

KUALITAS TENAGA KERJA YANG DIPERLUKAN GUNA MENUNJANG SISTEM PRODUKSI (INDUSTRI PEMESINAN) MODERN

Oleh :
Taufik Rochim *)

ABSTRAK

Ketelitian, Ketepatan, Keluwesan, dan Produktivitas Mesin Perkakas NC tidak mungkin dapat dicapai tanpa menyiapkan faktor-faktor pendukungnya. Kesulitan utama dalam memenuhi tuntutan tersebut terletak pada penyiapan tenaga kerjanya. Untuk memperkirakan kualitas tenaga kerja yang dibutuhkan ditinjau suatu sistem Produksi dari Industri Pemesinan Modern. Dalam hal ini dipilih Industri Pemesinan karena industri ini mempunyai sistem produksi yang paling rumit dibandingkan dengan yang lain. Secara singkat ditinjau beberapa pengetahuan khusus yang harus dikuasai beserta tingkat penguasaannya sesuai dengan tugasnya. Beberapa saran diajukan demi untuk mencapai tujuan diatas.

Pendahuluan

Industri Pemesinan sebagai struktur industri yang berdiri sendiri atau sebagai sub struktur (bagian) dari industri lain (Industri Engineering, Pesawat Terbang, Kapal, Kendaraan Bermotor, Senjata dan lain-lain) menduduki peranan penting didalam rangka pembangunan dan pengembangan sektor industri suatu negara. Hal ini dapat dimaklumi karena sebagian besar (60% s/d 80%) ragam urutan proses pembuatan komponen mesin/peralatan adalah merupakan jenis Proses Pemesinan (Machining, Metal Cutting). Sebagai akibat dari persaingan yang semakin ketat Industri-industri yang menghasilkan barang kapital dan juga barang konsumen tersebut, berusaha untuk menaikkan kualitas dan sekaligus menurunkan ongkos pembuatannya. Untuk itu negara-negara maju, industri-industri ini telah mulai menggunakan mesin perkakas modern yaitu mesin perkakas dengan kontrol numerik (NC Machine Tools).

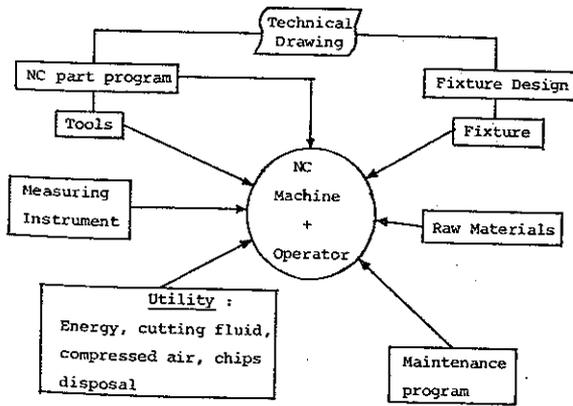
Mesin perkkas NC mampu menghasilkan produk yang *teliti* dan *tepat*, dan selain itu mesin tersebut juga bersifat *produktip* dan *fleksibel*. Ketelitian yang tinggi (accurate) dimungkinkan karena mesin perkakas NC dibuat dengan struktur yang lebih kaku (rigid) dengan gerakan pahat relatif terhadap benda kerja yang teliti sebagai akibat dari pemakaian komponen dan skala (alat ukur jarak, scale) dengan toleransi tinggi serta pemakaian sistem kontrol gerakan yang tertutup (closed loop control system). Ketepatan pemesinan (urutan proses dengan kondisi pemotongan tertentu) hampir selalu dapat dilakukan tanpa kesalahan karena programnya telah tertentu (program tersebut

dibuat dan disiapkan oleh programmer). Produktivitas Mesin Perkakas NC cukup tinggi, karena berbagai jenis pahat yang akan dipakai sesuai dengan urutan proses dapat dipersiapkan terlebih dahulu pada sistem pengganti pahatnya (ATC, Automatic Tool Changing System). Selain itu, suatu jenis mesin perkakas NC mungkin memiliki sistem pengganti benda kerja dengan menggunakan palet yang dilengkapi alat pemegang (APC, Automatic Pallet Changing System), sehingga operator dapat menyiapkan beberapa benda kerja (tidak selalu benda kerja dari jenis yang sama) pada palet-palet tersebut sementara mesin sedang sibuk menyelesaikan suatu produksi. Sesuai dengan kode yang ada pada palet mesin perkakas NC tersebut dapat mengetahui jenis pekerjaan yang akan dilakukan dan memilih program yang sesuai untuknya (beberapa program dapat disimpan pada memorynya). Dengan demikian fleksibilitas mesin tersebut cukup tinggi.

Beberapa keunggulan mesin perkakas NC di atas hanya bisa dicapai apabila sistem pendukungnya memadai. Gambar 1 menunjukkan sistem pendukung yang dimaksud. Berdasarkan gambar teknik programmer membuat program NC yaitu merupakan urutan langkah proses yang logis, efisien dan optimum. Selain itu kondisi pemotongan, berbagai jenis pahat yang tepat ditentukan juga oleh programmer dan bagian perkakas (Tools Crib) akan mempersiapkan pahat-pahat tersebut. Bagian peralatan merencanakan (bersama-sama programmer) dan membuat alat pemegang (fixture) yang cocok bagi benda kerja yang bersangkutan serta mesin perkakas NC yang dipilih. Beberapa jenis

*) Laboratorium Metrologi Jurusan Mesin ITB.

alat ukur diperlukan oleh operator mesin guna memastikan ketelitian produk selama proses pembuatan berlangsung. Selain bahan benda kerja yang telah disiapkan oleh bagian Gudang, beberapa hal yang lain yang perlu *disediakan* dan *dijaga kontinuitas* serta *keandalannya* oleh pabrik adalah energi, cairan pendingin (cutting fluid), udara tekan dan fasilitas pembuangan geram (chips disposal). Dan akhirnya dukungan dari suatu program maintenance yang baik amat diperlukan untuk menjamin kelangsungan pemakaian mesin yang bersangkutan.



Gambar 1. Sistem Pendukung Mesin Perkakas NC.

Karena tuntutan di atas, maka industri pemesinan modern harus memperbaiki dan menyesuaikan struktur organisasinya. Malahan dalam taraf yang lebih jauh lagi, beberapa industri di negara maju telah mulai mengarah pada sistem otomatisasi manajemen dan mesin yang terpadu dengan bantuan komputer sentral (Computer Integrated Manufacturing). Hal ini disebabkan antara lain untuk mengimbangi dan memanfaatkan ketelitian, ketepatan, produktivitas dan fleksibilitas yang tinggi dari mesin perkakas NC. Struktur organisasi yang demikian memerlukan tenaga kerja yang cocok dengan pengetahuan/penguasaan teknologi yang memadai.

