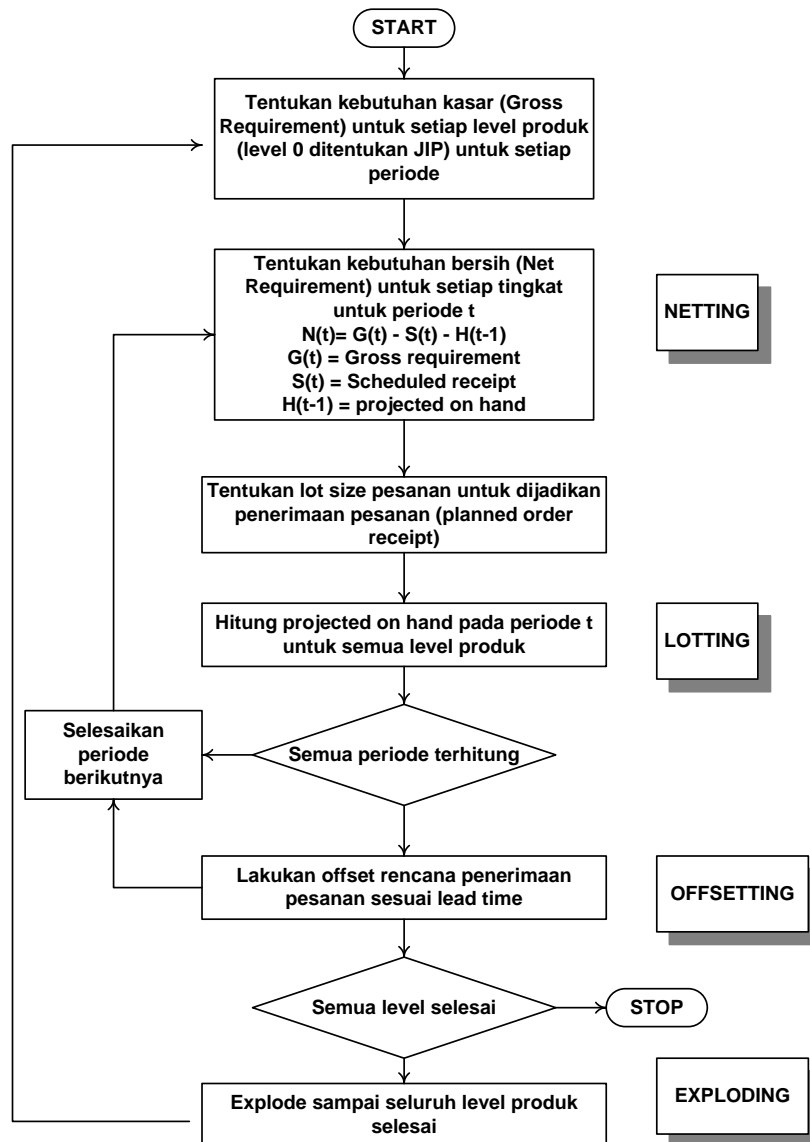
II.3 Material Requirement Palnning (MRP)

Tujuan dari MRP adalah untuk penjadwalan item pada saat dibutuhkan, di mana lebih awal dan tidak terlambat (*just in time*).

Berikut gambaran input dan output dari MRP:



Berikut tahapan proses penyusunan MRP:



Contoh matriks MRP :

Item: A LLC: 0 Lot size: 1 LT: 3	Period									
	PD	1	2	3	4	5	6	7	8	
Gross requirements										100
Scheduled receipts										
Projected on hand	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
Net requirements										90
Planned order receipts										90
Planned order releases						90				

Item: B LLC: 0 Lot size: 1 LT: 2	Period									
	PD	1	2	3	4	5	6	7	8	
Gross requirements							200			
Scheduled receipts										
Projected on hand	5	5	5	5	5	5	0	0	0	
Net requirements							195			
Planned order receipts							195			
Planned order releases					195					

II.4 Capacity Requirement Planning (CRP)

CRP merupakan tahapan yang dilakukan untuk bisa melakukan validasi terhadap MRP yang telah dibuat.

CRP dilakukan dengan membandingkan kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia. Dilakukan melalui proses pembuatan *planned order release* (POR), matriks setup dan matriks runtime.

Contoh POR:

Planned Order Release

Part	1	2	3	4	5	6	7
100	200	250	150	200	300	150	250
110	400	400	500	400	400	400	400
121	2400	0	2400	0	2400	2400	0
122	6000	0	0	6000	0	0	0

Contoh matriks setup:

<u>Set Up Time Matrices</u>		122: WC2 – WC3 – WC1 – WC3						
	Part	1	2	3	4	5	6	7
WC1	100	30	30	30	30	30	30	30
	110	0	15	15	15	15	15	15
	121	0	25	0	25	0	25	25
	122	0	0	75	0	0	75	0
	Total	30	70	120	70	45	145	75
WC2	100	0	0	0	0	0	0	0
	110	10	10	10	10	10	10	10
	121	0	0	15	0	15	0	15
	122	25	0	0	25	0	0	0
	Total	35	10	25	35	25	10	25
WC3	100	0	0	0	0	0	0	0
	110	0	0	0	0	0	0	0
	121	15	0	15	0	15	15	0
	122	0	30	0	30	30	0	30
	Total	15	30	15	30	45	15	30

Contoh matriks runtime:

