

## UJI AWAL *UPGRADE* MESIN FRAIS KONVENSIONAL MENJADI MESIN FRAIS CNC BERBASIS PC

Oleh :

**Abdul Hafid**

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN

### ABSTRAK

**UJI AWAL *UPGRADE* MESIN FRAIS KONVENSIONAL MENJADI MESIN FRAIS CNC BERBASIS PC.** Mahalnya mesin frais CNC (*Computerized Numerical Control*) menjadi tantangan tersendiri untuk membuat suatu inovasi dalam bidang pemesinan. Dengan mengharapkan kualitas kerja yang setara dengan mesin frais CNC maka mesin frais konvensional ditingkatkan kemampuannya menjadi mesin frais CNC berbasis PC. Secara mekanik dan instrumentasi perubahan yang terjadi yaitu penggantian motor AC menjadi *motor servo*. Selain itu juga ditambahkan komponen seperti *servo drive* dan *proximity* yang berfungsi sebagai sistem kendali dari *motor servo*. Pembuatan program komputer untuk mengatur perintah kerja dari kendali CNC ke mesin frais. Bentuk program terdiri atas model tampilan dan *ladder diagram*. Program dimasukkan kedalam satu sistem pemrograman RTX pada software RTX. Hasil yang dicapai saat ini adalah pemrograman komputer dan bentuk perintah kerja CNC. Hasil tersebut merupakan hasil tahap awal dan masih terus dilanjutkan. Dengan peningkatan unjuk kerja mesin frais menjadikan pengguna dapat bekerja lebih optimal dan aman dari resiko kecelakaan.

Kata kunci: Uji awal, *upgrade*, frais konvensional, CNC berbasis PC

### ABSTRACT

**PRELIMINARY TEST OF UPGRADED CONVENTIONAL MILLING MACHINE INTO PC BASED CNC MILLING MACHINE.** CNC (*Computerized Numerical Control*) milling machine yields a challenge to make an innovation in the field of machining. With an aim job is machining quality equivalent to CNC milling machine, the conventional milling machine ability was improved to be based on PC CNC milling machine. Mechanically and instrumentally change. As a control replacing was conducted by *servo drive* and *proximity* were used. Computer programme was constructed to give instruction into milling machine. The program structure of consists GUI model and *ladder diagram*. Program was put on programming systems called RTX software. The result of up-grade is computer programming and CNC instruction job. The result was beginning step and it will be continued in next time. With upgrading ability milling machine becomes user can be done safe and optimal from accident risk. By improving performance of milling machine, the user will be more working optimal and safely against accident risk.

Key word: pre test, *upgrade*, conventional milling, CNC based on PC

### PENDAHULUAN

Penggunaan mesin-mesin perkakas yang memanfaatkan teknologi komputer sudah banyak dikembangkan. Ini dikenal dengan nama *Computerized Numerical Control* (CNC). Salah satu mesin perkakas CNC adalah mesin frais CNC. Ada bermacam-macam jenis mesin frais CNC yang ada di pasar, antara lain mesin frais CNC yang dilengkapi *auto change tools* dan mesin frais CNC tanpa *auto change tools*. Semakin lengkap dan semakin besar ukuran mesin pastilah semakin mahal.

Dalam upaya meningkatkan kemampuan peralatan mesin CNC di bengkel PTRKN BATAN maka dilakukan suatu kegiatan pengembangan peralatan berupa penambahan sistem CNC pada mesin frais konvensional. Secara teknis, mesin frais CNC dan mesin frais konvensional tidaklah berbeda jauh. Prinsip-prinsip mekanik pada mesin frais konvensional tetap melekat pada mesin frais

CNC. Perbedaan hanyalah terletak pada sistem penggerak dan kendali. Pada mesin frais konvensional penggerak yang digunakan adalah motor listrik induksi AC. Motor ini hanya dapat dikendalikan oleh orang sebagai operatornya. Pada mesin frais jenis CNC motor yang digunakan adalah *motor servo* AC. *Motor servo* AC dapat dikendalikan oleh program komputer. Jadi Mesin frais CNC adalah jenis mesin frais dimana fungsi operator akan banyak berpindah ke komputer sehingga operator tidaklah dituntut untuk memiliki jam operasi yang banyak untuk membuat beragam bentuk pemotongan khusus. Keandalan dan keselamatan mesin dan pengguna akan meningkat dan lebih optimal. Dengan demikian apabila pada mesin frais konvensional ditambahkan sistem CNC maka mesin frais tersebut dapat memiliki kemampuan seperti mesin frais CNC. Tentu saja proses penggabungan antara mesin frais konvensional dan PC membutuhkan beberapa

keatifitas sehingga mesin tersebut dapat bekerja dengan baik.