Mesin perkakas NC telah mulai banyak digunakan di Indonesia (sekitar 107 buah, pada akhir tahun '83)¹ dan diperkirakan jumlah (dan jenis) mesin perkakas NC akan meningkat sekitar dua kalinya pada permulaan tahun '86. Jumlah tersebut akan meningkat terus, dan pada akhir abad ini mesin perkakas konvensional mungkin sudah *tidak dibuat lagi* (karena harga sistem kontrol NC akan semakin murah dan kemampuannya akan semakin meningkat). Dengan demikian negara-negara berkembang harus mempersiapkan diri untuk menggunakan mesin-mesin teknologi tinggi. Di Indonesia saat ini pemakaian mesin perkakas NC masih sangat jauh dari memuaskan. Pada umumnya industri-industri pemesinan kita masih cenderung untuk menganggap cukup dengan mempersiapkan operator mesinnya dengan cara training singkat

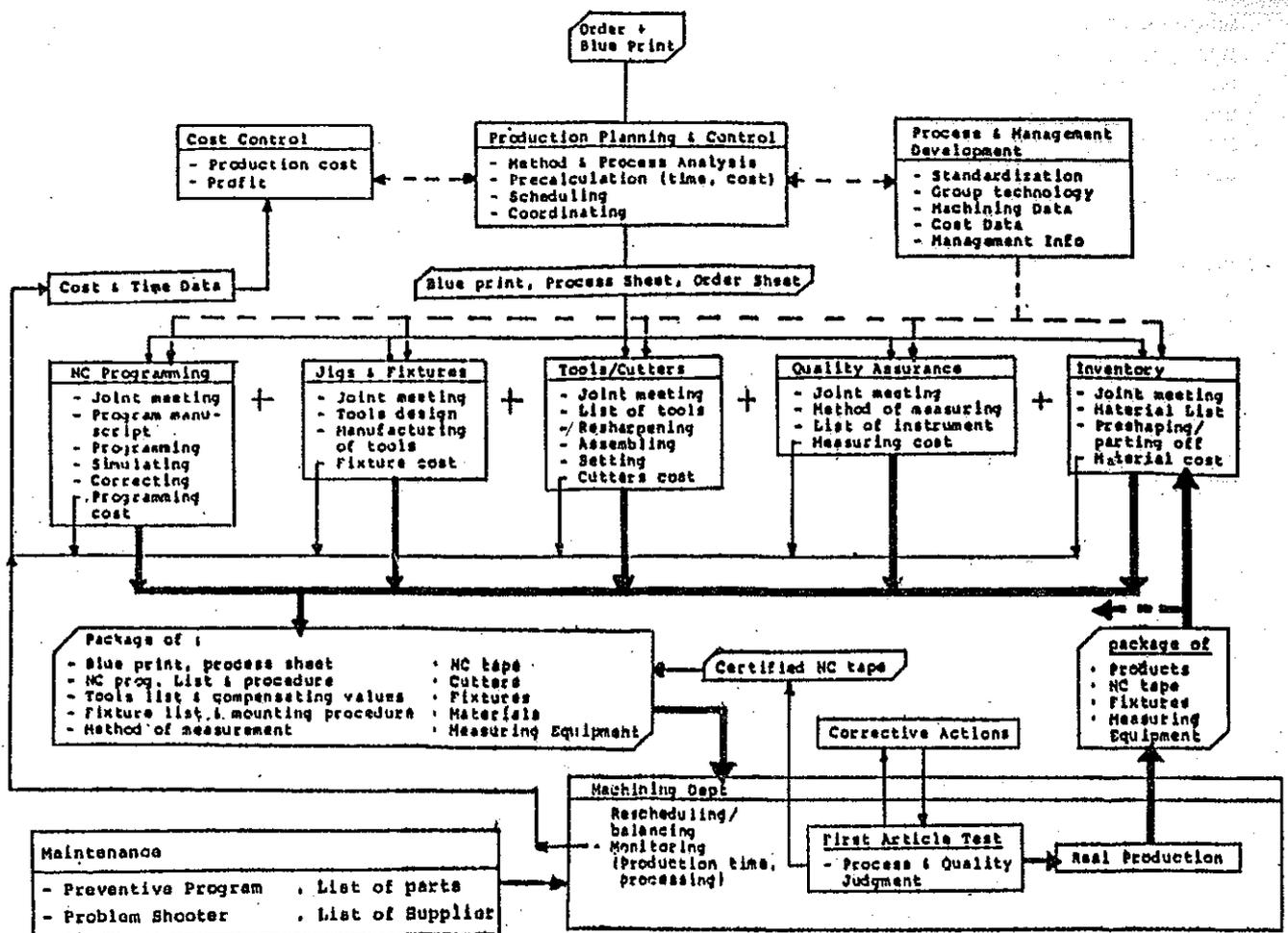
di pabrik pembuat mesin NC (atau agennya). Hal ini jelas akan menimbulkan kekecewaan, karena yang seharusnya dipersiapkan adalah seluruh struktur sistem pendukungnya. Usaha penyiapan tersebut memang tidak mudah karena menyangkut perangkat keras dan perangkat lunak terlebih lagi berkaitan dengan tenaga kerja/personil yang akan mengelolanya. Mempersiapkan tenaga kerja berarti menentukan pengetahuan (teknologi) yang harus dikuasai oleh masing-masing personil sesuai dengan tugasnya. Untuk itu perlu kiranya kita tinjau suatu sistem produksi yang kiranya cocok bagi industri pemesinan modern. Dengan membahas secara singkat sistem ini sebagaimana berikut akan terlihat tugas masing-masing personil sehingga dapat diperkirakan kualitas masing-masing tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem produksi yang dimaksud.

2. Sistem Produksi Industri Pemesinan Modern

Industri Pemesinan yang menggunakan mesin perkakas NC harus mampu memanfaatkan mesin yang teliti, tepat, produktif dan fleksibel tersebut dengan menganut cara kerja tertentu. Dalam hal ini sistem produksinya harus merupakan kesatuan berbagai elemen/bagian yang saling berhubungan (berinteraksi) yang direncanakan untuk melaksanakan fungsi tertentu secara kooperatif sehingga pekerjaannya (untuk masing-masing bagian dan secara keseluruhan) dapat diselesaikan dengan cepat, teliti, tetap dan teratur. Secara umum pekerjaan yang ditangani sistem tersebut dapat diterapkan sebagai berikut : lihat gambar 2.

Gambar teknik yang datang dari Bagian Perencanaan (Design) dipelajari oleh Bagian Perencanaan dan Kontrol Produksi (Production Planning & Control) Berdasarkan hasil analisa proses dan cara pembuatan komponen yang bersangkutan ditentukan perhitungan mula atas waktu dan ongkos pembuatannya. Selain itu ditentukan pula perkiraan waktu penyelesaian/jadwal bila order/pesanan tersebut akan dilaksanakan sebagai bahan laporan ke management perusahaan. Bila disetujui, dibuatkan suatu Lembar Instruksi kerja untuk Bagian-bagian NC Programming, Perkakas Bantu (Jigs & Fixture), Perkakas Potong (Tools/Cutter), Kontrol Kualitas (Quality Assurance) dan Penyimpan (Inventory). Kepala bagian-bagian ini bersama-sama membahas instruksi kerja yang bersangkutan guna menentukan jadwal serta orang-orang yang akan menangani dan menyelesaikan secara terperinci.

