

## #7

**OPERASI MANUFAKTUR****Materi Pertemuan #7 (Online #7)****Kemampuan Akhir Yang Diharapkan**

Mampu mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, mampu menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, dan mampu membuat formulasi model simulasi dari masalah otomasi terkait operasi manufaktur.

**Indikator Penilaian**

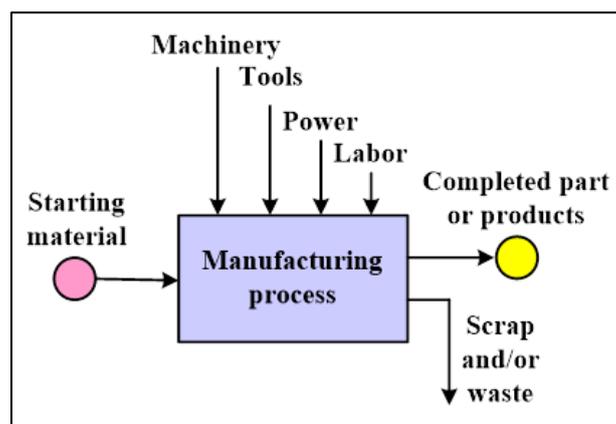
Ketepatan dalam mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, mampu menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, dan mampu membuat formulasi model simulasi dari masalah otomasi terkait operasi manufaktur.

**7.1. Definisi Manufaktur**

Manufaktur dapat didefinisikan sebagai aplikasi proses fisik dan proses kimia untuk merubah geometri, sifat, dan/atau penampilan dari material dasar menjadi *part-part* atau produk. Manufaktur juga termasuk penyambungan berbagai *part* untuk membuat produk rakitan. Terdapat 2 (dua) alternatif untuk definisi manufaktur, yaitu:

**1) Manufaktur Sebagai Suatu Proses Teknologi**

Untuk menyelesaikan suatu proses manufaktur dibutuhkan mesin (*machinery*), perkakas (*tools*), daya (*power*), dan tenaga kerja (*labor*). Proses manufaktur hampir selalu dilaksanakan dalam suatu urutan tahapan operasi. Setiap tahapan operasi akan membuat material mendekati bentuk akhir yang diinginkan. Dalam setiap tahapan operasi juga akan dihasilkan *scrap* dan/atau limbah. Gambar 7.1 memperlihatkan manufaktur sebagai suatu proses teknologi.

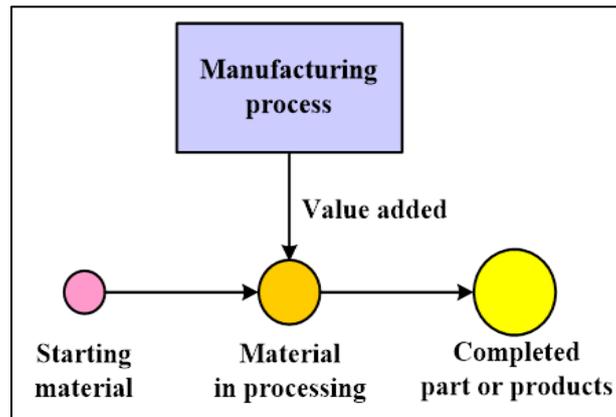


**Gambar 7.1. Manufaktur Sebagai Suatu Proses Teknologi**

**2) Manufaktur Sebagai Suatu Proses Ekonomik**

Manufaktur adalah proses pengolahan material dasar menjadi material akhir yang memiliki nilai tambah (*value added*) dengan satu atau lebih operasi proses dan/atau perakitan, dengan beberapa contoh, antara lain: Pasir dirubah menjadi

gelas, Biji besi dirubah menjadi baja, Plastik dibentuk menjadi suatu produk, dsb. Gambar 7.2 memperlihatkan manufaktur sebagai suatu proses ekonomik.



**Gambar 7.2. Manufaktur Sebagai Suatu Proses Ekonomi**

## 7.2. Industri Manufaktur

Industri terdiri dari perusahaan dan organisasi yang menghasilkan atau mensuplai barang-barang dan jasa. Industri dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1) Industri primer

Industri yang mengolah dan memanfaatkan sumber daya alam seperti pertanian, perikanan, pertambangan, dll. Beberapa bidang klasifikasi industri primer, antara lain:

- a) Pertanian
- b) Kehutanan
- c) Perikanan
- d) Pertambangan
- e) Perminyakan, dll.