Dengan menggunakan kendali sistem servo – metronix dan sistem *programmable logic control* (PLC)–turbotex sistem CNC mesin frais dibangun. Turbotex menyediakan media komunikasi untuk pemrograman dimana kebutuhan penggunaanya diatur oleh penggunanya dengan membuat suatu program tersendiri dalam bentuk *ladder diagram*. Penggunaan *ladder diagram* akan efektif jika instruksi yang akan diberikan disesuaikan dengan bentuk tampilan yang dikehendaki. Pengaturan PLC program dirangkai dalam suatu perangkat keras yang dipadukan dengan PC. Metronix menyediakan sistem servo berupa *motor servo* dan servo *drive* yang kompatibel dengan perangkat keras Turbotek. Pada kegiatan tahap awal telah berhasil dibuat suatu *lader program* dan tampilan tombol perintah kerja untuk menggabungkan kedua modul tersebut menjadi sistem CNC mesin frais yang direncanakan. Untuk menampilkan hasil pemrograman digunakan suatu monitor dengan teknologi layar sentuh (*touch screen*). Dengan monitor layar sentuh memungkinkan tidak dipergunakannya lagi *key pad* untuk mengatur perintah kerja mesin.

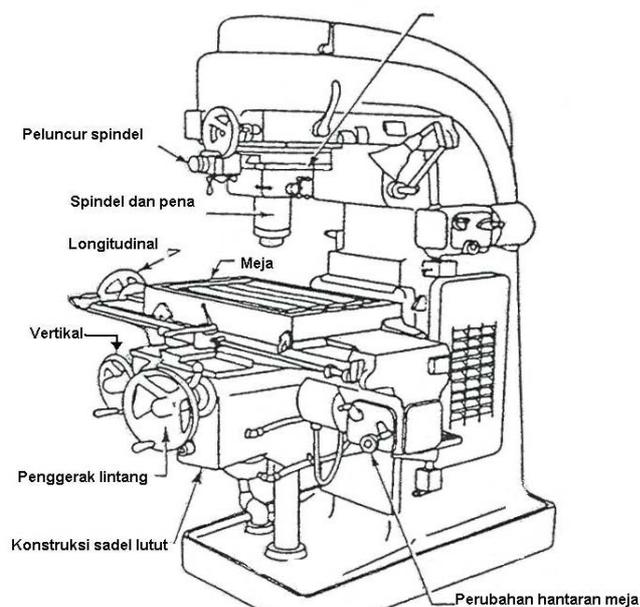
## TEORI DASAR

### Deskripsi Mesin Frais

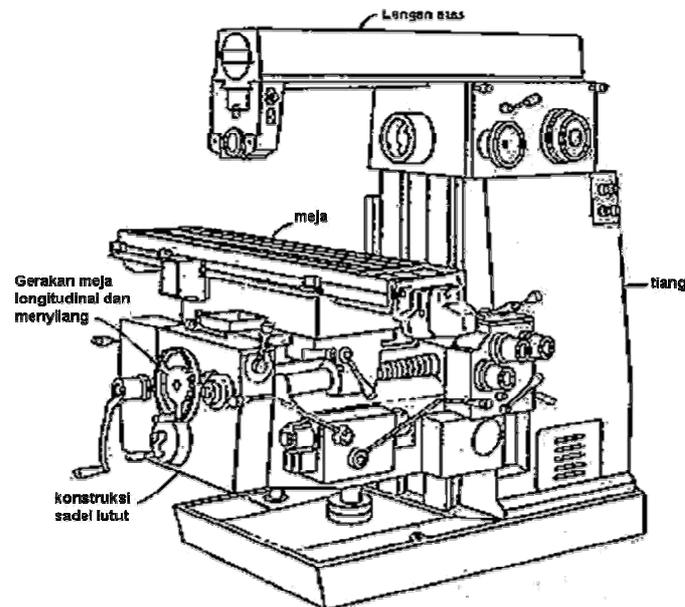
Mesin frais adalah salah satu jenis mesin perkakas untuk pemotongan bahan yang terbuat dari logam. Prinsip kerja mesin frais berbeda dengan mesin bubut. Jika pada mesin bubut benda kerja berputar dan pahat potong (*tools*) dihantarkan

