

TEKNOLOGI MANUFAKTURING – KONDISI DEWASA INI DAN PERKEMBANGANNYA DIMASA MENDATANG

OLEH :
MULJOWIDODO *

ABTRAK

Teknologi manufakturing merupakan jenis teknologi yang strategis dan berkembang dengan amat pesat dewasa ini. Berbagai proses manufakturing baik yang konvensional maupun jenis yang non-konvensional dibahas secara singkat dan sistematis dalam paper ini. Perkembangan dan kecenderungannya dimasa mendatang yang mengarah ke optimalisasi proses dan otomatisasi sistem manufakturing juga dibahas dibagian akhir dari paper ini.

1. PENDAHULUAN

Proses transformasi yang merubah bahan mentah atau bahan baku menjadi suatu produk yang mempunyai harga yang lebih tinggi dipasaran, disebut sebagai proses produksi.

Produk tersebut memperoleh nilai tambah (added value) akibat proses transformasi tersebut.

Industri yang bergerak dalam kegiatan proses produksi ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- industri Processing
- industri Manufakturing

Industri Processing adalah industri yang melakukan proses transformasi dengan hasil produk berupa bahan baku seperti sabun, besi dan baja, semen, makanan kalengan, tekstil dan sebagainya.

Sebaliknya Industri manufakturing adalah industri yang melakukan proses transformasi dengan hasil produk yang tertentu dan biasanya berupa produk akhir, seperti mobil, mesin perkakas, komputer, pesawat terbang dan sebagainya.

Pembahasan kita disini adalah khusus mengenai teknologi manufakturing yang merupakan teknologi pembuatan yang dilakukan oleh industri manufakturing.

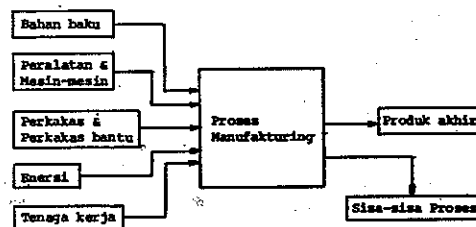
Selanjutnya apabila dilihat lebih jauh, teknologi manufakturing mencakup proses-proses pembuatan yang amat luas.

Sebagai contoh dapat disebutkan disini proses-proses pembuatan bahan-bahan plastik, karet, kulit, kayu, logam dan sebagainya, yang membutuhkan teknologi manufakturing yang berbeda-beda.

Fokus yang akan kita bicarakan disini adalah teknologi manufakturing yang terlibat dalam proses pembuatan khususnya barang-barang logam.

2. PROSES-PROSES MANUFAKTURING

Proses manufakturing secara sederhana dapat digambarkan dalam bentuk seperti yang diperlihatkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Proses Manufakturing.

Hasil dari proses manufakturing yang diinginkan adalah produk akhir, sedangkan sisa-sisa proses dapat berupa sisa-sisa pahat yang tidak dapat dipergunakan lagi, produk yang diafkir, geram (chip) hasil pemotongan dan sebagainya.

Secara umum, paling tidak proses manufakturing terdiri dari berbagai proses sebagai berikut:

- proses pembuatan
- proses perakitan
- proses pengukuran dan pengujian

Proses-proses pembuatan yang terutama digunakan untuk menghasilkan barang-barang dari logam dapat dibedakan atas :

- proses pengecoran
- proses penyambungan
- proses pembentukan
- proses pemotongan

Berbagai proses pengecoran telah kita ketahui bersama, baik untuk logam besi dan baja maupun untuk logam bukan besi dan baja.

Demikian juga dengan proses penyambungan, termasuk diantaranya proses pengelasan, solder atau patri, brazing ataupun proses-proses penyambungan lainnya seperti sambungan kerut (shrink fit), sambungan dengan lem, keling dan sebagainya telah kita kenal dengan baik.

Jenis-jenis proses pembentukan secara garis besar, dapat dilihat pada Tabel 1

Proses pemotongan logam, secara umum dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- proses pemotongan konvensional
- proses pemotongan non-konvensional.

Jenis-jenis proses pemotongan konvensional secara garis besar dapat dilihat pada *Tabel 2*, sedangkan jenis-jenis pemotongan non-konvensional secara umum dapat dilihat pada *Gambar 2*.

Tabel 1. Jenis Proses pembentukan logam

1. Forging	12. Stretch forming
2. Extruding	13. Coining
3. Rolling	14. Embossing
4. Drawing	15. Roll Forming
5. Squeezing	16. Explosive Forming
6. Crushing	17. Electro Hydraulic Forming
7. Piercing	18. Magnetic Forming
8. Swaging	19. Powder Metal Forming
9. Bending	20. Shot Peening
10. Shearing	
11. Spinning	

Tabel 2. Jenis proses pemotongan logam konvensional

1. Turning	7. Sawing
2. Planing	8. Broaching
3. Shaping	9. Milling
4. Drilling	10. Grinding
5. Boring	11. Gear Making
6. Reaming	12. Thread Making

Penjelasan lebih lanjut mengenai proses-proses diatas dapat dilihat pada *Referensi 1*.