### 2) Industri sekunder

Industri yang mengolah hasil dari industri primer menjadi barang-barang konsumsi (*consumer goods*) dan barang-barang dasar (*capital goods*). Kegiatan utama pada industri sekunder ini adalah manufaktur, termasuk keperluan konstruksi dan daya. Beberapa bidang klasifikasi industri sekunder, antara lain:

- a) Logam dasar
- b) Otomotif
- c) Bahan bangunan
- d) Komputer
- e) Elektronik, dll.

### 3) Industri tersier

Industri yang bergerak dalam sektor pelayanan perekonomian, seperti perbankan, asuransi, hotel, dll. Beberapa bidang klasifikasi industri tersier, antara lain:

- a) Perbankan
- b) Komunikasi
- c) Pendidikan

- d) Hotel
- e) Asuransi, dll.

Industri manufaktur merupakan salah satu dari industri yang termasuk dalam klasifikasi industri sekunder. Terdapat 2 (dua) klasifikasi dalam industri manufaktur, yaitu:

### 1) Industri proses

Meliputi industri kimia, farmasi, petroleum, logam dasar, makanan, sayur-sayuran, pembangkit tenaga listrik.

### 2) Industri produk diskrit

Atau *discrete product industries*, yang meliputi otomotif, pesawat terbang, peralatan, komputer, permesinan, dan komponen-komponen (*part*) yang akan dirakit.

Untuk operasi produksi yang terdapat dalam industri, dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

#### a) Produksi kontiniu (*continuous production*)

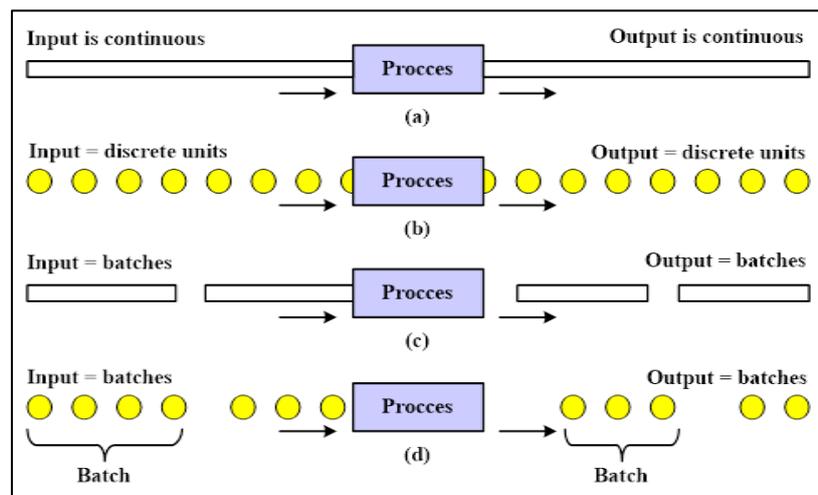
Dilakukan bila peralatan industri yang digunakan khusus hanya untuk produk yang dibuat, dan keluaran produknya dihasilkan tanpa interupsi (*continue*).

#### b) Produksi kelompok (*batch production*)

Dilakukan bila material diproses dalam takaran atau jumlah tertentu, dimana diperlukan interupsi diantara *batch* dengan *batch* berikutnya.

Jika operasi produksi yang terdapat dalam industri digabungkan dengan klasifikasi industri manufaktur, maka akan terbentuk 4 (empat) operasi produksi seperti pada Gambar 7.3, antara lain:

- 1) Produksi *continue* dalam industri proses (Gambar 7.3.a)
- 2) Produksi *continue* dalam industri produk *discrete* (Gambar 7.3.b)
- 3) Produksi kelompok (*batch*) dalam industri proses (Gambar 7.3.c)
- 4) Produksi kelompok (*batch*) dalam industri produk *discrete* (Gambar 7.3.d)



**Gambar 7.3. Bentuk Gabungan Operasi Produksi Dengan Klasifikasi Industri Manufaktur**

Untuk produk akhir industri dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

**1) Consumer goods**

Adalah produk-produk yang dibeli langsung oleh konsumen dan digunakan untuk keperluan pribadi, seperti: mobil, komputer personal, televisi, radio, raket, dsb.

**2) Capital goods**

Adalah produk-produk yang dibeli langsung oleh perusahaan untuk menghasilkan barang-barang atau pelayanan, seperti: mesin perkakas, *main frame computer*, peralatan konstruksi, pesawat terbang, dsb.

