

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MEJA GAMBAR DENGAN METODE XY-TABLE 2 SUMBU MENGUNAKAN MOTOR STEPPER DAN EMC

Jimmy Linggarjati¹; Arif Aldiansyah²; Daniel Sutanto³; Otto Hidayat Imanullah⁴

^{1, 2, 3, 4}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Nusantara,
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Kemanggis/Palmerah, Jakarta Barat 11480
¹jimmyl@binus.ac.id

ABSTRACT

The objective of the research was to produce a drawing table system with 2-aksis XY-table method and EMC software implementation. The EMC (Enhanced Machine Control) features are integrated with L297 and L298 as a motor stepper driver to draw simple objects. Methods used in the research are library research, engineering, and laboratory. The results concluded that system can work properly to draw objects such as square, triangle, circle, and capital letters A-Z according to the given input.

Keywords: drawing table system, motor stepper, enhanced machine control

ABSTRAK

Tujuan penelitian untuk menghasilkan sistem meja gambar dengan metode XY-Table 2 sumbu dan implementasi perangkat lunak EMC (Enhanced Machine Control). Penelitian dilakukan pada fitur EMC yang dapat digunakan untuk menggambar objek sederhana dan mengintegrasikan dengan Modul Driver L297 dan L298 untuk mengendalikan Motor Stepper. Metode penelitian mengemukakan studi perpustakaan, penelitian laboratorium, dan rekayasa. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan input yang diberikan.

Kata kunci: sistem meja gambar, motor stepper, enhanced machine control

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri dikenal sebuah sistem *software* yang dapat mengontrol mesin berat dengan nama EMC (Enhanced Machine Control). Sistem ini bekerja dengan sistem operasi Linux Debian dan merupakan hasil riset bertahun-tahun para *programmer* dari seluruh dunia. EMC menggunakan standardisasi bahasa pemrograman *numerical control* RS-274NGC atau G-Code yang banyak digunakan pada banyak mesin CNC sebagai *input*-nya. Seperti juga Linux Debian, perangkat lunak EMC ini bersifat *open-source* dan selalu di-*update* sehingga kemampuannya selalu berkembang. Sistem ini dapat bekerja dengan baik untuk mengontrol mesin bubut, mesin bor, dan lain-lain.

Penelitian ilmiah ini bertujuan untuk dapat merancang sebuah sistem XY-Table 2 dimensi yang kedua sumbunya digerakkan oleh motor *stepper* menggunakan L297-L298 sebagai *driver* motor *stepper*. Gerakan kedua sumbu XY-Table dikontrol

melalui sebuah PC yang terhubung dengan *interface parallel*, menggunakan perangkat lunak EMC. Rancangan sistem XY-Table ini diharapkan dapat digunakan sebagai sistem meja gambar elektronis.

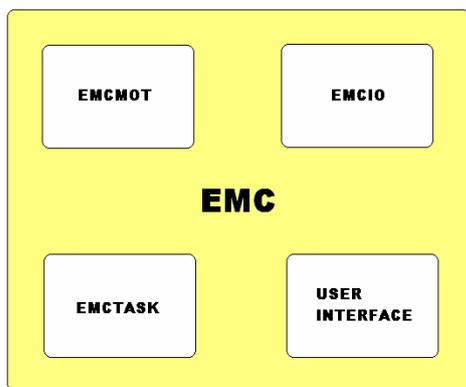
Computer Numerical Control (CNC)

CNC merupakan suatu sistem kontrol dengan basis komputer yang bekerja untuk menggerakkan motor yang terdapat pada mesin berat. Berdasarkan penjelasan *The EMC team writers* (2000), sistem CNC menggunakan komputer dan motor untuk menggantikan pekerjaan operator manusia, misalnya untuk memindahkan mesin potong (*cutting tools*) atau menggerakkan suatu mesin berat (*turning cranks*). Berikut ini adalah beberapa bahasa pemrograman yang digunakan pada sistem CNC: APT (*Automatically Programmed Tool*), EIA RS-274, AUTOSPOT, COMPACT/COMPACT II, EXAPT, ADAPT (*Adaptation of APT*), MAPT, UNIAPT. APT (*Automatically Programmed Tool*) dan EIA RS-274 merupakan contoh standardisasi

pada pemrograman CNC. Dari pengembangan CNC tersebut, lahir banyak sistem kontrol yang lebih canggih dan lebih spesifik, seperti contohnya EMC.