Khusus untuk proses-proses pemotongan logam non-konvensional, keterangan yang lebih lengkap dapat dilihat pada *Referensi 2, 3 dan 4*.

Proses perakitan serta proses pengukuran dan pengujian yang merupakan bagian dari proses manufacturing akan berbeda untuk satu jenis produk dibandingkan dengan produk lainnya, sehingga tidak mungkin untuk dibahas secara menyeluruh disini.

3. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI MANUFAKTURING.

Kemajuan yang amat pesat dibidang teknologi manufacturing terutama disebabkan oleh peningkatan dua faktor penting, yaitu :

- produktivitas
- fleksibilitas

Berikut ini, akan kita bahas hal-hal utama yang menyebabkan peningkatan dari masing-masing faktor diatas.

3.1. Peningkatan produktivitas.

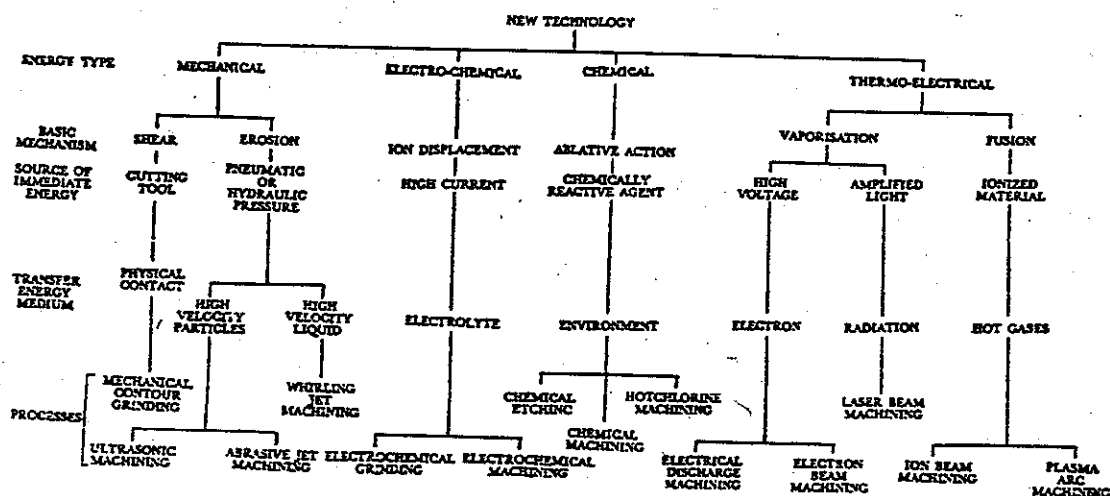
Beberapa hal penting yang menyebabkan peningkatan produktivitas adalah :

- perbaikan konstruksi mesin perkakas
- penemuan jenis material pahat baru
- pengembangan dan penyempurnaan proses-proses non-konvensional yang terbukti dapat digunakan dengan baik.
- otomatisasi sistem produksi.

Perbaikan konstruksi yang dilakukan pada bagian-bagian utama dari suatu mesin perkakas, mengakibatkan naiknya produktivitas dari mesin tersebut secara menyeluruh.

Perbaikan-perbaikan tersebut terutama pada konstruksi bed mesin bubut, kolom mesin freis & boring, head stock, dan spindel, yang dibuat lebih kokoh dan kaku.

Penemuan jenis pahat baru mengakibatkan naiknya kecepatan potong, gaya-gaya pemotongan



Gambar 2. Proses pemotongan logam non-konvensional

dan umur pahat sehingga secara langsung menaikkan produktivitas. Sebagai konsekuensinya maka konstruksi mesin-mesin perkakas yang baru terpaksa harus dimodifikasi guna memungkinkan kondisi pemotongan yang diminta oleh pahat potong tersebut.

Pengembangan dan penyempurnaan proses-proses non-konvensional memperlihatkan prospek yang baik, karena dapat bersaing dengan proses-proses konvensional atau membuka proses manufaktur baru, yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan oleh proses-proses konvensional. Perkembangan yang pesat terutama diperlihatkan oleh proses-proses :

- EDM Wire cutting
- EDM Sinking yang dilengkapi dengan Coordinate Table dan Electrode Changer.
- EBM (Electron Beam Machining)
- LBM (Later Beam Machining)
- ECM (Electro-Chemical Machining)

Salah satu faktor-faktor pendorong utama yang membuat proses-proses diatas makin kompetitif adalah karena digunakannya sistem pengaturan yang modern pada mesin-mesin tersebut sebagai akibat dari pesatnya kemajuan bidang CNC Systems khususnya dan control system pada umumnya. Otomatisasi proses manufaktur yang menyebabkan naiknya produktivitas, dapat dibedakan atas dua cara yang berbeda, yaitu :

- Otomatisasi secara mekanis yang cenderung digunakan untuk memproduksi barang-barang secara massal.
- Otomatisasi secara elektronis yang cenderung menggunakan komputer sebagai sistem pengaturannya.