**7.3. Kegiatan Utama Manufaktur**

Terdapat beberapa kegiatan utama yang harus dilakukan untuk merubah material dasar menjadi suatu produk diskrit, yaitu:

**1) Operasi pemrosesan dan perakitan**

Operasi pemrosesan yaitu merubah benda kerja dari suatu bentuk ke bentuk yang lain mendekati bentuk akhir produk yang diinginkan, sehingga memiliki nilai tambah dengan merubah geometri, sifat-sifat, maupun penampilan benda kerja. Operasi pemrosesan terbagi atas 3 kelompok, yaitu:

**a) Proses pembentukkan (*shaping processes*), terbagi atas 4 kelompok, yaitu:**

- Penuangan dan pencetakan
- Pemrosesan partikel/metalurgi serbuk
- Proses deformasi
- Proses pelepasan material

**b) Proses untuk memperbaiki sifat-sifat (*property enhancing processes*), yaitu suatu proses untuk memperbaiki sifat mekanik atau fisik suatu benda kerja, dikenal sebagai proses perlakuan panas (*heat treatment*).**

**c) Operasi pemrosesan permukaan (*surface processing operations*), terdiri dari 3 (tiga) jenis, yaitu:**

- **Pembersihan (*cleaning*)**, dengan proses kimia atau proses mekanik untuk membersihkan kotoran, minyak, atau kotoran lain dari permukaan.
- **Perlakuan permukaan (*surface treatment*)**, yaitu untuk memperbaiki sifat mekanik dengan mengeraskan bagian permukaan benda kerja.
- **Proses pelapisan dan deposisi film (*coating and film deposition*)**, proses dengan menambahkan lapisan atau mendeposisikan unsur pelapis pada permukaan benda kerja untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki penampilan.

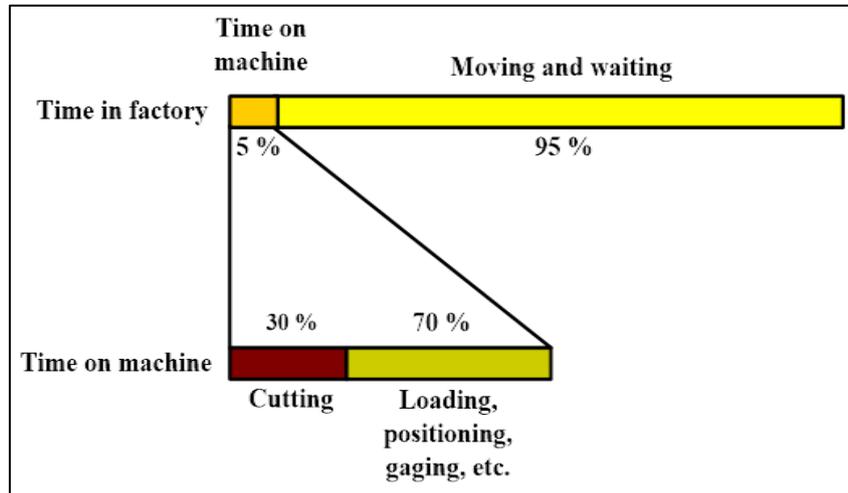
Untuk operasi perakitan terbagi atas 2 kelompok, yaitu:

**a) Proses penyambungan permanen**, seperti: pengelasan, *brasing* dan penyolderan, serta *adhesive bonding*.

**b) Proses penyambungan mekanik**, seperti: pengencangan dengan ulir (sekrup, mur, baut), pengencangan permanen (*rivet, press fitting*).

## 2) Penanganan material (*material handling*)

Penanganan material membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan waktu pemrosesan. Penanganan material merupakan sumber sebagian besar biaya tenaga kerja. Sehingga perlu dikendalikan agar dapat dilaksanakan seefisien mungkin. Gambar 7.4 memperlihatkan persentase kegiatan penanganan material pada waktu dalam pabrik dan mesin.



**Gambar 7.4. Persentase Kegiatan Penanganan Material**

## 3) Inspeksi dan pengujian

Inspeksi merupakan kegiatan pengendalian mutu. Tujuan dari inspeksi adalah untuk mengetahui apakah produk manufaktur tersebut sudah sesuai dengan standar desain dan spesifikasi. Sedangkan pengujian pada umumnya dilakukan untuk mengetahui fungsi dari produk akhir.