Enhanced Machine Control (EMC)

EMC merupakan salah satu bentuk pengembangan dalam sistem kontrol secara *real-time* yang dikembangkan oleh *Intelligent Systems Division* di National Institute of Standard and Technology (NIST). Dengan bekerja sama dengan beberapa badan lainnya, NIST berhasil menyederhanakan sistemnya menjadi sistem yang dikenal dewasa ini dengan nama EMC (Lihat gambar 1).



Gambar 1 Sistem EMC

Biasanya EMC digunakan pada PC dengan sistem operasi Linux untuk kemudahan penggunaan. Pada dasarnya, EMC terbagi dalam empat komponen utama, yaitu EMCMOT: Pengontrol gerak yang berfungsi untuk *sampling* posisi dari sumbu (*axes*) yang akan dikontrol, menghitung posisi selanjutnya pada lintasan yang diberikan, dan memperhitungkan *output* yang diberikan pada motor; EMCIO: Pengontrol *Input/Output* secara diskrit; EMCTASK: Interpreter G-code yang diberikan pada system; Antarmuka pengguna: Antar muka bagi pemakai EMC (*Graphical User Interface*), misalnya Tkemc,

Xemc, dan lain-lain. EMC adalah *free software* yang *open source*. Salah satu fitur EMC adalah dapat menginterpretasikan standardisasi bahasa pemrograman mesin RS-247NGC yang lebih dikenal dengan nama G-Code, menjadi sinyal digital sehingga dapat menggerakkan aktuator, misalnya motor *stepper*, melalui *port parallel* pada PC.

Dalam penelitian ini, digunakan BDI (*Brain Dead Install*) installer yang berisi Linux Debian sekaligus *software* EMC yang telah terintegrasi didalamnya yang memudahkan dalam proses instalasi.

RS-274NGC atau G-Code

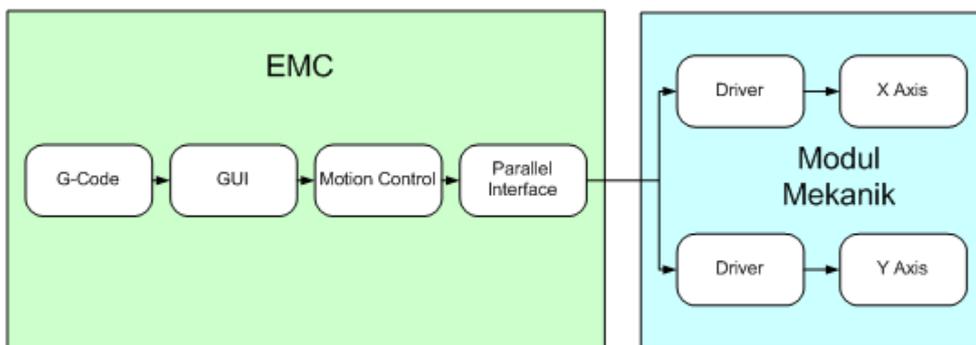
Pada tahun 1960 EIA (*Electronic Industry Association*) mengembangkan standardisasi RS-274 yang merupakan dasar dari *Numeric Control Programs* untuk pengaturan mesin CNC, misalnya mesin yang digunakan untuk pembuatan PCB yang dikontrol secara numerik. Pada Februari 1980 revisi dari RS-274D (ISO 6983) atau Gerber format ditetapkan yang terdiri dari beberapa bagian (<http://www.artwork.com/gerber/appl2.htm>):

- G-Code
- D-Code
- M-Code

Salah satu *extension* atau pengembangan RS-274D, yaitu RS-274NGC atau G-Code yang spesifikasinya ditetapkan pada tanggal 24 Agustus 1992 dengan judul “RS274/NGC for the LOW END CONTROLLER - First Draft”. Untuk menuliskan perintah dalam pemrograman G-Code biasanya diawali dengan huruf G.