agar terjadi proses pemotongan maka pada mesin frais *tools* yang berputar dan benda kerja yang dihantarkan<sup>[1]</sup>. Pada mesin frais benda kerja dapat dihantarkan ke *tools* dalam arah vertikal maupun horizontal atau kedua-duanya secara bersamaan. Berdasarkan jenis pahat dan arah pemotongan mesin frais dikelompokkan atas 3 macam, yaitu mesin frais vertikal digunakan untuk mayoritas pemotongan vertikal, mesin frais horizontal digunakan khusus untuk pemotongan arah horizontal, dan mesin frais serba guna (*multipurpose*) merupakan jenis mesin frais yang dapat digunakan secara horizontal maupun vertikal. Pengelompokan jenis mesin frais vertikal, horizontal, dan serbaguna sudah dikenal secara meluas dalam kelompok mesin perkakas konvensional. Gambar 1, 2, dan 3 menunjukkan ketiga jenis mesin frais tersebut di atas. Mesin frais vertikal memiliki *spindel* arah vertikal saja. Karena bentuk arah spindel sama dengan mesin bor maka selain melakukan proses pemotongan kesamping dapat juga melakukan proses pembuatan lubang sebagaimana mesin bor.

Mesin frais horizontal memiliki spindel dalam arah horizontal. Pahat potong (*tools*) mesin frais horizontal berbeda dengan mesin frais vertikal. *Tools* pada mesin frais vertikal dijepit pada arbor yang dipasang pada spindel sedangkan *tools* pada mesin frais horizontal disisipkan pada poros arbor yang ditempatkan pada mesin dalam arah horizontal. Gambar 2 menunjukkan bentuk mesin frais horizontal dan pada Gambar 3 terlihat arbor mesin frais horizontal maupun mesin frais vertikal dalam keadaan terpasang siap digunakan.



Gambar 1. Mesin frais vertikal



Gambar 2. Mesin frais horizontal



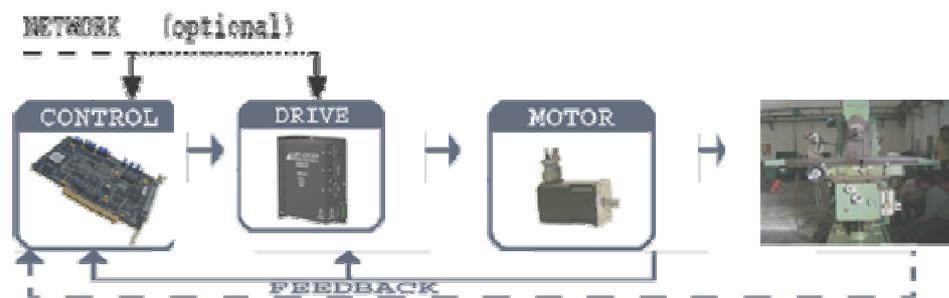
Gambar 3. Mesin frais serbaguna

Karena tuntutan industri yang semakin tinggi terhadap teknik pemotongan bahan dengan mesin frais maka diciptakanlah mesin frais *Numeric Control* (NC) skala industri. Seiring dengan perkembangan teknik komputer yang semakin maju maka mesin frais NC skala industri juga mengalami perubahan. Penggunaan komputer pada mesin frais industri mengubah nama dari mesin frais NC menjadi mesin frais CNC. Perbedaan utama dari mesin NC dan CNC terletak pada cara memasukkan data. Bila pada mesin NC data dimasukkan dalam bentuk karakter dan angka

sebagaimana yang diatur dalam *G-Code*, maka pada mesin frais CNC data dapat dimasukkan dalam bentuk gambar. Keterbatasan lain mesin NC adalah proses pembuatan data hanya dapat dilakukan pada mesin yang terpasang sedangkan mesin CNC dapat dilakukan pada komputer manapun dan dimanapun sepanjang dapat membuat gambar benda kerja dalam bentuk 3 dimensi dengan *software Catia* ataupun *AutoCad*. Mahalnya berbagai macam sistem kendali dan aksesoris mesin frais CNC membuat mesin ini hanya dikembangkan

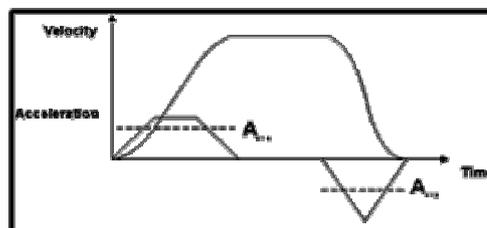
dalam skala industri. Gambar 4 menunjukkan **Sistem Servo**