## 4) Koordinasi dan pengendalian

Kegiatan koordinasi dan pengendalian meliputi level proses dan level manajemen pabrik. Pengendalian pada level proses meliputi pencapaian tujuan-tujuan kinerja proses. Sedangkan pengendalian pada level manajemen pabrik meliputi keefektifan pemakaian tenaga kerja, pemeliharaan peralatan, penanganan material, pengendalian inventaris, skedul pengapalan produk, dan biaya pengoperasian pabrik.

## 7.4. Performansi Sistem Manufaktur

Kinerja (performansi) dair sistem manufaktur dapat diketahui melalui beberapa ukuran, antara lain:

- 1) *Manufacturing Lead Time* (MLT)
- 2) *Work in process*
- 3) *Machine utilization*
- 4) *Throughput*
- 5) *Capacity*
- 6) *Flexibility*
- 7) *Performability*
- 8) *Quality*

### **Manufacturing Lead Time (MLT)**

Waktu Total Manufaktur atau *Manufacturing Lead Time* (MLT) adalah waktu total yang dibutuhkan untuk memproses suatu *part* atau produk dalam pabrik. Produksi pada umumnya terdiri dari satu seri pekerjaan pemrosesan secara individu dan operasi perakitan. Diantara operasi-operasi tersebut terdapat kegiatan non-produktif seperti penanganan material, penyimpanan, inspeksi, dll.

Waktu Total Manufaktur atau *Manufacturing Lead Time* (MLT) terbagi dalam 2 jenis kegiatan utama, yaitu:

- 1) **Elemen-elemen operasi**, meliputi semua kegiatan pada saat benda kerja berada pada mesin.
- 2) **Elemen-elemen non-operasi**, meliputi penanganan material, penyimpanan, inspeksi, dan sumber keterlambatan lain ketika benda kerja tidak berada pada mesin.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan Waktu Total Manufaktur atau *Manufacturing Lead Time* (MLT), yaitu:

$$MLT = \sum_{i=1}^{n_m} (T_{sui} + QT_{oi} + T_{noi})$$

Dimana:

- $MLT$  = waktu total manufaktur (min)
- $T_{sui}$  = waktu setup untuk operasi ke- $i$  (min)
- $Q$  = jumlah *part* atau produk yang akan diproses (pcs)
- $T_{oi}$  = waktu operasi untuk operasi ke- $i$  (min/pcs)
- $T_{noi}$  = waktu non-operasi yang terkait operasi ke- $i$  (min)
- $i$  = urutan operasi pemrosesan ( $i = 1, 2, 3, \dots, n_m$ )

Untuk menyederhanakan perhitungan, dianggap semua waktu *setup*, waktu operasi, dan waktu-waktu non-operasi adalah sama untuk mesin-mesin ( $n_m$ ) sehingga persamaan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$MLT = n_m \times (T_{su} + QT_o + T_{no})$$

Dimana:

- $MLT$  = waktu total manufaktur (min)
- $T_{su}$  = waktu setup (min)
- $Q$  = jumlah *part* atau produk yang akan diproses (pcs)
- $T_o$  = waktu operasi (min/pcs)
- $T_{no}$  = waktu non-operasi (min)

### **Contoh Soal MLT**

Suatu *part* diproduksi dalam ukuran *batch* 100 unit dan harus dikerjakan melalui 5 operasi untuk menyelesaikan pemrosesan. Waktu setup rata-rata adalah 3 jam/operasi, dan waktu operasi rata-rata per mesin adalah 6 menit (0,1 jam). Waktu non-operasi rata-rata karena penanganan, keterlambatan, inspeksi, dan sebagainya adalah 7 jam. Hitung berapa hari waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *batch* tersebut bila dianggap pabrik dioperasikan selama 8 jam kerja per hari.

**Jawaban**

Waktu Total Manufaktur adalah

$$MLT = n_m \times (T_{su} + QT_o + T_{no})$$

$$MLT = 5 \times (3 + \{100 \times 0,1\} + 7) = 100 \text{ jam}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *batch* adalah

$$= \frac{100}{8} = 12,5 \text{ hari}$$

**Laju Produksi (*Production Rate*)**

Laju produksi (*production rate*) pada proses manufaktur secara individu atau operasi perakitan pada umumnya dinyatakan dalam *part* atau produk per jam dengan simbol  $R_p$ . Laju produksi ditentukan untuk tiga jenis produksi, yaitu:

- 1) Produksi kecil (*job shop production*)
- 2) Produksi kelompok (*batch production*)
- 3) Produksi masal (*mass production*)