PEMBAHASAN

Pada dasarnya, Sistem Meja Gambar ini memiliki prinsip kerja sesuai diagram blok sebagai berikut.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Meja Gambar

Input yang diberikan melalui PC adalah G-Code atau penekanan tombol pada mode pengoperasian manual. Format G-Code dari gambar yang dibuat kemudian akan diolah oleh perangkat lunak EMC yang akan mengirimkan data melalui *parallel port* menuju Modul *Driver* di setiap sumbu.

Modul *Driver* akan menerima setiap sinyal *input* yang dikirim oleh PC melalui *parallel port* berupa *clock* dan arah pergerakan. Untuk setiap *output*-nya, modul *driver* akan mengirimkan sinyal ke modul aksis yang berupa motor *stepper* yang akan menggerakkan sumbu atau aksis. Motor *stepper* kemudian akan bergerak sesuai data yang diterimanya menuju posisi sesuai *input* yang diberikan kepada EMC.

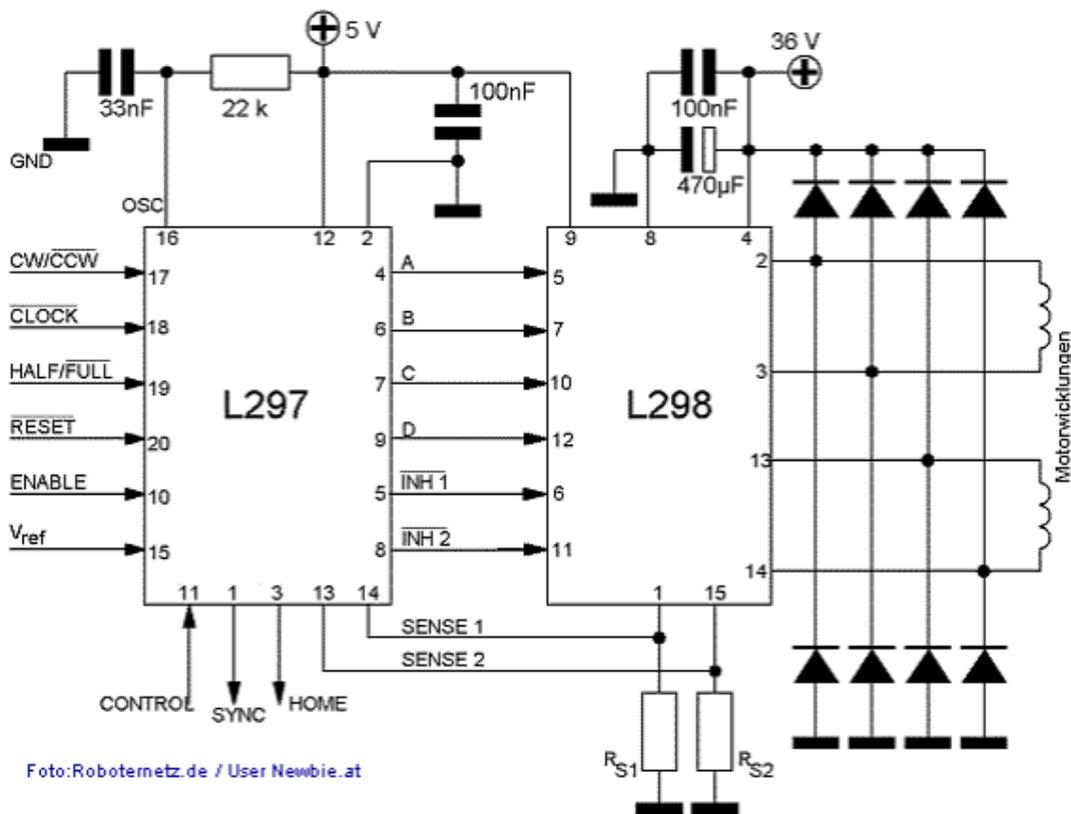
Spesifikasi Sistem

Sistem Meja Gambar ini menggunakan sebuah PC (*personal computer*) dengan spesifikasi dari PC yang digunakan adalah sebagai berikut: Prosesor Intel Pentium III 800 MHz; Memori 256 MB SDRAM; *Graphic Card NVIDIA Riva TNT 32 MB*; *Disc Drive 10 GB*; Sistem Operasi Linux-Debian dan Piranti lunak EMC. Perangkat lunak

EMC tersebut menggunakan *interface parallel* pada PC dan akan terhubung dengan modul *driver* sumbu X maupun modul *driver* sumbu Y.

Modul Driver