Servo kendali dikenal juga sebagai kendali gerak atau robotik. Servo kendali digunakan dalam berbagai proses industri untuk memindahkan beban-beban khusus dalam suatu gerak yang terkendali. Jenis pilihan *actuator* berdasar pada daya, laju atau kecepatan, tingkat presisi, dan biaya-biaya yang diperlukan. Dalam sistem elektromekanik secara khusus digunakan untuk ketelitian yang tinggi, aplikasi kecepatan tinggi, dan gerak lambat dengan daya medium. Sistem ini harus fleksibel, efisien, dan hemat biaya. Motor merupakan *actuator* di dalam sistem elektromekanik. Melalui interaksi medan elektromekanik daya dibangkitkan. Gerak motor



Gambar 4. Sistem Servo

#### Motion Profiles



Gambar 5. Profil gerak sistem servo

rekomendasi sinyal kendalier. Motor terdiri dari dua jenis yaitu *rotary* dan *linear*. Motor merupakan aktuator elektromagnetik yang nyata menghasilkan gaya yang diperlukan untuk memindahkan beban. Elemen umpan balik seperti *tachometer*, *encoder* dan *resolver* adalah bertumpu pada motor dan atau beban secara berurutan guna menutup berbagai macam *loop servo*<sup>[2]</sup>.

Untuk menghubungkan antara *control*, *drive*, *motor*, dan *load* dibutuhkan suatu media program yang menggunakan PLC (*Programmable Logic Control*). Pola pemrogramannya membentuk profil gerak *loop* tertutup<sup>[3]</sup>. PLC merupakan suatu bagian yang tidak terpisah dari sistem servo. Oleh karena itu kendali sebagai kendali utama dari keempat komponen di atas haruslah memiliki media bahasa yang sama. *HX-Series* yang digunakan sebagai

mesin frais NC dan CNC skala industri.

terdiri atas gerak *rotary* dan linier. Bentuk sistem servo dapat dilihat pada Gambar 3.

Tampilan gerak dari sistem umpan balik (*feedback system*) dari sistem servo pada Gambar 4 ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem umpan balik digunakan untuk posisi kendali kecepatan dan atau percepatan. Kendalier dan beberapa penggerak (*drive*) digitalnya mengandung algoritma untuk menutup *loop* yang diinginkan khususnya posisi atau kecepatan dan juga *handle interface* mesin terminal *input* atau *output*, dsb. Penggerak atau amplifier tertutup untuk *loop* lainnya khususnya arus atau kecepatan dan mewakili konverter daya listrik yang menggerakkan motor menurut

*control* menggunakan media *RTX-Program*. Kendali *HX-Series* ditempatkan pada suatu PC. Penempatan *HX-Series* pada PC dapat juga ditempatkan pada suatu PC yang menggunakan layar sentuh (*touch screen*).

#### TATA KERJA

Sebelum sistem CNC dipasang pada mesin frais konvensional tahap awal kegiatan ini dilakukan hingga uji awal sistem CNC. Rangkaian kegiatan tahap awal dimulai dari pengumpulan informasi berupa pola kerja seorang operator mesin frais, kebutuhan-kebutuhan yang harus dipersiapkan, urutan pengerjaan mesin, dll. Langkah selanjutnya adalah merumuskan informasi tersebut dalam suatu bentuk pemrograman dalam