Persamaan untuk *batch production* adalah:

$$\frac{\text{Waktu Batch}}{\text{Mesin}} = T_{su} + QT_o$$

Harga  $Q$  menyatakan jumlah produk yang harus diproduksi, dan bila terdapat laju skrap yang cukup berarti (dinyatakan dengan  $q$ ), maka persamaan menjadi:

$$\frac{\text{Waktu Batch}}{\text{Mesin}} = T_{su} + \frac{QT_o}{(1 - q)}$$

Dengan membagi waktu *batch* dengan jumlah *batch*, maka akan diperoleh waktu produksi rata-rata ( $T_p$ ):

$$T_p = \frac{\text{Waktu Batch/Mesin}}{Q} = \frac{T_{su} + QT_o}{Q}$$

Laju produksi rata-rata adalah kebalikan dari waktu produksi rata-rata, yaitu:

$$R_p = \frac{1}{T_p}$$

Pada *job shop*, bila  $Q = 1$ , maka waktu produksi per unit adalah:

$$T_p = \frac{T_{su} + QT_o}{Q} = \frac{T_{su} + 1 \times T_o}{1} = T_{su} + T_o$$

Pada *mass production*, ukuran  $Q$  sangat besar sehingga persamaan dapat dituliskan:

$$T_p = \frac{T_{su} + QT_o}{Q} = \frac{T_{su}}{Q} + T_o = T_o$$

Dimana  $\frac{T_{su}}{Q}$  dapat diabaikan. Dengan demikian laju produksi sama dengan laju siklus  $R_c$  (kebalikan dari waktu operasi) setelah produksi dimulai, sehingga diperoleh persamaan:

$$R_p \rightarrow R_c = \frac{1}{T_o}$$

Waktu operasi ( $T_o$ ) adalah waktu selama benda kerja berada pada mesin, tetapi tidak semua waktu tersebut produktif. Waktu operasi untuk suatu operasi pemesinan terdiri dari tiga elemen, yaitu:

- 1) Waktu pemesinan sesungguhnya ( $T_m$ )
- 2) Waktu penanganan material ( $T_h$ )
- 3) Waktu penanganan perkakas ( $T_{th}$ )

Dengan demikian persamaan waktu operasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$T_o = T_m + T_h + T_{th}$$

### Contoh Soal Laju Produksi

Dalam suatu proses pembuatan *part* dibutuhkan waktu *setup* 3 jam. Untuk setiap *part* membutuhkan waktu pemesinan 2,5 menit, waktu penanganan material 3 menit, dan waktu penanganan perkakas 30 detik. Berapakah kenaikan laju produksi bila ukuran *batch* dinaikkan dari 50 menjadi 100 *part*.

#### Jawaban

Diketahui:

$$T_{su} = 3 \text{ jam}$$

$$T_m = 2,5 \text{ min/part}$$

$$T_h = 3 \text{ min/part}$$

$$T_{th} = 30 \text{ sec/part} = 0,5 \text{ min/part}$$

Sehingga waktu operasi per *part*:

$$T_o = T_m + T_h + T_{th}$$

$$T_o = 2,5 + 3 + 0,5 = 6 \text{ min/part} = 0,1 \text{ jam/part}$$

#### Batch 50 part

Waktu produksi:

$$T_p = \frac{T_{su}}{Q} + T_o = \frac{3}{50} + 0,1$$

$$T_p = 0,16 \text{ jam/part}$$

#### Batch 100 part

Waktu produksi:

$$T_p = \frac{T_{su}}{Q} + T_o = \frac{3}{100} + 0,1$$

$$T_p = 0,13 \text{ jam/part}$$

**Batch 50 part**

Maka laju produksi:

$$R_p = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{0,16}$$

$$R_p = 6,25 \text{ part/jam}$$

**Batch 100 part**

Maka laju produksi:

$$R_p = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{0,13}$$

$$R_p = 7,69 \text{ part/jam}$$

Maka kenaikan laju produksi:

$$= \frac{(7,69 - 6,25)}{6,25} \times 100\% = 23\%$$

**7.5. Strategi dan Dampak Otomasi**

Untuk mengetahui dampak dari strategi otomasi terhadap performansi manufaktur dapat dilihat pada Gambar 7.5.