Programmer bekerja bersama-sama Fixture Designer untuk membuat NC part program serta alat bantu pemegang (Fixture) yang cocok bagi setiap langkah proses sesuai dengan ukuran bahan dan mesin NC yang digunakan. Dalam pembuatan program manuscript selain dari urutan pemrograman NC ditentukan pula jenis-jenis pahat/perkakas potong yang digunakan dan kondisi pemesinan yang



Gambar 2 Sistem Produksi Industri Pemesinan Modern

dipilih guna mencapai kondisi pemesinan yang optimum sesuai dengan tujuan (ongkos semurah mungkin atau produktivitas setinggi mungkin). Dalam hal ini penguasaan Teknologi Pemesinan dari programmer memegang peranan penting. Dengan bantuan komputer pemrogram, program NC dibuat dalam bahasa Manual (Manual Programming, Machine Code atau G-code) atau bahasa yang lebih maju seperti APT (Automatic Programming Tool). Sesuai dengan kecanggihan peralatan pemrogram yang digunakan, simulasi proses pemesinan mungkin dapat dilakukan, sehingga melalui layar monitor (graphic display) dapat dipastikan apakah langkah proses sudah benar dan tidak terjadi tabrakan (collitions). Program Listing dan punched tape dapat dikirimkan ke mesin perkakas NC yang dipilih untuk melaksanakan percobaan. Sementara itu bagian Perkakas Bantu membuat alat bantu pemegang (fixture) dengan memakai pemegang standar atau gabungan dari modul-modul yang telah distandarkan, atau perlu dibuat khusus sesuai dengan bentuk & ukuran benda kerja dan meja mesin perkakas NC. Bagian Perkakas Potong

menyiapkan berbagai jenis pahat yang akan digunakan sesuai dengan permintaan NC programmer. Pahat perlu diset terlebih dahulu, karena diameter maupun panjangnya harus sesuai dengan yang tertulis pada program NC. Apabila tidak mungkin dipenuhi maka dituliskan harga-harga kompensasinya supaya operator nantinya dapat memasukkan bersama-sama NC program kedalam memori mesin NC.

Bagian gudang menyiapkan bahan sesuai dengan jenis dan dimensi yang diminta (precutting/preshaping) dan Bagian Kontrol Kualitas menyiapkan alat ukur dan metoda pengukuran yang harus dilakukan operator mesin NC untuk mengecek satu atau beberapa elemen geometri produk yang dianggap-kritis (yang mudah keluar dari toleransi akibat keausan pahat atau perubahan karakteristik proses). Selain itu program pengontrolan kualitas yang lebih terperinci dibuat guna membantu petugas kontrol kualitas untuk melaksanakan tugasnya. Apabila ada, Mesin Ukur Koordinat (CMM, Koordinat Measuring Machine yang dilengkapi dengan komputer) dapat digunakan untuk mengecek

seluruh geometri produk satu persatu (100% inspection) secara cepat, tepat dan teliti. Pemakaian teknik Diagram Kontrol akan sangat membantu untuk mempelajari karakteristik proses yang selanjutnya dapat digunakan untuk memperbaiki desain dan cara pembuatan.

Test pertama perlu dilakukan (FAT, First Article Test, atau TTO, Tape Try-Out) yang dimaksudkan untuk mengetes kebenaran program NC dengan kondisi pemotongan yang digunakan maupun kebaikan dari sistem pemegang benda kerja. Meskipun simulasi proses telah dilakukan dengan menggunakan komputer, pengetesan dengan mesin NC dengan menggunakan pahat, benda kerja dan alat bantu pemegang yang sesungguhnya tetap harus dilakukan. Hal ini dilaksanakan untuk mengetahui apakah toleransi produk dapat dicapai dengan proses pembuatan seperti yang direncanakan. Dalam taraf ini dapat dilakukan segala macam perbaikan (program NC, kondisi pemesinan, alat bantu, alat ukur dan sebagainya). Selanjutnya dapat dilakukan sertifikasi bagi program NC yang bersangkutan yang harus ditandatangani oleh NC programmer dan Quality Controller.

Sesuai dengan jadwal produksi yang dibuat oleh bagian PPC, bagian Pengiriman (Internal Transportation, Dispatch) mengambil dari bagian-bagian yang sesuai untuk dikirimkan kebagian Pemesinan (pada Mesin NC yang ditetapkan) suatu paket yang berisi :

- Beberapa perangkat lunak, seperti :
Gambar Teknik, Instruksi Kerja/Process Sheet, NC program Listing, Tool List beserta harga-harga kompensasi pahat, Gambar alat pemegang dan prosedur pemasangan/penyiapan benda kerja serta list alat ukur beserta cara pengukuran bagi obyek-obyek ukur yang kritis.
- Beberapa perangkat keras, seperti :
NC tape, Cutters, Fixture, Material dan Measuring Equipment.

Proses produksi dilaksanakan, dan operator mesin perkakas NC harus mampu melaksanakan semua instruksi yang telah dibuat (prosedur pemasukan NC program, pemasangan fixture pada pallet changer, penempatan berbagai jenis pahat pada Automatic Tool Changer, pemasukan harga-harga kompensasi, zero setting, pengukuran produk mula serta koreksi parameter proses bila diperlukan). Operator yang ahli serta berpengalaman dapat menilai kebaikan dari proses yang telah direncanakan dengan membandingkan dengan proses yang sesungguhnya serta memberikan umpan balik (feed back) kebagian-bagian lain sesuai dengan masalahnya. Apabila terjadi hal-hal yang tak diharapkan (pahat patah, kerusakan-kerusakan kecil dan sebagainya) operator mesin NC harus mampu mengatasinya sesuai dengan prosedur dan tanggung jawabnya.

Setelah data waktu pemesinan/proses yang sesungguhnya diterima, bagian Cost Control dapat menghitung ongkos pemesinan/proses (termasuk ongkos pahat) yang selanjutnya dapat ditambahkan ongkos pemrograman, ongkos pembuatan jig & fixture, ongkos pemeriksaan, ongkos bahan dan ongkos-ongkos pendukung lainnya guna menentukan ongkos pembuatan per produk. Sudah sewajarnya bila sistem akuntansi perusahaan dibuat dengan betul, teliti dan distandarkan, karena data ongkos ini selain dibutuhkan oleh management untuk menghitung keuntungan dan memenangkan tender juga diperlukan oleh bagian PPC serta NC programming untuk menentukan kondisi proses yang optimum (ongkos semurah mungkin).

Meskipun tidak menangani proses produksi secara langsung, bagian Pemeliharaan (Maintenance) merupakan elemen pendukung yang penting demi untuk menjaga kelancaran proses pembuatan dengan menekan gangguan akibat kerusakan mesin. Preventive Maintenance Program harus dilaksanakan dengan ketat. Pada umumnya apabila digunakan dengan benar, mesin perkakas NC jarang mengalami kerusakan. Kerusakan-kerusakan kecil bisa terjadi (pada software/program maupun hardware) yang mengakibatkan terhentinya mesin guna menghindari terjadinya kerusakan yang lebih parah. Automatic Diagnostic pada mesin NC bisa dimanfaatkan dan orang-orang bagian pemeliharaan harus faham betul atas prosedur penanganan masalah-masalah kerusakan tersebut. Selain itu, secara berkala mesin-mesin harus diover haul bagian-bagian utamanya yang kritis dan rekalisasi (pengetesan ketelitian geometrik) harus dilakukan bersama-sama dengan bagian Quality Assurance, sehingga ketelitian dan ketepatannya tetap terjamin.