Perancangan Modul *Driver Motor Stepper* berfungsi untuk menerima sinyal *input* dari *port parallel* PC berupa *clock* dan arah pergerakan yang digunakan untuk mengatur *motor stepper* agar bergerak sesuai dengan pergerakan yang diinginkan. Modul ini diperlukan karena tegangan maupun arus yang dikeluarkan dari *port parallel* PC kurang besar untuk menggerakkan *motor stepper*. Selain itu, *output* yang dihasilkan dari PC hanya berupa *clock* dan arah saja sehingga diperlukan sebuah modul yang berfungsi untuk *men-translate input* yang berupa *clock* dan arah pergerakan menjadi sinyal sekuensial untuk menggerakkan *stepper* sesuai dengan keinginan.



Gambar 3 Modul *Driver*

Modul Mekanik

Dengan memperhitungkan faktor berat material dan daya tahan, komponen dalam sistem mekanik lebih banyak menggunakan aluminium sebagai bahan dasar. Meskipun untuk bagian seperti *bearing*, as ulir, dan batangan as menggunakan bahan dasar besi. Bahan tersebut relatif mudah didapatkan dengan harga cukup murah, kecuali untuk bahan dasar aluminium yang lebih mahal. Hasil perancangan sistem mekanik kemudian dikerjakan dibengkel bubut untuk mendapatkan hasil yang cukup presisi sesuai kebutuhan sistem. Skema sistem mekanik yang dirancang (Lihat Gambar 4).

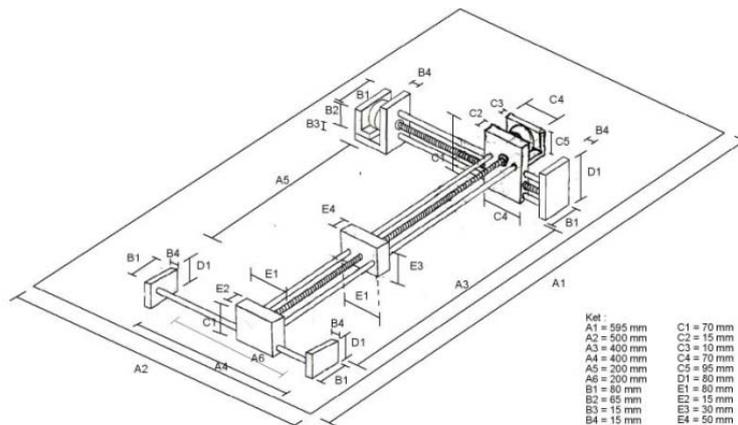
Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan file berekstensi *.ngc* menggunakan bahasa pemrograman G-code yang bertujuan agar sistem XY-Table dapat menggambar objek bujur sangkar dengan sisi 50 mm x 50 mm, segitiga siku-siku dengan sisi tegak lurus 50 mm dan 50 mm, lingkaran dengan jari-jari 20 mm dan huruf-huruf kapital A sampai Z.

Pengaturan Dasar INI File

Berikut ini adalah pengaturan minimum nilai parameter pada INI File yang perlu diubah agar Sistem Meja Gambar dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi modul mekanik yang dibuat.