hal ini *ladder diagram*. Rumusan yang dibuat juga diwujudkan dalam suatu bentuk tampilan, meliputi tombol-tombol pengaturan dan perintah kerja. Tombol pengaturan dibuat untuk memungkinkan pengguna dapat bekerja dengan pengaturan kecepatan gerak meja maupun spindel oleh operator. Tombol perintah kerja juga dibuat untuk dapat melakukan eksekusi suatu pekerjaan baik dengan menggunakan program gambar dengan mode G – *code* maupun tidak.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perakitan sistem kendali Turbotek berupa perangkat keras HX – Lite ke dalam PC dengan monitor layar sentuh. HX – Lite merupakan perangkat *interface*. Komputer kemudian diinstalasi dengan sistem operasi Windows XP dan program RTX dari Turbotek. Pemrograman *Ladder diagram* dan gambar tampilan tombol pengatur dan perintah kerja dimasukkan ke dalam PC kemudian di-*running*. Selanjutnya, *motor servo* dan *servo drive* dirakit dan dihubungkan dengan PC. *Motor servo* kemudian diatur kecepatannya pada tombol pengatur yang terdapat pada monitor. *Motor servo* dijalankan dengan menekan tombol ON sesuai posisi pemasangan motor, arah sumbu X, Y atau Z. Hasil uji tahap awal diperoleh hasil pergerakan motor sesuai rencana sehingga kegiatan dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan teknologi sistem servo yang banyak dikembangkan untuk industri besar dapat juga diimplementasikan pada teknik dasar dan menengah. Dengan menempatkan suatu sistem servo pada suatu mesin frais konvensional maka mesin frais konvensional dapat meningkatkan kemampuannya setara dengan mesin frais CNC. Gambar 5 merupakan suatu bentuk tampilan alamat program yang menggunakan PC dengan teknologi *touch screen* untuk mesin frais konvensional

berbasis PC dan media bahasa programnya menggunakan RTX. Instruksi yang tertera pada Gambar 6 ditujukan untuk dikenal oleh rangkaian *servo drive* Gambar 7 agar dapat menggerakkan *motor servo* Gambar 8. Tiga *motor servo* digunakan untuk menggerakkan ulir penggerak meja mesin frais dalam arah gerak horizontal (sumbu simetri x dan y), dan arah vertikal (sumbu z). Dengan menggunakan kopleng *rigid*, *motor servo* dikopel langsung pada ulir penggerak meja mesin frais sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.

Program untuk menggabungkan keempat komponen tersebut disusun dalam bentuk *ladder diagram* yang dapat dikenal oleh tampilan PC pada Gambar 6. Sebagian bentuk *ladder diagram* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10. Untuk membuat *Ladder diagram* diperlukan editor program. Setiap pabrik PLC menyediakan editor program PLC-nya masing-masing. Untuk sistem servo yang menggunakan RTX dengan kendali HX-lite editor program PLC-nya menggunakan HX-editor. Gambar 10, *ladder diagram* yang dibuat menggunakan HX-editor V28<sup>[4]</sup>.

Program diuji coba sebelum dipasang pada mesin frais (uji coba tanpa beban). Metode uji dimulai dari merakit semua komponen sistem servo yang dihubungkan dengan PC yang menggunakan *touch screen* untuk pengaturan tombol-tombol instruksi. Setelah semua terangkai dengan baik, program RTX beserta *ladder program* yang telah selesai dibuat dimasukkan ke dalam PC yang digunakan. Gambar benda kerja yang akan dibuat digambarkan dengan menggunakan software AutoCAD yang digambar dalam bentuk AutoCAD tiga dimensi. Gambar dimasukkan ke komputer yang terhubung dengan sistem servo kemudian dikonversi ke *G-Code*, menggunakan fasilitas konversi yang telah disiapkan dalam program RTX yang dibuat. Pada saat gerak potong arah sumbu X,