Bagian Proses & Management Development juga tidak menangani proses pembuatan secara langsung, akan tetapi peranannya sangat menentukan untuk kelangsungan hidup perusahaan dalam era persaingan yang semakin ketat. Prosedur dan komponen yang telah mapan perlu distandarkan, jikalau perlu mengadopsi standar-standar yang telah ada secara langsung atau dengan mengembangkan maupun memodifikasi sesuai dengan kondisi dan situasi perusahaan. Sebagaimana diketahui, variasi produk yang ditangani oleh industri semacam ini umumnya sangat kompleks/beraneka ragam. Untuk memudahkan penanganan produk-produk tersebut perlu diklasifikasi dan dikelompokkan sesuai dengan bentuknya, dan cara yang digunakan untuk menangani masalah ini telah dikembangkan orang dan disebut dengan-GT (Group Technology). Selain untuk mempermudah perencanaan proses, hasil dari GT juga dapat dimanfaatkan oleh NC programmer untuk membuat program-program standar yang berupa modul-modul yang dapat digabungkan dengan teknik pemrograman Makro (Macro Programming, User Specific program) Machining data (data umur pahat dan gaya potong spesifik dari berbagai

jenis pahat dan material benda kerja) serta Cost data perlu dikumpulkan dan dikembangkan (dengan melakukan percobaan pemesinan). Demikian pula halnya sistem informasi management yang kiranya perlu dikembangkan untuk menuju sistem informasi terpadu dengan menggunakan komputer (CIM, Computer Integrated Manufacturing).

Dengan mengikuti prosedur kerja sebagaimana yang dibahas di atas maka diharapkan bagian pembuatan (Manufacturing) dapat bekerja dengan efisien, produktif, dan fleksibel. Dan hal ini dapat diikuti oleh industri-industri pemesinan dalam taraf permulaan pemakaian mesin-mesin NC. Keefektifan pemakaian mesin-mesin NC sebetulnya dapat lebih diperbesar lagi dengan menerapkan sistem produksi yang lebih maju lagi dengan bantuan komputer. Lahirlah apa yang dinamakan sebagai CAM (Computer Aided Manufacturing). Sementara itu bagian perencanaan (design office) perlu disempurnakan guna mengimbangi kemajuan bagian manufacturing. Saat ini sudah dikembangkan orang sistem perencanaan/design yang disebut sebagai CAD (Computer Aided Design) dengan berbagai kemampuan antara lain;

- Mechanical draughting ; untuk menaikkan produktivitas pembuat gambar teknik.
- Schematic drawing ; untuk perencanaan gambar-gambar sistem hidrolis, pneumatik, elektronik, dan sebagainya.
- Design Analysis ; untuk penghitungan luas, volume, massa, titik berat, momen inersia, jari-jari girasi dan sebagainya.
- Finite Elemen Analysis ; perhitungan kekuatan/kemampuan elemen mesin sesuai dengan dimensi, bentuk dan beban yang direncanakan.
- Parts Listing ; untuk mempermudah pengontrolan produksi, penyimpanan dan penghitungan ongkos

Dua sistem di atas, sesuai dengan kemajuan hardware maupun software, ada kemungkinan untuk digabung menjadi satu kesatuan yaitu CAD/CAM. Sampai seberapa jauh penggabungan kedua sistem tersebut merupakan arah perkembangan dan penelitian dibidang Design dan Manufacturing yang saat ini sedang dilakukan dinegara-negara maju. Salah satu tujuan utama penggabungan ini adalah untuk menghapuskan sistem gambar teknik yang saat ini masih digunakan sebagai salah satu media informasi. Geometrical data yang dibuat oleh designer yang disimpan pada komputer sentral (data bank) dapat dimanfaatkan oleh semua pihak, terutama oleh NC programmer.

3. Kualitas Tenaga Kerja yang diperlukan untuk menanganai Sistem Industri Pemesinan Modern

Dengan memperhatikan cara kerja sistem produksi yang telah dibahas dimuka, dapatlah diperkirakan kualifikasi tenaga kerja yang diperlukan. Sesuai dengan jenis pekerjaan yang ditangani, pada umumnya (sebagian besar) diperlukan orang-orang teknik dengan pengetahuan dasar yang seragam dalam bidang teknik terutama Jurusan Mesin, Elektro atau instrumentasi. Pada lampiran dicantumkan daftar *pengetahuan dasar* masing-masing dengan garis besar isi atau silabusnya. Pengetahuan ini merupakan syarat minimum yang harus dimiliki oleh tenaga kerja langsung (yang langsung menanganai proses produksi) pada jenjang terendah. Tentu saja masih diperlukan pengetahuan teknis/praktis atau ketrampilan lain sesuai dengan tujuan & tanggung jawabnya.

Untuk memperjelas kualifikasi tenaga kerja yang dimaksud, terlebih dahulu perlu diperjelas definisi penjenjangan atau klasifikasi tenaga kerja terutama dalam hubungan dengan mesin/peralatan yang menjadi tanggung jawabnya. Tingkatan pendidikan formal memang berpengaruh, tetapi sebenarnya pengetahuan teknis/praktis dan keterampilan yang diperoleh berdasarkan pengalaman/training lebih menentukan penjenjangan tenaga kerja ini. Dengan kata lain, seseorang yang baru lulus pendidikan formal mungkin diklasifikasikan sebagai tenaga kerja pada jenjang satu tingkat dibawah tarafnya.

Tenaga Ahli (Sarjana); orang yang dapat menentukan rencana kerja/politik perusahaan untuk jangka pendek (taktis) dan mungkin juga jangka panjang (strategis) dengan pengarahan Manajemen.

Bertanggung jawab untuk setiap tugas yang dibebankan kepadanya, memberikan pengarahan, membina dan mengembangkan kelompok yang dipimpinnya. Mampu memanfaatkan dan mengoptimisasikan pemakaian peralatan & mesin perkakas yang canggih.

Teknisi (Tenaga Sangat Trampil) (Politeknik); Tenaga pelaksana yang dapat membantu Tenaga Ahli.

Bertanggung jawab dalam pelaksanaan tugas. Dapat menerjemahkan garis besar tugas ke dalam perincian pelaksanaan, yang merupakan ciri pimpinan kelompok.

Dengan keahlian khususnya dengan atau tanpa pengarahan Tenaga Ahli dapat menyelesaikan tugas/masalah teknis yang cukup rumit.

Mampu mengoperasikan peralatan atau mesin perkakas canggih.

Tenaga Trampil (STM); Bertanggung jawab atas penyelesaian pekerjaan sesuai dengan petunjuk yang mungkin masih perlu diterjemahkan

sendiri ke dalam pelaksanaan terperinci.
Operator peralatan atau mesin perkakas yang cukup canggih.

Tenaga Semi Trampil (SMA + BLKI); Bertanggung jawab dalam penyelesaian pekerjaan/tugas yang telah diperinci.

Operator peralatan/mesin otomatis, semi otomatis, dan mesin perkakas sederhana.

Tenaga Tak Trampil; Tenaga pembantu dengan tugas sederhana.