1. **LINEAR_UNITS**
Nilai yang digunakan adalah 1 yang menandakan ukuran satuan yang digunakan adalah milimeter.
2. **MAX_VELOCITY**
Nilai parameter yang digunakan sebagai batas maksimal kecepatan putaran motor *stepper*. Nilai yang digunakan sebesar 2 (mm/detik) yang merupakan nilai *default*.
3. **UNITS**
Nilai yang digunakan adalah 1 yang menandakan ukuran satuan yang digunakan adalah milimeter.
4. **INPUT_SCALE**
Nilai parameter yang digunakan oleh EMC sebagai *input*, berdasarkan jumlah step dari motor *stepper* untuk melakukan 1 putaran berbanding jarak pergeseran linear yang terjadi di batangan ulir. Nilai yang didapat adalah $200:1,25 = 160$.



Gambar 4 Sistem Mekanik



Gambar 5 Perhitungan Nilai Input dan Output Scale

5. **OUTPUT_SCALE**
Nilai parameter yang digunakan oleh EMC sebagai *output*, disarankan sesuai dengan nilai yang digunakan pada *input* EMC, dalam hal ini sebesar 160.
6. **MIN_LIMIT**
Nilai minimal yang digunakan sebagai parameter oleh EMC sebagai batas nilai terkecil pada sistem mekanik. Nilai yang digunakan sebesar -200, sebagai batas nilai terkecil = -200 mm. *dari titik HOME* yang ditentukan.
7. **MAX_LIMIT**
Nilai maksimal yang digunakan sebagai parameter oleh EMC sebagai batas nilai terbesar pada sistem mekanik. Nilai yang digunakan sebesar 200, sebagai batas nilai terbesar = 200 mm.

Prosedur Instalasi BDI (*Brain Dead Installer*) Installer 4.50

Untuk menggunakan perangkat lunak EMC, terlebih dahulu meng-*install* system operasi Linux Debian yang menjadi satu dalam BDI Installer 4.50. Prosedur instalasi yang harus dijalankan adalah sebagai berikut. Pertama, lakukan booting PC menggunakan CD BDI Installer 4.50, tekan enter untuk instalasi dalam mode grafik. Kedua, pilih *Next* button untuk memulai proses instalasi. Ketiga, pilih bahasa (default = US English) yang digunakan selama proses instalasi, lalu tekan tombol *Next*. Keempat, pilih konfigurasi *keyboard* yang diinginkan (default = US English), lalu tekan tombol *Next*.

Kelima, Pilih Monitor yang digunakan, apabila tipe monitor tidak ada maka disarankan memilih Tipe Generic baik LCD maupun CRT kemudian tekan tombol *Next*. Keenam, pilih tipe instalasi yang diinginkan kemudian tekan tombol *Next*. Ketujuh, buat dua buah partisi, partisi yang pertama ditujukan untuk tempat sistem operasi berada dengan nama *drive* atau di-*mount* dengan simbol “/” yang berformat EX3 dan kapasitas minimal 3GB. Partisi yang kedua adalah *swap*, partisi ini ditujukan untuk *paging file* sistem operasi, besar kapasitas yang disarankan adalah 500MB. Pemilihan atau pengaturan partisi dilakukan dengan bantuan tombol yang tersedia. Tombol *New* digunakan untuk membuat partisi baru, tombol *Edit* digunakan untuk memodifikasi partisi yang sudah ada, tombol *Delete* digunakan untuk menghapus partisi yang sudah ada, dan tombol *Reset* digunakan untuk mengembalikan partisi yang telah di-*design* ke keadaan sebelumnya.

Kedelapan, pemilihan *boot loader* yang digunakan, *default*-nya adalah Debian GNU/Linux.

Setelah pemilihan, tekan tombol *Next*. Kesembilan, pengaturan konfigurasi *NIC* atau *Lan Card*, Pilih *Automatically via DHCP* jika PC tidak terhubung ke *network* lalu tekan tombol *Next*. Kesepuluh, pilih bahasa yang digunakan dalam sistem operasi, English (USA) adalah pilihan *default* kemudian tekan *Next*.