Run Time Matrices

122: WC2 – WC3 – WC1 – WC3

	Part	1	2	3	4	5	6	7
WC1	100	500	625	375	500	750	375	625
	110	0	200	200	250	200	200	200
	121	0	600	0	600	0	600	600
	122	0	0	3000	0	0	3000	0
	Total	500	1425	3575	1350	950	4175	1425
WC2	100	0	0	0	0	0	0	0
	110	300	300	375	300	300	300	300
	121	0	0	600	0	600	0	600
	122	4500	0	0	4500	0	0	0
	Total	4800	300	975	4800	900	300	900
WC3	100	0	0	0	0	0	0	0
	110	0	0	0	0	0	0	0
	121	600	0	600	0	600	600	0
	122	0	900	0	2100	900	0	2100
	Total	600	900	600	2100	1500	600	2100

III. REFERENSI

- Gaspersz, V. 2004. *Production Planning and Inventory Control*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Joseph S. Martinich.1997. *Production/Operations Management:An Applied Analytical Approach*. John Wiley
- Sipper, Daniel. 1994. *Production : Planning, Control, and Integration*. McGraw-Hill

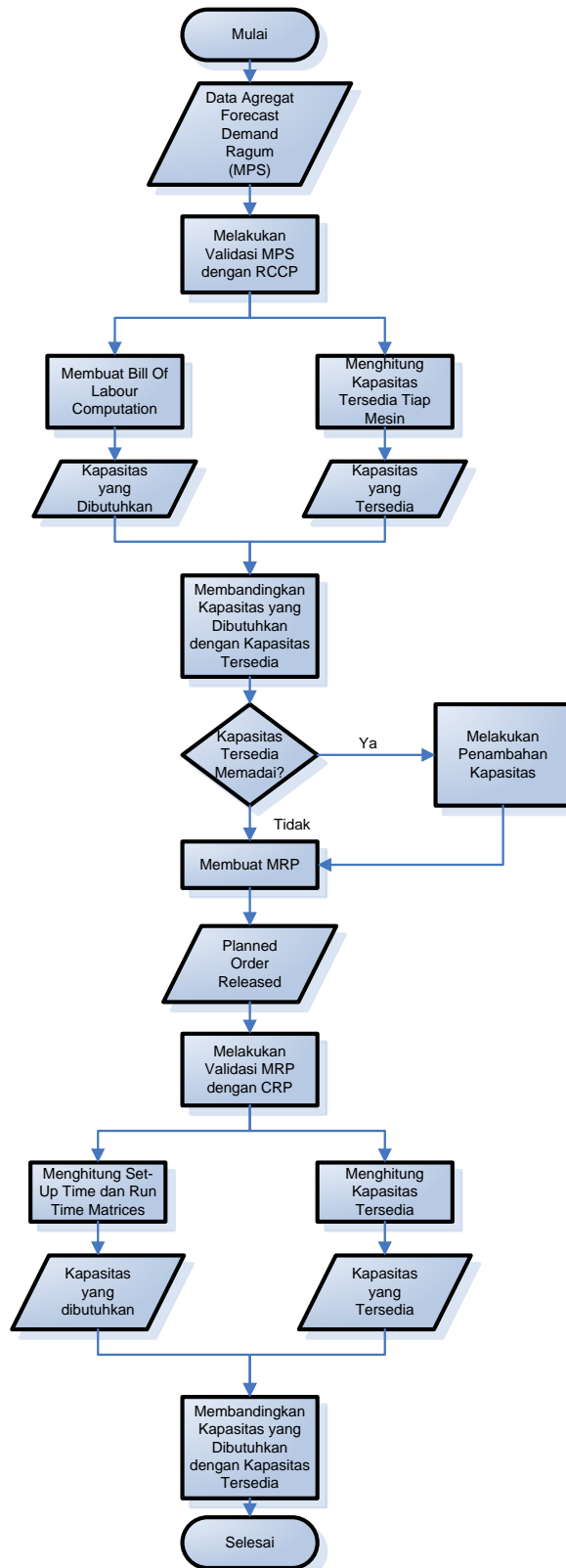
IV. KEBUTUHAN BAHAN & PERALATAN

- Data modul 2, 6 dan 7

V. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

- 1) Praktikan mendapatkan data-data dari modul sebelumnya
- 2) Praktikan melakukan pengolahan data
- 3) Praktikan mengambil keputusan terhadap hasil pengolahan data

VI. FLOW CHART PRAKTIKUM



VII. TATA TULIS LAPORAN

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian praktikum, praktikan menyusun laporan praktikum yang garis besar formatnya adalah sebagai berikut:

- I. Tujuan Praktikum**
- II. Flow Chart Laporan**
- III. Data Perhitungan Demand**
- IV. Pengolahan Data**
 - IV.1 Master Production Schedule (MPS)
 - IV.2 Rough Cut Capacity Planning (RCCP)
 - IV.3 Material Requirement Planning (MRP)
 - IV.4 Capacity Requirement Planning (CRP)
 - IV.5 MRP untuk Purchase Order (PO)
- V. Analisis**
 - V.1 Analisis Validasi Menggunakan RCCP
 - V.2 Analisis Validasi Menggunakan CRP
 - V.3 Analisis Hubungan RCCP dengan CRP
 - V.4 Analisis Jika Terjadi Overcapacity dan Undercapacity
 - V.5 Analisis Pemilihan Teknik Lot Sizing Terbaik
 - V.6 Analisis Kelebihan dan kekurangan MRP dan kondisi Material Requirements Planning yang dapat digunakan
 - V.7 Analisis Hubungan Keterkaitan Antar Modul
 - V.8 Analisis Pelaksanaan Pengendalian Produksi (PAC) Sebagai Langkah Lanjut Tindakan Perencanaan Produksi yang Dihasilkan
- VI. Kesimpulan dan Saran**
- VII. Lampiran**