Masing-masing industri pemesinan memerlukan jumlah tenaga kerja dengan kualitas tertentu untuk menangani sistem produksinya yang spesifik tergantung dari jenis, kompleksitas dan volume pekerjaan yang dihadapi. Untuk setiap bagian (PPC, NC prog., Fixture, Tool, QA, Inventory, Maintenance, Dispatch, R & D) dapat diisi tenaga kerja dari 4 sampai 5 jenjang tenaga kerja di atas. Setiap orang mempunyai keahlian/*ketrampilan individual* dan juga *ketrampilan kolektif*. Ketrampilan individual dapat diperoleh melalui pendidikan formal, training, ataupun belajar mandiri dan pengalaman. Sedang ketrampilan kolektif merupakan ketrampilan yang spesifik sesuai dengan tugas individu yang bersangkutan serta tugas kelompok/bagian secara keseluruhan. Keahlian ini dapat diperoleh dengan training kelompok secara khusus, (training mula) kemudian diikuti dengan penyesuaian dan pengembangan setelah mereka bekerja.

Jenis-jenis *pengetahuan khusus* sebagai dasar dari ketrampilan individu yang akan menangani sistem produksi industri pemesinan modern ini pada garis besarnya dapat dituliskan sebagai berikut,

1. Menggambar Teknik/Mesin (Standar ISO).
2. Toleransi & Spesifikasi Geometris (Standar ISO).
3. Metrologi Industri & Kontrol Kualitas.
4. Pengantar Mesin Perkakas Konvensional & NC.
5. Tes geometrik & kemampuan mesin perkakas dan dasar-dasar pemeliharaan.
6. Teori & Teknologi Proses Pemesinan.
7. Perencanaan dan pembuatan Perkakas Bantu.
8. Pemrograman Mesin NC (NC Programming).
9. Mekatronik (Elektro-mekanik-pneumatik-hidrolik), dan
10. Sistem & Management Produksi.

Silabus dari masing-masing pengetahuan khusus tersebut dapat direncanakan sebagaimana Lampiran. Sesuai dengan tugasnya masing-masing individu harus menguasai beberapa pengetahuan khusus tersebut dengan tingkat pendalaman yang berbeda-beda. Tabel 1 merupakan gambaran umum tingkat penguasaan pengetahuan khusus bagi masing-masing personil sistem produksi yang bersangkutan yang dibagi dalam tiga tingkat penguasaan yaitu,

- A. Menguasai seluruh materi, karena merupakan dasar utama dari ketrampilannya.
- B. Menguasai sebagian besar materi, demi untuk menunjang pekerjaannya.
- C. Menguasai garis besar atau mengenal hal-hal utama, supaya dapat berkomunikasi, memahami usul atau pendapat rekan dari kelompok lain.

Jumlah personil yang menangani pekerjaan yang sama serta jenjang keahliannya dapat direncanakan dan disesuaikan dengan kompleksitas atau pun volume pekerjaan yang ditangani. Sebagai contoh.

Operator; Setiap mesin NC ditangani 1 operator (Teknisi) untuk setiap shift.

Supervisor; Setiap kelompok/jenis mesin NC atau setiap jumlah tertentu (5) mesin yang sejenis dikepalai oleh 1 supervisor (Teknisi + pengalaman)

NC part programmer; Seorang programmer (Teknisi) dapat diberi tugas untuk membuat program bagi satu jenis mesin NC (Turning Centre, Machining Centre 3 axes, 4 s/d 5 axes). Satu programmer umumnya dapat menyelesaikan pekerjaan bagi lebih dari satu jenis mesin NC (2 s/d 5, tergantung dari tingkat kecanggihan mesin serta volume pekerjaan).

Satu kelompok programmer dikepalai oleh satu tenaga ahli guna mengefisienkan serta mengembangkan kelompok.

Process Planners; Biasanya dipegang oleh orang-orang yang telah berpengalaman, yang secara bertahap naik dari operator, supervisor, NC programmer dan process planners. Sebagai jalan pintas dapat diambil dari NC Programmer atau seorang sarjana Teknik Produksi dengan training khusus.

Tools Sharpener/Setter; Satu operator (Teknisi) melayani satu mesin gerinda pahat. Satu operator (Tenaga semi trampil + training) melayani satu peralatan tools setter. Bagian Tools Crib dikepalai oleh satu tenaga Ahli.

Fixture Designer; Untuk setiap 2 s/d 5 mesin NC (Machining Centre) dapat dilayani oleh teknisi perencanaan alat bantu (fixture), tergantung dari variasi produk yang dikerjakan. Bagian Peralatan Bantu ini dikepalai oleh satu Tenaga Ahli, dan pembuatan perkakas bantu mungkin dilaksanakan oleh suatu bagian yang terpisah (umumnya pekerjaan pemesinan & pengelasan dengan mesin-mesin konvensional, dilayani oleh teknisi atau tenaga trampil).

Quality Assurance; Seorang petugas kontrol kualitas (Teknisi) dapat diberi tugas memeriksa hasil-hasil produksi dari 2 s/d 5 mesin NC. Apabila pekerjaan dapat dianggap rutin dan relatif sederhana dapat digunakan Tenaga Trampil.

Jika pabrik mempunyai Mesin Ukur Koordinat (CMM), maka harus dilayani oleh satu operator. (teknisi) dibantu oleh programmer (teknisi atau bahkan tenaga ahli bila pekerjaan relatif sulit).

Maintenance; Dengan keahlian utama Mekanik, Mesin Perkakas serta pengetahuan lainnya. Dalam prakteknya biasanya keahliannya dititik beratkan kepada bidang Elektronik atau Mekanik. Dua tenaga Maintenance tersebut (Teknisi) dan dua tenaga pembantunya (Tenaga Trampil) dapat melayani sampai 5 buah Mesin NC (dari satu atau dua jenis). Semakin banyak variasi jenis mesin NC, terutama jenis kontrolnya, semakin sulit untuk menanganinya (perlu standarisasi jenis kontrol!).

Contoh di atas adalah tenaga kerja yang minimum harus ada bila mesin perkakas NC mulai digunakan. Sesuai dengan rencana pengembangan pabrik, maka harus mulai direncanakan/disiapkan tenaga-tenaga kerja yang lain untuk melayani bagian-bagian yang harus dikembangkan seperti Bagian Research & Development untuk menangani masalah proses, prosedur dan management. Designer harus mulai disiapkan untuk menyongsong pemakaian CAD (Computer Aided Design). Selain dari keahlian utamanya untuk merancang komponen mesin/peralatan pengetahuannya atas proses pembuatan perlu ditingkatkan. Terutama yang menyangkut pengetahuan dibidang Standarisasi gambar teknik, Toleransi dan spesifikasi geometri serta proses-proses pembuatan modern dengan pemakaian mesin NC yang canggih (Saxes). Hal ini perlu disadari karena falsafah pembuatan dengan memakai mesin NC jauh berbeda dengan memakai mesin konvensional.