Contoh yang paling populer dari mesin-mesin otomatis jenis pertama adalah mesin bubut otomatis (*Gambar 3*) dan Transfer Line (*Gambar 4*). Sedangkan contoh dari mesin-mesin otomatis jenis kedua, dapat diwakili oleh CNC Machining Center (*Gambar 5*) dan Automated Factory (*Gambar 6*).

3.2. Peningkatan Flexibilitas.

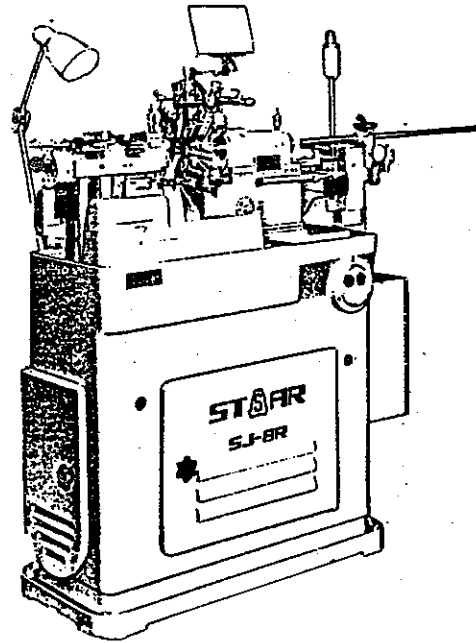
Ada tiga hal yang terutama mendorong peningkatan flexibilitas dari suatu sistem manufaktur, yaitu :

- Terutama dari konsumen atas produk-produk yang terus menerus secara cepat harus diganti dengan produk-produk sejenis yang lebih baru dan lebih baik.
- Besarnya variasi dari produk sejenis yang harus dibuat akibat selera konsumen yang berbeda-beda.
- Rendahnya jumlah masing-masing komponen sejenis yang harus dibuat, sehingga tidak mungkin secara ekonomis dapat

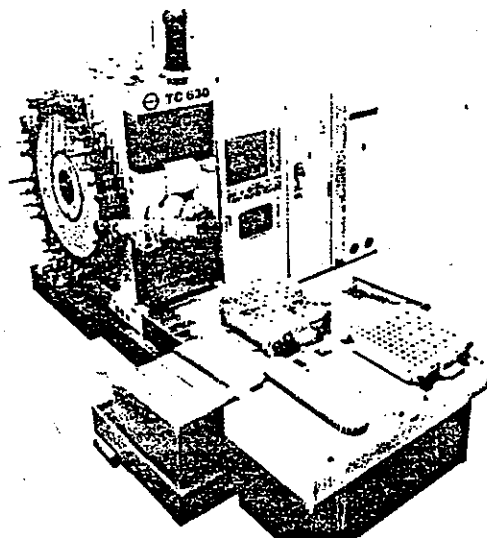
diproses pada suatu jalur manufacturing yang tetap (fixed manufacturing line), seperti transfer line atau mesin spesial yang otomatis.

Peningkatan flexibilitas ini terutama dimungkinkan oleh karena tersedianya unit pengatur yang flexible, yang bekerja berdasarkan pada rangkaian elektronika digital pada umumnya dan perangkat komputer pada khususnya.

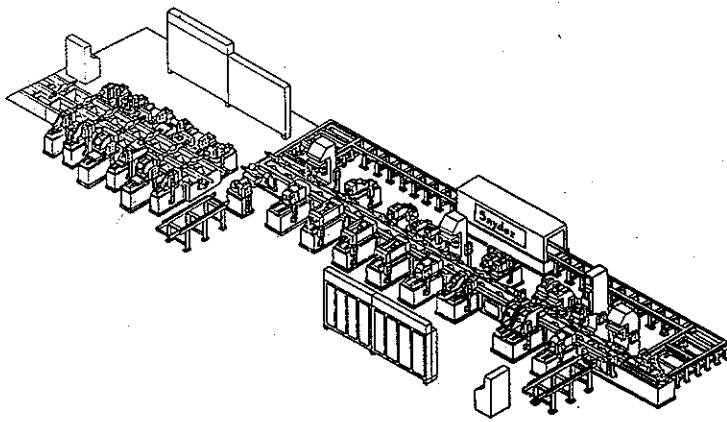
Flexibilitas dari sistem manufaktur ini dapat dilihat pada jenis mesin-mesin baru seperti mesin-mesin NC, (Numerical Control), CNC (Computer Numerical Control) FMS (Flexible Manufacturing System) dan sebagainya yang akan kita bahas berikut ini.