Strategi otomasi	Dampak *)
1. Spesialisasi operasi	Mengurangi $T_o$
2. Operasi kombinasi	Mengurangi $n_m, T_b, T_{no}$
3. Operasi serentak	Mengurangi $n_m, T_o, T_b, T_{no}$
4. Integrasi operasi	Mengurangi $n_m, T_b, T_{no}$
5. Fleksibilitas ditingkatkan	Mengurangi $T_{sub}$ MLT, WIP, meningkatkan $U$
6. Penanganan material disempurnakan	Mengurangi $T_{sub}$ MLT, WIP
7. Pengawasan pada lini	Mengurangi $T_{no}, q$
8. Pengendalian proses dan optimisasi	Mengurangi $T_o, q$
9. Pengendalian operasi pabrik	Mengurangi $T_{no}$ MLT, meningkatkan $U$
10. Manufaktur terintegrasi komputer	Mengurangi MLT, waktu desain, waktu perencanaan produksi; meningkatkan $U$

\*)  $T_o$  = waktu operasi ( proses atau rakitan),  $T_{no}$  = waktu nonoperasi,  $T_b$  = waktu penanganan bendakerja,  $n_m$  = jumlah mesin yang dilewati part, MLT = waktu total manufaktur, WIP = benda kerja dalam proses (*wor-in-process*),  $q$  = laju sekrup atau laju kerusakan,  $U$  = utilisasi (pemanfaatan).

**Gambar 7.5. Strategi dan Dampak Otomasi****Forum**

Tuliskan judul jurnal yang terdapat pada link di pertemuan ini. Selain itu jika terdapat pertanyaan atau apapun yang terkait dengan materi ke-7 serta tugas pertemuan #7 (online #7) dapat juga dituliskan pada Forum ini.

### Link Jurnal

Untuk memahami materi ke-7 ini, silahkan baca jurnal yang terkait dengan pembahasan materi ke-7 yang dapat dilihat pada link berikut.

<https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/jurnaldms/article/viewFile/38/36>

### Kuis

Jawab pertanyaan berikut dengan memilih jawaban yang paling sesuai.

1. Yang **bukan** merupakan klasifikasi industri, adalah:
  - a. Manufaktur
  - b. Primer
  - c. Sekunder
  - d. Tersier
2. Yang merupakan klasifikasi industri manufaktur, adalah:
  - a. Industri proses
  - b. Industri produk
  - c. Industri produksi kontiniu
  - d. Industri produksi kelompok
3. Yang **bukan** merupakan kelompok operasi pemrosesan, adalah:
  - a. Perlakuan permukaan
  - b. Proses pembentukan
  - c. Proses untuk memperbaiki sifat-sifat
  - d. Operasi pemrosesan permukaan
4. Yang **bukan** merupakan strategi otomasi yang memiliki dampak untuk mengurangi  $T_o$ , adalah:
  - a. Pengendalian operasi pabrik
  - b. Pengendalian proses dan optimisasi
  - c. Operasi serentak
  - d. Spesialisasi operasi
5. Yang **bukan** merupakan elemen komponen waktu operasi permesinan, adalah:
  - a. Waktu *setup*
  - b. Waktu pemesinan sesungguhnya
  - c. Waktu penanganan material
  - d. Waktu penanganan perkakas

### Tugas

Jawablah pertanyaan dibawah ini yang bersumber dari modul dan jurnal yang saudara baca sebelumnya:

- 1) Judul dan lokasi dari penelitian tersebut.
- 2) Latar belakang dari penelitian tersebut.
- 3) Tujuan dari penelitian tersebut.
- 4) Metode yang digunakan pada penelitian tersebut.
- 5) Hasil dari penelitian tersebut.
- 6) Manfaat dari hasil penelitian tersebut.

**Daftar Pustaka**

- Asfahl C. R, 1995, Robot and Manufacturing Automation, Singapore, John Willey & Sons
- D. Bedworth, M. Hendeerson and P. Wolfe, 1991, Computer Integrated Design, McGraw-Hill
- Frank D. Petruzella, 1996, Industrial Electronics, McGraw-Hill
- Groover, Mikell P., 2001, Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, Second Edition, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Katsuhiko Ogata, 1995, Teknik Kontrol Automatik, Jakarta, Penerbit Erlangga
- Richard C. Dorf, Andrew Kusiak, 1994, Handbook of Design, Manufacturing and Automation, John Wiley & Soons Inc.
- T. C Chang, R Wysk and H. P Wang, 1998, Computer Aided Manufacturing Integrated Manufacturing, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Thomas O. Bouchery, 1996, Computer Automation in Manufacturing, Chapman & Hall