4. Beberapa saran untuk menyiapkan Tenaga Kerja Industri Pemesinan Modern

Tenaga kerja dengan kualifikasi seperti yang dibahas dimuka perlu disiapkan dengan segera karena loncatan menuju industri pemesinan modern tak bisa ditawar, lagi bila Indonesia tidak ingin ketinggalan jauh dari negara-negara maju atau bahkan dengan negara-negara berkembang lainnya (Brazil, Singapura, Malaysia, Thailand, dan lain-lain). Usaha pertama yang paling logis adalah meningkatkan kemampuan sistem pendidikan formal terutama untuk bidang Teknik Produksi. Usaha berikutnya adalah memperbaiki atau lebih cocok mengubah sistem produksi industri-industri pemesinan yang akan memodernisir peralatannya. Hal

ini dilaksanakan dengan mengadakan training khusus oleh para tenaga pengajar yang telah disiapkan pada usaha pertama. Usaha selanjutnya adalah memantapkan sistem pendidikan dan training dengan pembentukan pusat-pusat penelitian dan pengembangan bidang Teknik Produksi. Beberapa perincian tentang pelaksanaan usaha-usaha tersebut di atas antara lain.

- Memperbaiki kurikulum perguruan tinggi (S_1 dan S_2) untuk bidang Teknik Mesin dengan membentuk kelompok Teknik Produksi. Membentuk kelompok Mekanik dan Elektronik dibawah asuhan bagian Teknik Mesin dan Elektronik.
- Memperbaiki atau menyesuaikan kurikulum/silabus yang dianut oleh Pendidikan Politeknik, terutama untuk Jurusan Mesin dan Elektro. Mempersiapkan tenaga pengajar yang qualified dengan cara training khusus atau melalui program cangkakan pada perguruan tinggi yang telah mengembangkan Kelompok Teknik Produksi. Tujuan utama adalah menghasilkan sebanyak mungkin teknisi yang amat diperlukan.
- Memperbaiki dan meningkatkan efisiensi Balai Latihan Kerja Industri atau Badan-badan lain yang sejenis untuk menghasilkan Tenaga Trampil atau Tenaga Semi Trampil yang cocok bagi industri pemesinan modern.
- Dari beberapa perguruan tinggi yang dimaksud di atas dibentuk suatu team yang menangani training bagi industri-industri pemesinan pada khususnya dan industri engineering pada umumnya untuk menangani sistem Produksi Modern.
- Memperbaiki sistem penjenjangan kepegawaian untuk memupuk semangat bekerja, meningkatkan pengetahuan/ketrampilan mandiri ataupun kelompok serta memberikan rasa aman bagi tenaga kerja sistem produksi modern. Dalam hal ini penghargaan atas pengetahuan teknik/praktis serta ketrampilan seseorang harus lebih diutamakan dan diterapkan dari pada penghargaan yang semata-mata hanya dititik beratkan pada gelar/ijasahnya.
- Membuka kesempatan bagi setiap tenaga kerja untuk maju dengan cara mengikut sertakan dalam program-program training yang diselenggarakan oleh pusat-pusat Penelitian dan Pengembangan Bidang Teknik Produksi. Kere-laan management perusahaan untuk melepaskan beberapa personil utama mereka selama beberapa saat (beberapa bulan, tergantung dari program training yang diikuti) sangat menentukan keberhasilan program modernisasi sistem produksi perusahaan. Harus selalu diingat bahwa faktor manusia dibalik mesin modern inilah yang seyogyanya dipersiapkan terlebih dahulu.

5. Penutup

Usaha-usaha penyiapan tenaga kerja seperti saran di atas tak mungkin berhasil tanpa bantuan dari Pemerintah dan partisipasi aktif dari industri-industri pemesinan pada khususnya dan industri engineering pada umumnya. Beberapa industri pemesinan saat ini sedang mengusahakan peningkatan kualitas tenaga kerjanya dengan cara mengirimkannya keluar negeri untuk mengikuti training di industri-industri pemesinan atau pabrik mesin NC yang mereka beli. Training seperti ini selain dari mahal dan terlalu singkat pada umumnya akan menemui kegagalan kecuali bila mereka telah disiapkan terlebih dahulu. Transfer of Technology tak mungkin tercapai bila kualitas calon penerima tak memadai. Dengan demikian usaha-usaha pengadaan training di dalam negeri perlu dipersiapkan dan diwujudkan dengan segera.

Jurusan Teknik Mesin FTI, ITB saat ini telah mulai mengembangkan kelompok Teknik Produksi. Dimulai dengan pengumpulan informasi-informasi penting dan belajar secara bertahap dengan menganut spesialisasi, para staf dan teknisinya telah mulai dapat menyelenggarakan program training dengan isi dan bentuk hampir seperti yang kita harapkan. Kesepuluh pengetahuan khusus sebagaimana yang dibahas di depan dapat diberikan dalam waktu sekitar 120 hari (5 s/d 6 bulan). Hambatan utama adalah keterbatasan dana untuk melengkapi peralatan Laboratorium Mekatronik. Dua buah mesin NC (Turning Centre dan Machining Centre) milik PT IPTN Bandung ditempatkan di Lab. Teknik Produksi Mesin ITB untuk dimanfaatkan sebagai sarana training dan penelitian adalah merupakan contoh positif dari bantuan industri kepada perguruan tinggi.

Harapan-harapan di atas menuntut para staf dan teknisi dari perguruan tinggi teknik sampai dengan sekolah teknik jenjang terendah untuk bekerja keras, meningkatkan komunikasi dan kerjasama supaya peranan orang-orang digaris depan dalam bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) menjadi nyata demi untuk mempersiapkan "Industri Tinggal Landas". Dalam hal ini penyiapan tenaga kerja yang menjadi tugas utama para pendidik dapat diibaratkan sebagai penyiapan "roda pesawat industri yang akan tinggal landas". Memang dalam beberapa hal tidak diperlukan roda, melainkan sekedar komponen penyangga seperti halnya pada "helikopter raksasa industri semen, pupuk kimia dasar dan sebagainya" yang dapat mengangkasa dengan megahnya. Sebaliknya "pesawat capung industri pemesinan kecil" jangan tinggal landas, bergerak sedikitpun tidak mau bila tanpa roda.

DAFTAR PUSTAKA

1. S.H. Wirjomartono, Muljowidodo; "CNC Machine Tool in Indonesia Problems and Prospect "UNESCO, CIRP, ITB Seminar on Machine Tool Technology and Applications, Bandung, Jan. '84.
2. S.H. Wirjomartono, Taufiq Rochim; "Flexible manufacturing System Problems and Prospect for the Indonesian Automotive Industry", The Third International Pacific Conference on Automotive Engineering Jakarta, Nov. '85.
3. Taufiq R., "Sistem Produksi didalam Industri Engineering", Seminar Terbatas Penguasaan Teknologi di Industri Engineering, BPPI-Dep. Perindustrian - Mesin ITB, Bandung; Nop. '82.
4. S.H. Wirjomartono; "Struktur dan Pengadaan Tenaga Kerja Industri Mesin Perkakas"; Diskusi Terbatas, BPPI - Dep. Perindustrian Mesin ITB, Bandung, 1981.
5. W.A. Smith, *A Guide to CAD/CAM*; University of Manchester Institute of Science and Technology; The Institution of Production Engineers, London, 1983.