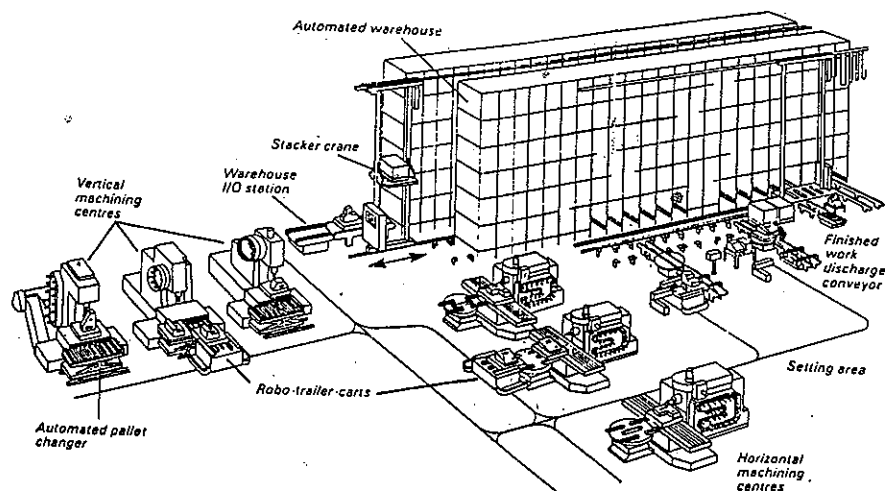
Gambar 3. Swiss-type Automatic Lathe.



Gambar 5. CNC machining center.



Gambar 4. Transfer-line untuk membuat rumah gardan (axle housing) truck.



Gambar 6. Automated Factory.

3.3. Tinjauan beberapa jenis perangkat manufaktur yang telah digunakan dewasa ini.

- Mesin perkakas yang standard, didalam pengoperasiannya, produktivitas serta fleksibilitasnya akan sangat tergantung pada kemampuan dan ketrampilan operator yang menanganinya.
Mesin perkakas ini sangat cocok digunakan apabila variasi produk yang akan dibuat cukup besar, sedangkan jumlah produknya kecil.
- Mesin perkakas spesial yang otomatis seperti mesin bubut yang diberi tambahan copying unit, dan swiss-type automatic lathe, merupakan hasil usaha untuk menaikkan produktivitas dengan menurunkan fleksibilitas, dan mengurangi ketergantungan kualitas produk dari ketrampilan operatornya.
- Transfer-line, merupakan suatu perangkat manufaktur yang otomatis dan terpadu, terdiri dari beberapa "work station" yang disusun khusus untuk membuat satu jenis komponen

atau produk. Sama halnya dengan mesin spesial yang otomatis seperti diatas, transfer-line ini mengejar produktivitas dengan mengorbankan fleksibilitasnya, hanya bedanya disini transfer line memproses produk-produk atau komponen-komponen yang lebih besar dan rumit dibandingkan dengan mesin-mesin spesial.

- Mesin Perkakas NC, merupakan mesin perkakas yang dapat dijalankan oleh perintah-perintah diberikan dalam bentuk informasi yang terdiri dari kode-kode tertentu, yang dapat dipersiapkan terlebih dahulu.

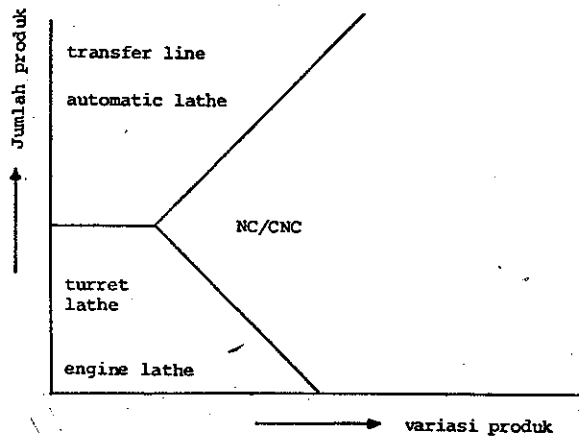
Perintah-perintah tersebut dapat dirubah-rubah dengan mudah, dan dapat diulang diperlukan kembali.

Dengan demikian maka kualitas dari produk yang dibuat tidak akan tergantung lagi dan operator yang menjalankan, serta dapat diperoleh kualitas dan dimensi produk yang konsisten.

- Mesin Perkakas CNC, mempunyai kemampuan

yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin perkakas NC, serta cara pengoperasiannya yang lebih mudah, yang diakibatkan oleh penggunaan komputer didalam unit pengaturnya.

Kita lihat sementara ini, perbandingan fleksibilitas dari berbagai jenis mesin perkakas seperti yang diperlihatkan pada *Gambar 7*.



Gambar 7. Penggunaan mesin yang tepat dilihat dari jenis dan jumlah produk yang dibuat.

Dalam Gambar 7 dapat dilihat posisi dari mesin-mesin perkakas NC dan CNC yang paling tepat digunakan untuk membuat produk dengan variasi bentuk yang cukup banyak, dan jumlah produk yang tidak terlalu besar.