Kesebelas, Pilih Zona waktu setempat kemudian tekan tombol *Next*. Kedua belas, buat *password root (administrator)* dan *user* yang akan menggunakan sistem ini. Kemudian tekan tombol *Next*. Ketiga belas, pilih perangkat lunak yang akan di-*install* pada sistem operasi, disarankan untuk memilih tipe instalasi secara *default* kemudian tekan tombol *Next*. Keempat belas, tekan *Next* untuk memulai instalasi. Tunggu sampai instalasi selesai kemudian re-start sistem.

Pengaktifan Sistem Meja Gambar dengan EMC

Berikut ini adalah langkah yang harus dilakukan untuk mengaktifkan sistem:

- Hubungkan PC dengan kedua Modul *Driver* melalui *parallel port*
- Aktifkan switch *power supply* pada Modul *driver*
- Lakukan *Booting* pada PC yang digunakan pada sistem
- Jalankan aplikasi *konqueror* lalu masukkan pada bagian *location bar*, alamat folder berikut : “file:/usr/local/emc/”
- Jalankan *emc.run* dengan cara mengklik file tersebut.

Mode Operasi Manual

Setelah perangkat lunak EMC berjalan, berikut adalah langkah yang harus dijalankan untuk menggunakan mode operasi manual:

- Click pada *button* ESTOP, pilih ESTOP OFF lalu pilih Machine ON.
- Click *button* MANUAL, lalu pilih MANUAL.
- Tekan CONTROL *button* untuk pengontrolan pergerakan aksis.

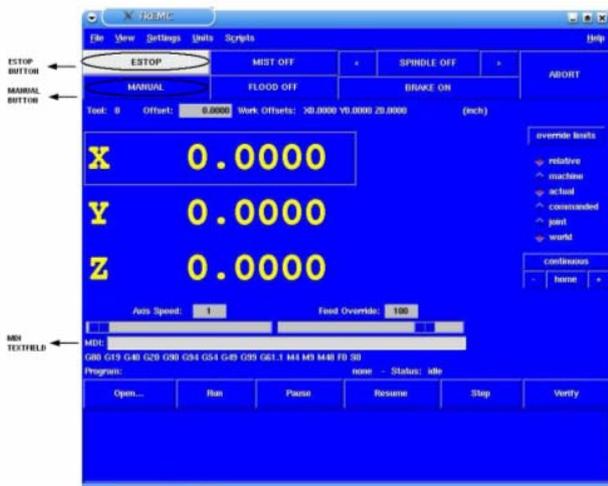


Gambar 6 Penggunaan Mode Operasi Manual

Mode Operasi MDI

Setelah perangkat lunak EMC berjalan, berikut adalah langkah yang harus dijalankan untuk menggunakan mode operasi MD (Lihat gambar 7):

- Click Pada *button* ESTOP, pilih ESTOP OFF lalu pilih Machine ON.
- Click *button* MANUAL, lalu pilih MDI.
- Masukan perintah G-code pada *textfield* MDI.

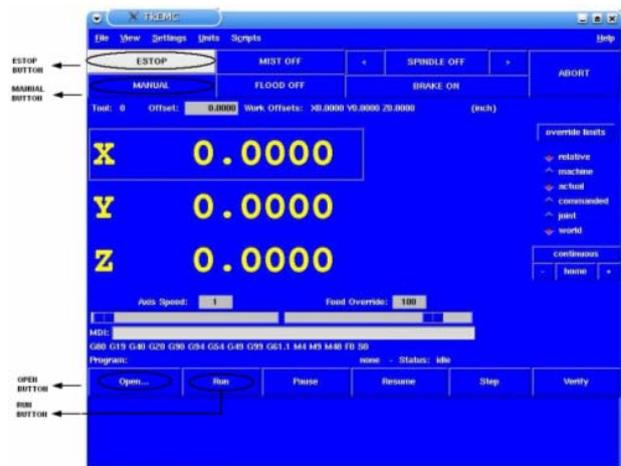


Gambar 7 Penggunaan Mode Operasi MDI

Mode Operasi Auto

Setelah perangkat lunak EMC berjalan, berikut adalah langkah yang harus dijalankan untuk menggunakan mode operasi AUTO (Lihat gambar 8):