PENGETAHUAN DASAR

1.1 Matematika

- Aturan penyederhanaan persamaan (pangkat & akar)
- Logaritma dan persamaan logaritma, tabel logaritma.
- Mencari akar persamaan.
- Penjabaran persamaan pangkat (Binomium Newton & segitiga pascal).
- Determinan (Persamaan Matriks sederhana).
- Pengenalan Deret (Deret hitung, deret ukur).
- Pengenalan Bilangan Komplek.
- Pengenalan Diferensial & Integral & Pema-kaiannya.

1.2 Analitika

- Persamaan/Fungsi linier, penentuan titik potong.
- Lingkaran, Parabola, Hyperbola, Elip.
- Persamaan/Kurva fungsi pangkat.
- Pengetahuan tambahan untuk pengenalan dan penentuan luas dan volume dari berbagai bentuk (kubus, jajaran genjang, segitiga segi banyak, trapesium, lingkaran,

tembereng, piramida, silinder terpotong, bola, bola terpotong).

- Pengetahuan praktis dari cara-cara membuat garis sejajar, garis tegak lurus, sudut, segi tiga siku-siku, segi tiga sama sisi, dalil pythagoras, membuat skala (pembagian garis menjadi bagian-bagian beraturan), pengenalan beberapa skala (linier, logaritmik).

1.3 *Trigonometri*

- Dasar trigonometri (sudut, segitiga, sinus, kosinus, tangen, dan sebagainya).
- Fungsi dan harganya pada keempat kuadran.
- Persamaan goniometri.
- Aturan sinus, kosinus, tangen.
- Tabel goniometri.
- Pengenalan fungsi hiperbolikus.

3.4 *Statika & Mekanika Dasar*

- Pernyataan Gaya dan Momen sebagai vektor.
- Analisa grafis & analitik penggabungan vektor.
- Diagram benda bebas, hukum aksi dan reaksi (keseimbangan statik).
- Titik berat, (dari berbagai bentuk bidang/penampang dan volume).
- Koefisien gesek, gaya normal, gaya gesek.
- Tegangan & Regangan (Tekan, Tarik, Hukum Hooke).
- Lenturan, momen lentur, momen inersia bidang.
- Analisa tegangan & regangan, lingkaran Mohr.
- Puntiran, momen puntir, momen inersia polar.
- Tekukan.

1.5 *Kinematika & Dinamika*

- Kecepatan, Percepatan, dan jarak sebagai fungsi waktu.
- Gerakan translasi, rotasi, osilasi.
- Perubahan kecepatan dan pengaruhnya pada percepatan dan waktu gerakan atau kebalikannya (linier dan rotasi).
- Getaran osilasi (harmonik).
- Contoh, beberapa mekanisme pengubah gerakan.
- Hubungan antara gerakan, gaya, kerja dan daya (linier dan rotasi).
- Masa dan momen inersia.
- Momen inersia berbagai bentuk bangunan.
- Kinematika roda gigi dan hubungan antara torsi dengan daya dan kecepatan putar.
- Gaya sentrifugal, penyimpanan enersi mekanik.

1.6 *Fisika Dasar (Termo, Fluida & Elektroteknik)*

- Satuan dasar (SI units).
- Panas dan dasar-dasar termodinamika.
- Koefisien muai dan perpindahan panas.
- Fluida statik, tekanan hidro statik, massa jenis, viskositas.
- Fluida alir, hukum Bernouli.
- Gesekan dan kecepatan aliran laminar, bilangan Reynold.
- Elektroteknik dasar.
 - * Arus, Voltase, Tahanan. Kapasitor Induktor, Daya & Frekuensi.
 - * Arus searah, Hukum Ohm, rangkaian sederhana.
 - * Voltmeter, Amperemeter, Jembatan Wheatstone.
 - * Elektromagnetik, generator, motor.
 - * Arus bolak-balik, rangkaian AC, Daya, Transformator. motor satu fasa, tiga fasa.
- Pengenalan berbagai alat ukur teknik.

1.7 *Teknologi Mekanik*

- Klasifikasi proses-proses pembuatan.
- Proses penuangan.
- Proses pemotongan.
- Proses pembentukan.
- Proses penyambungan/pengelasan.
- Proses nonkonvensional.
- Klasifikasi bahan-bahan teknik (fero & non fero).
- Sifat-sifat mekanik bahan (baja dan paduannya) dan cara pengukurannya.
- Standarisasi bentuk/ukuran bahan.

PENGETAHUAN KHUSUS

2.1 *Menggambar Teknik/Mesin (Standar ISO).*

- Aturan umum menggambar (garis, simbol, huruf).
- Bentuk-bentuk dasar geometri.
- Proyeksi (Aksonometri, Miring, Perspektif, Orthogonal).
- Aturan-aturan dasar menggambar.
- Penampang/potongan.
- Pernyataan ukuran.
- Gambar-gambar elemen mesin yang diper-mudah.

2.2 *Toleransi & Spesifikasi Geometris (Standar ISO).*

- Penyimpangan dalam proses pembuatan, konsep toleransi dan pembuatan komponen dengan sifat mampu tukar.
- Toleransi & suaian.
- Pengubah sistem satuan suaian.
- Toleransi bentuk (kelurusan, kerataan, kebulatan, kesilindrisan, ketepatan bentuk,

- ketegak lurus, kemiringan, posisi, konsentrisitas, simetrik, kesalahan putar).
- Prinsip material maksimum.
- Konfigurasi permukaan (kekasaran/kehalusan permukaan).

2.3 *Metrologi Industri & Kontrol Kualitas*

- Standar panjang & kalibrasi.
- Klasifikasi alat dan cara pengukuran.
- Konstruksi umum alat ukur.
- Kesalahan dan penyimpangan dalam proses pengukuran.
- Analisa data statistika (harga rata-rata, varian, deviasi standar, frekuensi & nilai kemungkinan, distribusi normal, kesalahan rambang & sistematis, analisa varian, analisa regresi).
- Alat Ukur Linier (langsung, tak langsung, standar).
- Alat Ukur Sudut (langsung, tak langsung, standar).
- Ketegak lurus.
- Kelurusan dan kerataan.
- Metrologi ulir.
- Metrologi roda gigi.
- Kebulatan dan cara pengukuran kesalahan bentuk yang lain.
- Mesin Ukur Koordinat & mesin-mesin ukur yang lain dan pengenalan optical tooling.
- Teori dasar diagram kontrol.
- Sifat/karakteristik proses pembuatan.
- Diagram kontrol kuantitatif.
- Diagram kontrol kualitatif.
- Perencanaan sistem sampling.
- Organisasi kontrol kualitas di pabrik.
- * Praktikum Metrologi Industri.

2.4 *Pengantar Mesin Perkakas Konvensional & NC*

- Pendahuluan.
- Tinjauan singkat proses pemesinan.
- Syarat-syarat Umum Mesin Perkakas.
- Putaran Spindel dan Gerak Makan yang distandarkan.
- Tinjauan Umum Mekanisme Transmisi daya.
- Kekakuan Statik & Dinamik Struktur Mesin Perkakas.
- Spindel dan Bantalan.
- Lintasan Luncur (Pemandu Luncur, ways).
- Penggerak Mekanik.
- Elemen-elemen Utama Mesin Perkakas NC.
- Klasifikasi Mesin Perkakas.