Dapat pula dilihat disini fleksibilitas dari mesin-mesin NC/CNC yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin-mesin spesial yang otomatis.

Salah satu kecenderungan dari arah pengembangan mesin-mesin CNC adalah dipersiapkannya mesin-mesin CNC tadi agar dapat diintegrasikan kedalam suatu sistem manufaktur yang lebih besar, seperti FMS dan automated factory.

Dalam hal ini maka mesin-mesin CNC tersebut akan dilengkapi lebih lanjut dengan peralatan-peralatan ATC (Automatic tool changer), APC (automatic pallet changer) serta perangkat material handling otomatis yang dapat dikontrol oleh suatu komputer utama (host computer) dari sistem manufaktur terpadu. Konfigurasi ini kemudian disebut sebagai suatu manufaktur cell. Suatu elemen paling dasar dari sistem manufaktur terpadu tersebut

- FMS merupakan suatu bentuk gabungan dari beberapa manufacturing cell yang terpadu, dan disusun agar dapat melakukan tugas tertentu dengan cukup fleksibel Termasuk didalam sistem tersebut transportasi material dan perkakas secara otomatis dan terpadu. Seperti telah disinggung didepan, proses-proses

manufakturing yang dapat dilakukan oleh suatu FMS, tidak terbatas hanya pada proses pembuatan/machining saja, akan tetapi dapat pula disusun suatu FMS yang melaksanakan proses-proses perakitan, pengukuran, pengujian dan sebagainya.

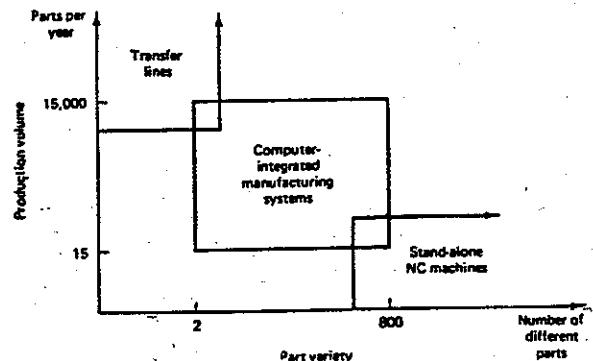
- Definisi serta nama dari suatu sistem manufakturing yang dikembangkan lebih lanjut dan merangkum aspek-aspek lain dari proses produksi masih belum jelas. Dapat ditemui bermacam-macam sebutan seperti CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), VMM (variable Mission Manufacturing), CM (Computerized manufacturing) CIMS (Computer Integrated Manufacturing Systems) dan sebagainya.

Salah satu nama dan definisi yang sementara ini dapat kita gunakan adalah CIMS, yang didefinisikan sebagai suatu perangkat manufakturing yang direncanakan dan disusun secara khusus, untuk melaksanakan suatu kegiatan manufakturing tertentu yang fleksibel. CIMS ini berada ditengah-tengah antara mesin-mesin transfer-line dan mesin-mesin CNC individu, seperti yang diperlihatkan pada *Gambar 8*. CIMS dapat dibedakan lagi menjadi tiga jenis perangkat manufakturing yaitu :

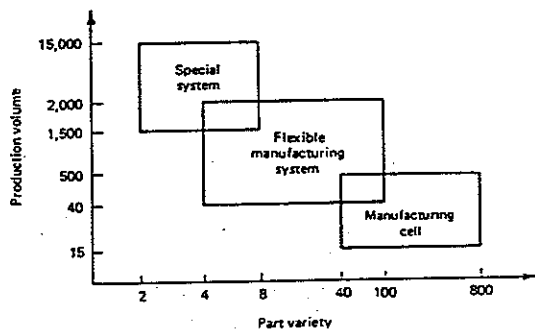
- Perangkat manufakturing yang spesial, dan sering juga disebut sebagai FML (Flexible Manufacturing Line).
- FMS (Flexible Manufacturing System)
- Manufacturing Cell.

dimana daerah penggunaannya masing-masing dapat dilihat pada *Gambar 9*.