- Click Pada *button* ESTOP, pilih ESTOP OFF lalu pilih Machine ON.
- Click *button* MANUAL, lalu pilih AUTO.
- Buka file berekstensi .ngc melalui *button* OPEN.
- Tekan *button* RUN untuk menjalankan file tersebut.



Gambar 8 Penggunaan Mode Operasi Auto

Evaluasi dan Analisis

Keseluruhan perangkat lunak dan perangkat keras sistem diimplementasikan di Lab. Penelitian & Pengembangan Jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara dan dapat bekerja sesuai spesifikasi awal perancangan. Dengan pengaturan inisialisasi sistem EMC yang paling sederhana, Sistem Meja Gambar sudah dapat mengerjakan semua perintah yang dikirimkan oleh EMC dengan fitur yang disediakan. Tiap mode operasi dapat dijalankan.

Untuk mode manual, dari 5 kali percobaan dapat dilihat bahwa sistem mekanik dapat berkerja sesuai dengan input. Kesalahan terjadi yang dapat diamati adalah sebesar $\pm 0,5$ mm.

Untuk mode MDI, dengan pengujian tingkat *repeatability* dari sistem didapatkan nilai kesalahan yang dapat diamati $\pm 0,5$ mm.

Untuk mode auto, percobaan dilakukan bervariasi untuk menggambar objek sederhana seperti lingkaran, bujur sangkar, segitiga, dan bentuk huruf kapital dari "A" sampai dengan "Z" dapat bekerja sesuai input yang diberikan.

Berdasarkan percobaan yang berkaitan dengan elemen waktu dapat dilihat bahwa sistem masih dapat bekerja sesuai dengan *input* dengan nilai $MAX_VELOCITY \leq 2.7$ dan memiliki nilai *error* $\leq 0,5\%$. Kecepatan maksimum yang dihasilkan berhubungan dengan parameter *step rate* (\dot{u}), perubahan sudut setiap step (\ddot{o} dalam derajat), torsi motor *stepper* (T), beban inerti (I_0), dan waktu (t). Nilai % *error* yang dapat diamati untuk pengujian tingkat akurasi waktu adalah sebesar 2,092% dari hasil perhitungan waktu kerja ideal. Hal itu disebabkan keterbatasan kecepatan tangan penguji.

Pengujian *feed override* membuktikan bahwa parameter tersebut merupakan prosentase (%) dari kecepatan yang diberikan. Ketika nilai *feed override* dikurangi dari 100 maka waktu tempuh menjadi lebih lama karena kecepatannya berkurang.

Dari hasil gambar yang diperoleh, garis lurus yang terbentuk terlihat seperti beresilasi. Kesalahan gambar yang dihasilkan Sistem Meja Gambar ini disebabkan, antara lain kurang presisinya proses pembuatan dan pembubutan beberapa komponen sistem mekanik, penggunaan batang ulir yang agak melengkung, dan kekurangan yang terdapat pada alat tulis (spidol) yang digunakan.

PENUTUP

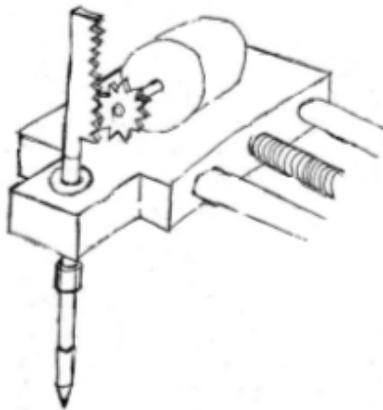
Simpulan yang didapat setelah dilakukan evaluasi sistem adalah sebagai berikut. Pertama, EMC merupakan sebuah sistem *software* yang dapat mengontrol aktuator untuk mengatur pergerakan posisi, kecepatan, dan waktu. Kedua, EMC menggunakan standardisasi RS-274NGC atau G-Code yang banyak digunakan untuk pemrograman sistem CNC. Ketiga, pada EMC terdapat 3 buah mode operasi, yaitu mode Manual, MDI (*Manual Data Input*), dan Auto.