Gambar 6. Tampilan instruksi mesin frais CNC berbasis PC



Gambar 7. Rangkaian *servo drive* yang siap dirakit untuk 3 *motor servo*



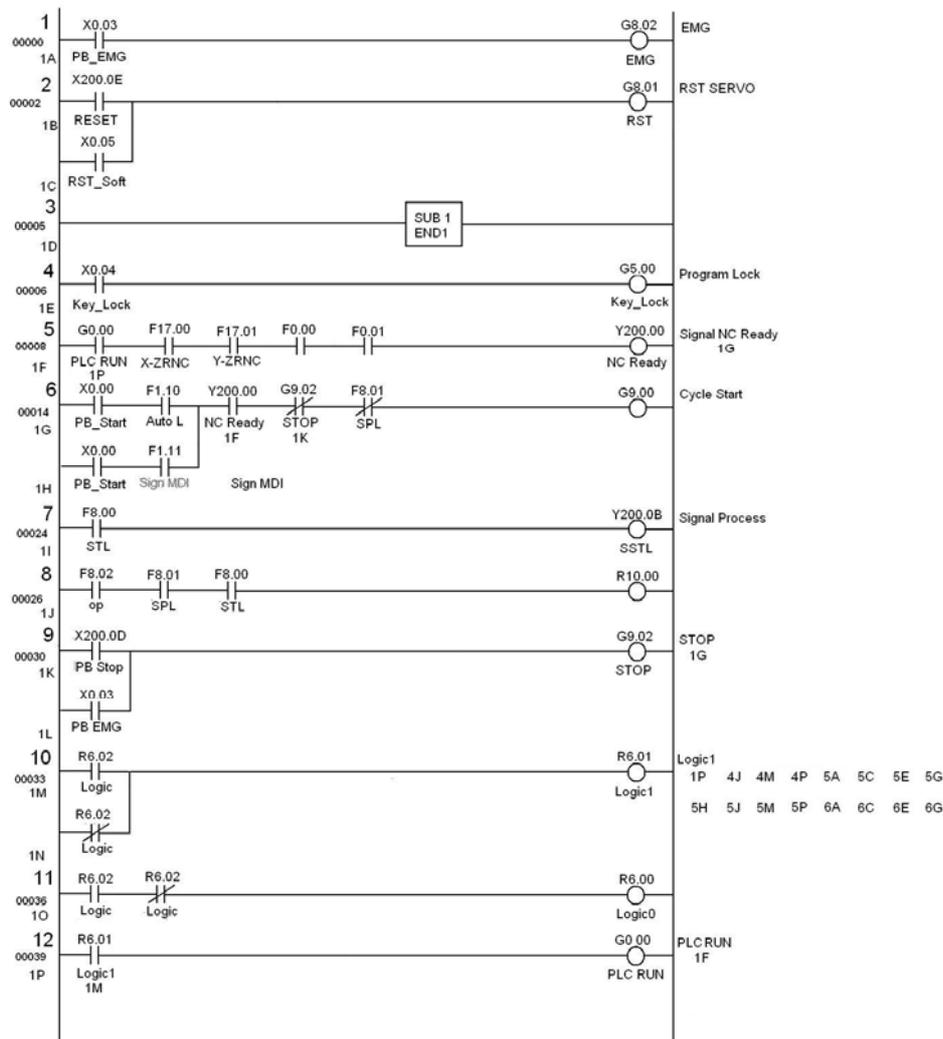
Gambar 8. Tiga *motor servo* yang siap dirakit untuk mesin frais konvensional



Gambar 9. Penggabungan *motor servo* dengan mesin frais sebagai load.

maka *motor servo* penggerak poros sumbu X bergerak. Pada saat gerak potong di posisi sumbu Y maka *motor servo* penggerak poros sumbu Y bergerak. Demikian pula ketika garis potong arah sumbu Z maka *motor servo* arah sumbu Z bergerak. Selanjutnya, pada saat garis gambar menunjukkan

bentuk pemotongan miring, maka *motor servo* arah sumbu X dan Y bergerak secara bersamaan. Bentuk akhir benda kerja yang diujicobakan adalah bentuk radius. Pada saat pemotongan radius, *motor servo* arah X dan Y bergerak bersamaan dengan kecepatan satu dan lainnya berbeda.



Gambar 10. Ladder diagram mesin frais CNC berbasis PC

Dengan hasil uji awal yang diperoleh dapat dipastikan bahwa seluruh komponen sistem CNC yang akan dipasang pada mesin frais konvensional telah siap digunakan.

## KESIMPULAN

Penggabungan mesin frais konvensional dengan sistem servo dan PC dapat meningkatkan unjuk kerja mesin frais dari konvensional menjadi CNC. Program komputer dirancang dengan menggunakan PC dan *control board* HX-lite sebagai kendali. Pengoperasian dirancang untuk dapat digunakan dengan gambar kerja dari *software* AutoCAD tiga dimensi kemudian dikonversi ke dalam G-Code. Konversi gambar dari AutoCAD tiga dimensi ke G-Code dilakukan agar sistem servo dapat mengubahnya ke perintah kerja. Uji coba terhadap program yang dibuat baru pada tahap tanpa beban, dalam hal ini sistem CNC belum

terpasang pada mesin frais konvensional. Dengan berhasilnya uji coba awal peningkatan unjuk kerja mesin frais konvensional ke CNC maka saat ini kegiatan dilanjutkan pada tahap instalasi sistem CNC ke mesin frais.

## DAFTAR PUSTAKA

1. AMSTEAD, BMH., at all, Manufacturing Process, Seventh Edition, John Willey & Sons, Inc., USA, 1979
2. <http://www.snkc.co.jp/>
3. METRONIX, AC Servo System & Rotary Encoder, Together with Metronix's Any Pack for FA Industry, 2001
4. HX – Series, Programming Manual for Turning (TC), Second Edition, Serial Number: PG – 20011120 – e, 2001.