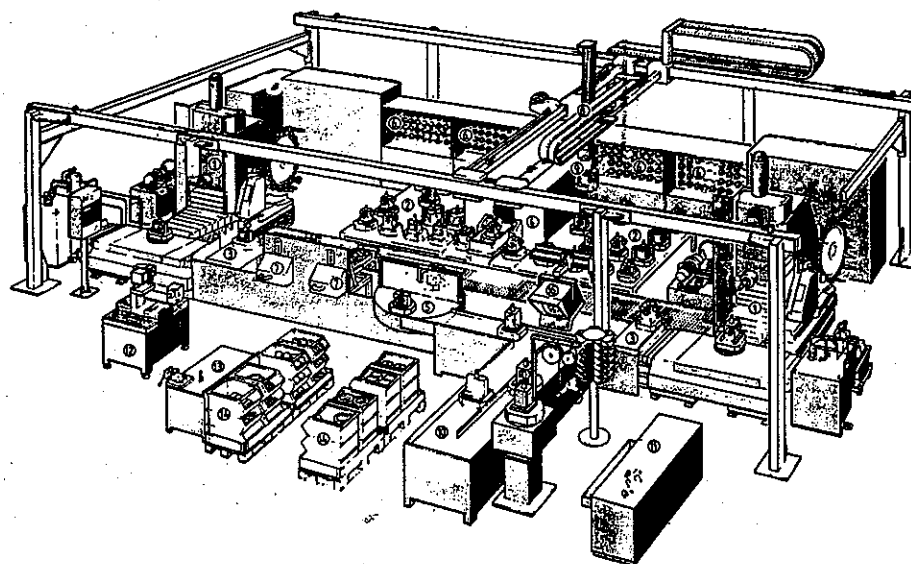
Contoh dari Manufacturing Cell diperlihatkan pada *Gambar 10*, sedangkan contoh dari suatu FMS diberikan pada *Gambar 11*.



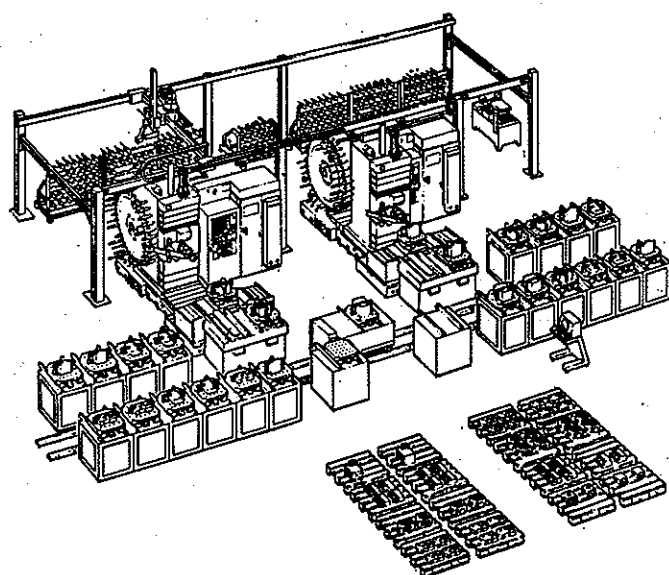
Gambar 8. Daerah penggunaan CIMS.



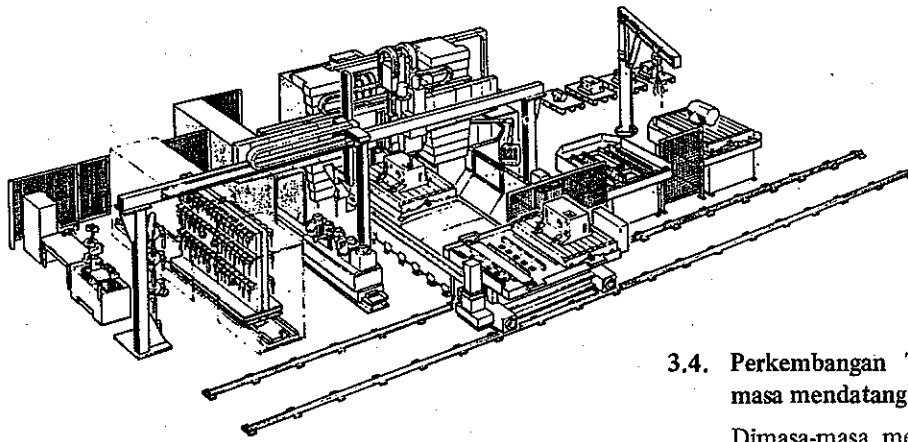
Gambar 9. Daerah penggunaan dari 3 jenis CIMS.



Gambar 10. Duplex Manufacturing Cell.



Gambar 11a. Contoh FMS I



Gambar 11.b. Contoh FMS II

- Perangkat manufaktur yang paling mutakhir adalah apa yang sementara ini didefinisikan sebagai AF (Automated Factory). Didalam AF ini, dirangkum didalamnya kegiatan-kegiatan manufaktur yang cukup lengkap, yaitu :
 - proses pemeriksaan kualitas barang dan komponen yang masuk.
 - proses pembuatan
 - proses perakitan
 - proses pengujian dan pemeriksaan
 - proses pengepakan

Termasuk pula didalam AF tersebut, perangkat transportasi dan material handling yang otomatis, segala macam storage baik untuk bahan baku, komponen setengah jadi maupun produk yang telah jadi secara otomatis dan terpadu.

Contoh dari AF ini adalah Manufacturing Plant dari Fanuc yang diperlihatkan pada Gambar 12.

3.4. Perkembangan Teknologi Manufaktur di masa mendatang.

Dimasa-masa mendatang, perkembangan teknologi manufaktur dapat dilihat menuju ke 2 aspek yang berbeda, yaitu .