Keempat, Sistem Meja Gambar yang telah diteliti dapat melakukan pergerakan terhadap sumbu X dan Y untuk membentuk objek sederhana, seperti bujursangkar, lingkaran, segitiga, huruf kapital A sampai Z, huruf kecil "a" dan tulisan sambung "yth". Kelima, dengan pengujian tingkat *repeatability* dari sistem didapatkan nilai kesalahan yang dapat diamati $\pm 0,5$ mm.

Keenam, pada penelitian yang berhubungan dengan komponen waktu, Sistem Meja Gambar mempunyai nilai rata-rata kesalahan sebesar 2,092%. Ketujuh, berdasarkan percobaan yang berkaitan dengan kinerja sistem dapat dilihat bahwa sistem masih dapat bekerja sesuai dengan *input* dengan nilai $MAX_VELOCITY \leq 2.7$ dan memiliki nilai *error* $\leq 0,5\%$.

Kedelapan, kecepatan maksimum sistem yang dihasilkan berhubungan dengan parameter *step rate* (\dot{u}), perubahan sudut setiap step (\ddot{o} dalam derajat), torsi motor *stepper* (T), beban inerti (I_0), dan waktu (t). Kesembilan, pada Sistem Meja Gambar, *feedrate* dan *feed override* merupakan parameter pengaturan komponen kecepatan dan waktu.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut. Pertama, perbaikan sistem mekanik, seperti pemilihan batangan ulir yang lebih lurus, proses pembubutan yang lebih akurat. Kedua, penambahan sumbu Z pada Modul Mekanik sehingga *pointer* dapat bergerak naik atau turun dengan bantuan Motor *Stepper*. Garis besar sketsa desain sumbu Z dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Sketsa Desain Sumbu Z

Ketiga, penelitian fitur EMC selain yang telah diteliti seperti penggunaan motor servo, pergerakan angular, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. "Stepper Motors: Sizing and Selection." Diakses pada 7 Maret 2007 dari http://www.industrial-electronics.com/output_devices_amplifiers_valves_relays_variable-frequency_drives_stepper_motors_servomotors/Selecting-Proper-Size-Stepper-Motor.html.
- Beaty, H. Wayne and James L. Kirtley, Jr. 1998. *Electric Motor Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Derenzo, Stephen E. 2003. *Practical Interfacing in the Laboratory: Using a PC for Instrumentation, Data Analysis, and Control*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- DiBartolomeo, Steve. 1991. "D-codes, Aperture & Gerber Plot Files." Diakses pada 20 Desember 2006 dari <http://www.artwork.com/gerber/appl2.htm>.
- Engdahl, Tomi. "Parallel Port Interfacing Made Easy: Simple Circuits and Programs to Show How To Use PC Parallel Port Output Capabilities." Diakses pada 18 April 2006 dari http://www.epanorama.net/circuits/parallel_output.html
- Garbee, Bdale, et. al. "A Brief History of Debian." Di akses pada 2 Mei 2006 dari <http://www.Debian.org/doc/manuals/project-history/index.en.html#contents>
- Jones, Douglas W. "Stepping Motors." Diakses pada 2 April 2006 dari <http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/index.html>.
- Mahendra.. "Complete Pinout Guide for Parallel Port, Serial Port, Network, PS2 & Monitor Cables." Diakses pada 18 April 2006 dari <http://www.infonewsindia.com/pinout/>,
- Schweber. 1998. *Communication in Network System*. Jerman: McGraw-Hill.
- The EMC team writers. 2000. *The Enhanced Machine Control User Handbook*. LinuxCNC.org.