2.5 *Test Geometrik & Kemampuan Mesin Perkakas dan Dasar-dasar Pemeliharaan*

- Latar belakang pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas.
- Tahap awal pengujian.
- Tinjauan Umum pokok-pokok ketelitian

geometrik mesin perkakas.

- Test Kelurusan; Kerataan; Kesejajaran; Ketegak lurus; Rotasi.
- Pengujian Mesin Perkakas NC.
(Ketelitian gerakan dan metoda kompensasi kesalahan, pengujian kemampuan/test pemotongan menurut standar NAS).
- Dinamika Mesin Perkakas dan pengukuran kebisingan.
- * Praktikum Pengetesan Geometrik Mesin Perkakas.
- Beberapa istilah umum dalam pemeliharaan (Maintenance).
- Konsep dasar Maintenance.
- Preventip, Corrective, dan Predictive Maintenance.
- Analisa Keausan dan pengaruhnya pada mesin.
- Strategi penyediaan suku cadang.
- Kompleksitas perbaikan.
- Organisasi & Perencanaan Maintenance.

2.6 *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*

- Klasifikasi dan elemen dasar proses pemesinan.
- Mekanisme pembentukan geram, gaya dan daya pemotongan serta efisiensi proses.
- Geometri pahat (elemen pahat, sistem referensi geometri pahat, pengasahan pahat).
- Optimisasi geometri pahat bubut, gurdi dan freis.
- Temperatur pemotongan dan keausan pahat.
- Umur pahat.
- Material dan jenis-jenis pahat.
- Rumus empirik gaya pemotongan.
- Optimisasi proses pemesinan (analisa ongkos).
- Proses menggerinda (teori dasar, gaya penggerindaan, penggunaan data/grinding chart, klasifikasi batu gerinda, optimisasi proses menggerinda).
- Cairan pendingin.
- Tinjauan umum arah perkembangan proses pemesinan.
- * Praktikum Proses Pemesinan.

2.7 *Perencanaan & Pembuatan Perkakas Bantu*

- Pendahuluan
- Proses Perancangan Perkakas
- Metoda Lokasi dan Pencekaman (Prinsip dasar lokasi, dan pencekaman)
- Jenis-jenis pencekaman
- Sistem Modular
- Material & Komponen-komponen standar untuk pembuatan pencekaman
- Beberapa contoh perencanaan pencekaman

Tabel 1. Pengetahuan Khusus Bagi Tenaga Kerja Industri Pemesinan Modern.

Tenaga kerja	Menggambar Mesin	Spesifikasi Geometris	Metrologi Industri & Kontrol Kualitas	Mesin Perkakas (NC)	Perawatan & Test Geometrik	Proses Pemesinan	Perkakas Bantu	NC Programming	Mekatronik	Sistem & Management Produksi
Machining :										
- Operators	B	B	B	B	C	B	C	B	-	-
- Supervisors	A	A	B	B	C	A	B	B	-	C
- NC Parts Programmers	A	A	B	B	C	A	B	A	-	C
PPC :										
- Process Planners	A	A	B	B	-	A	B	B	-	B
- Shop - Load Analys	B	B	C	C	-	B	B	C	-	A
- System Analys	B	B	C	B	C	B	B	B	C	A
- Cutters sharpener/setter	C	B	B	C	-	A	C	B	-	-
- Fixture Designer	A	A	B	B	C	B	A	C	C	-
Q. A.										
- Inspectors	A	A	A	C	A	C	C	C	-	-
- CMM operators	A	A	A	B	B	B	C	A	-	C
Maintenance :										
- Mechanic	C	C	B	A	A	C	C	B	A	-
- Electronic	C	C	C	A	A	C	C	B	A	-
- Management Info. Sys	C	C	C	B	-	C	C	C	-	A
- Cost Control & Analys	B	B	B	B	-	B	C	C	-	B
Computer Centre Service										
- System Analys	C	C	C	B	-	B	C	C	-	A
- Software For NC Prog. (APT, Post process)	C	C	C	A	-	B	C	A	C	B
- Designer (Parts)	A	A	B	C	-	B	C	B	-	C
Research & Development										
- Process	B	B	B	B	C	A	A	A	-	B
- Method	B	B	B	B	-	B	B	B	-	A
- Data Bank	B	B	B	B	C	B	B	B	C	A
- Group Tecnology	A	A	B	B	-	B	B	B	-	B

A : Menguasai seluruh materi

B : Menguasai sebagian besar materi

C : Menguasai garis besar atau mengenal hal-hal utama.

2.8 Pemrograman Mesin NC

- Pendahuluan
Karakteristik Mesin Perkakas NC dan Sistem Kontrolnya (Penamaan sumbu mesin, Konfigurasi NC, pengontrolan sumbu Gerak, Kemampuan Pembuatan Program, Penanganan Sistem)
- Pemrograman secara Manual (Langkah persiapan, penjelasan G, F, S, H functions, bahasa Macro, Contoh Program dan Langkah Percobaan)
- Pemrograman dengan bahasa APT (Proses pemrograman dengan APT, Struktur bahasa APT, pembahasan dan kewaspadaan gerakan Kontur, Contoh pemrograman)
- Beberapa jenis Bahasa Pemrograman Otomatik
- Sistem Pendukung Mesin Perkakas NC
- * Praktikum Pemrograman NC

2.9 Mekatronik (Elektro-Mekanik-Pneumatik-Hidrolik)

- Klasifikasi dan tinjauan umum perkembangan kontrol numerik
- Karakteristik Utama Mesin Perkakas NC (dan CNC)
- Pengantar Elektronika
- Sensor Posisi dan Kecepatan
- A/D dan D/A Converter
- Sistem penggerak mesin perkakas NC

- Interpolator pada sistem kontrol/mesin NC
- Closed Loop Control System
- CNC
- Programmable Machine Controller (PMC)
- Konfigurasi PMC pada mesin perkakas NC
- Perawatan Mesin Perkakas NC
- * Praktikum Elektronika & Teknik Digital
- * Praktikum PMC dan CNC
- Pneumatik & Hidrolik
- Distribusi Udara Tekan
- Elemen/Komponen sistem kontrol pneumatik
- Pneumatic Logic
- Pemakaian sistem kontrol pneumatik pada mesin perkakas NC
- Sistem penggerak & Kontrol hidrolik
- * Praktikum Pneumatik & Hidrolik

2.10 Sistem & Management Produksi

- Aliran material dan perencanaan proses
- Tata letak (lay out)
- Pembebanan mesin guna memperlancar produksi
- Penjadwalan pekerjaan
- Pengendalian produksi
- Optimasi sistem produksi (manufacturing)
- Otomatisasi "Computer Integrated Manufacturing System" (CIM)
- Sistem informasi dalam produksi



PT. GUNANUSA UTAMA FABRICATORS (PMDN)

JAKARTA OFFICE : JL. BENDUNGAN HILIR RAYA No. 60 JAKARTA 10210
PHONE : 587563, 586796. TELEX : 44943 / GUNA IA
FABRICATION SHOP : BOJONEGARA - CILEGON - JAWA BARAT - INDONESIA
BANKERS : BAPINDO - BANK BUMI DAYA - CHASE MANHATTAN BANK NA
BANK DAGANG NEGARA.

Pimpinan Dan Segenap Karyawan

Mengucapkan :

Selamat Dies Natalis HMM Ke 37