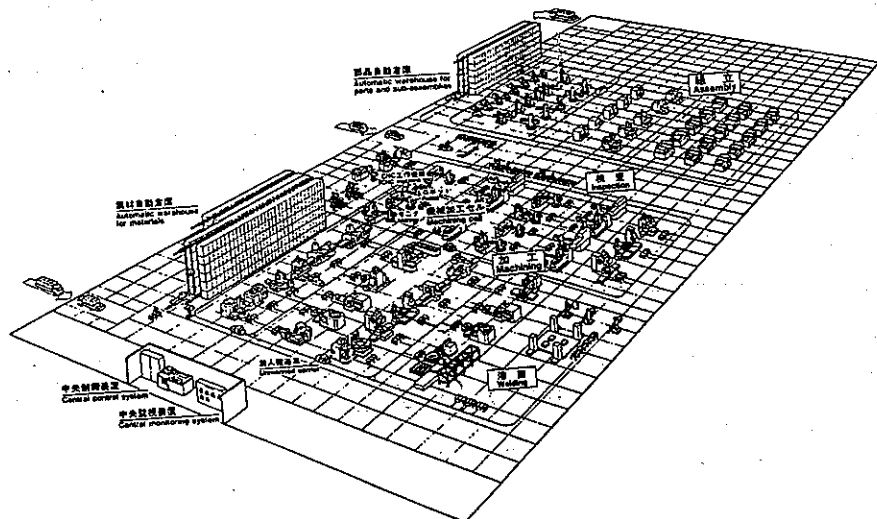
- Optimalisasi dari proses manufaktur
- Otomatisasi dari sistem manufaktur

Optimalisasi dari proses manufaktur akan meningkatkan kemampuan perangkat manufaktur secara individu, dan terutama akan bergerak di-bidang.

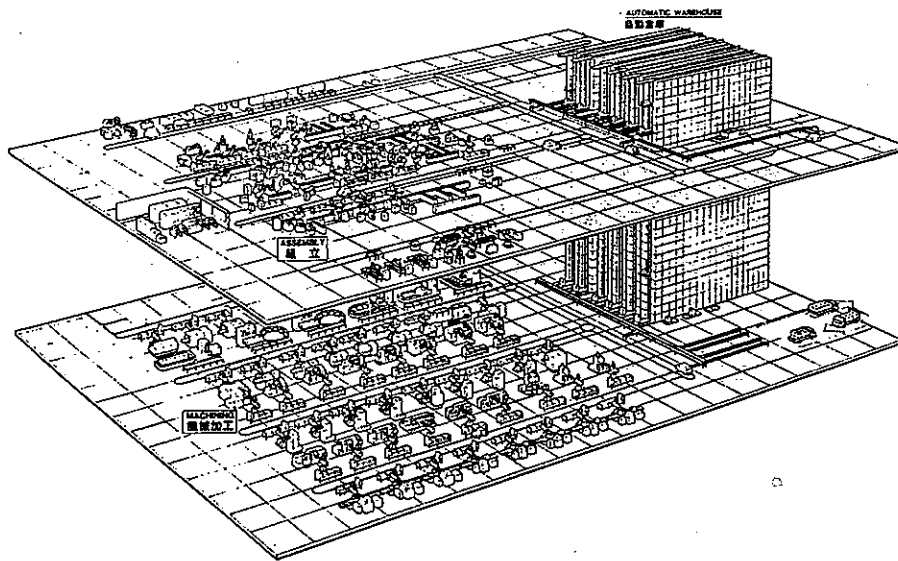
- penyempurnaan proses-proses non konvensional
- penemuan material-material baru baik untuk perkakas maupun untuk konstruksi-konstruksi dari perangkat manufaktur.
- penyempurnaan konstruksi dari perangkat manufaktur.
- penyempurnaan perangkat adaptive control dan perangkat proses monitoring.

Sedangkan otomatisasi dari sistem manufaktur akan makin mencakup seluruh tahapan proses dan kegiatan manufaktur, yang ditandai dengan penggunaan perangkat komputer yang makin besar kapasitasnya.

Adapun bidang-bidang yang dikembangkan terutama adalah .



Gambar 12a. Automated Factory I



Gambar 12b. Automated Factory II

- CAD yang makin canggih dan terintegrasi secara lebih lanjut dengan sistem CAM.
- Integrasi dari seluruh sistem manufaktur yang meliputi kegiatan-kegiatan:
 - Computer Aided Design
 - Computer Aided Process Planning
 - Computer Inventory Management
 - Computer Aided Testing & Injection
 - Computer Aided Manufacturing
- Pengembangan software yang makin besar kemampuannya dan dapat terintegrasi keseluruhan sistem produksi.
- Implementasi dari Artificial Intelligent dan Expert System didalam sistem manufaktur.

Secara keseluruhan otomatisasi sistem manufaktur akan menuju kearah Computer Integrated Manufacturing Plant dimana seluruh kegiatan yang ada didalamnya, mulai dari tahapan perencanaan produk, proses pembuatan, perakitan, pemeriksaan dan pengujian hasil produksi, akan diatur dan diawasi oleh komputer, serta dilaksanakan oleh robot-robot industri dan sistem pengatur yang berintelegensia.

4. PENUTUP.

Industri manufaktur mempunyai posisi yang sangat strategis di dalam kegiatan perekonomian suatu negara industri maju. Persiapan pembangunan Indonesia menuju lepas landas ke arah industrialisasi, perlu memperhatikan dengan seksama sektor industri yang strategis ini. Perkembangan teknologi manufaktur yang sangat pesat dewasa ini akan membuat pihak-pihak yang tertinggal dibelakang menjadi kuno dan tidak kompetitif.

Pesatnya kemajuan Jepang dibidang ini, serta keberhasilannya mendobrak dominasi negara-negara industri kuat seperti Amerika Serikat dan Jerman Barat perlu kita renungkan dan kita simak baik-baik. Peranan berbagai pihak seperti pusat-pusat penelitian pemerintah, lembaga-lembaga pendidikan tinggi dan kalangan industri sendiri, serta strategi kerja sama yang efektif turut menunjang keberhasilan memajukan teknologi manufaktur tersebut.

Dikalangan Universitas di Indonesia sendiri, hingga saat ini baru ITB yang telah berusaha mengikuti kemajuan dibidang teknologi manufaktur tersebut, Itupun dengan kondisi serta jumlah staff yang sangat minim.

Dinegara lain, puluhan Universitas dilibatkan didalam penelitian dan pengembangan dibidang ini, bersama-sama dengan sejumlah besar peneliti dan kalangan industri sendiri. Ratusan peneliti yang 100% waktunya dicurahkan khusus untuk penelitian di punyai oleh masing-masing industri, dan Universitas-universitas, dibandingkan dengan 10 orang staff di ITB dengan hanya 20% konsentrasi atau malah kurang, akibat beban-beban tugas lainnya yang tidak bisa dihindari.

Sebagai akhir kata, kita dapat melihat bahwa suatu tindakan untuk mengejar ketinggalan ini rasanya sudah perlu untuk dipikirkan bersama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manufacturing Processes --
B.H. Amstead
Phillip F. Ostwald
Myron L. Begeman --
Willey & Sons -- 1977.
2. New Technology --
Prof. Dr. Amitabha Btattacharyya
The Institution of Engineers (India) -- 1977

3. Non-traditional Machining Processes --
R.K. Springborn
ASTME -- 1967
4. Proses Pemmesinan Non-Konvensional
Komang Bagiasna
Sigit Yoewono
Diktat Kuliah-Jurusan Teknik Mesin-ITB-1985
5. Automation, Production Systems and Computer Aided Manufacturing
Mikell P. Groover
Prentice - Hall Inc. -- 1980
6. CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing --
Mikell P. Groover
emory W. Zimmers Jr
Prentice -- Hall Inc. -- 1984.
7. Manufacturing Systems Engineering --
K. Hitomi
Taylor & Francis Ltd, London -- 1979.
8. Numerical control and computer Aided Manufacturing --
Roger S. Press man
John E. Williams
John Wiley & Sons -- 1977.
9. Computer Control of Manufacturing Systems
Yoram Korem
Mc. Graw-Hill Cook Company-1983.
10. Numerical Control User's Handbook --
W. H. P. Leslie
Mc Graw-Hill Book Company--1970
11. Trends in the Development of Machine Tools
Prof. G. F. Micheletti
Seminar on Machine Tool Technology and Applications -- Bandung -- 1984.
12. Flexible Manufacturing System
Prof. J. Peters
Seminar on Machine Tool Technology and Applications -- Bandung 1984.
13. CNC Machine Tool in Indonesia, Problems and Prospect
S.H. Wirjomartono
Muljowidodo K
Seminar on Machine Tool Technology and Applications -- Bandung -- 1984.
14. Flexible Manufacturing System--Problems and Prospect for the Indonesia Automotive Industry
S. H. Wirjomartono
Taufiq Rochim;
International Pacific Conference on Automative Engineering -- Jakarta -- 1985.
15. Survei Flexible Manufacturing sistem dan persyaratan penggunaannya
S.H. Wirjomartono
Seminar pengembangan teknologi produksi dengan FMS untuk industri permesinan.
Departemen Perindustrian -- Jakarta -- 1985.
16. Introduction to Fanuc--Company Leaflet -- 1985.
17. Flexible Manufacturing Cell for Vertical 5 side machining of large parts.
Rolf Binder
Helmut Hammer
Fritz Warner & Hermann Kolb-information Brosur -- 1985
18. Expandable Flexible Manufacturing System for boring and Milling Operations.
H. Hammer
U. Heisel
Fritz Werner & Hermann Kolb-Information Brosur-1985.
19. New Flexible Duplex Cell for the automatic boring & milling machine operation
H. Genschow
H. Hammer
Fritz Werner & Hermann Kolb-Information Brosur-1985.