

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL MESIN CNC MILLING 3 AXIS MENGGUNAKAN CLOSE LOOP SYSTEM

Ikhlah Syukran Harrizal¹, Syafri², Adhy Prayitno³

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293

¹ikhlah_syukran@yahoo.com, ²prie_00m022@yahoo.com, ³adhyprayitno_hadi@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

A multi axis of CNC machine needs a circuit control systems that function as the engine's brain. The purpose of this research is to design and developing a circuit control of the CNC milling machine with 3 axis movement. All machining parameters would be setup and operated through the control system so that the machine can operate in accordance with the design in three axes. In the design of the control system used 3 stepper motors as a driver, where each was enabled to move the engine against the x, y, and z axis. There are several steps that must be done in this design, such as the selection of control element data. Furthermore, control elements consisting of Breakout Board, Motor Driver, Stepper Motor, Power Supply, Limit Switch, and Emergency Stop are assembled according to schematic control design. The control system was connected to the PC through the Mach3 software interface to be used to drive the actuator. Prior to use for machining processes, the control system needs to be calibrated so that the machine's sliding dimension matches the command dimensions of the PC. Control system on CNC machines designed using a close loop system where there was a Limit Switch as a feedback sensor to the engine, so what if there was a mistake (error) on the track machine, then the sensor would command the spindle back to home position.

Key Words : CNC, Control System, Elements of Control, Mach3, Close Loop

1. Pendahuluan

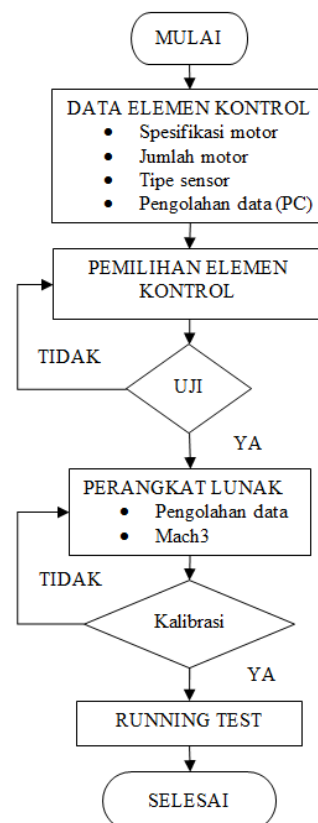
Salah satu penyebab rendahnya produktifitas usaha kecil menengah (UKM) dalam negeri dikarenakan minimnya modal untuk pengadaan mesin perkakas modern seperti mesin *control numeric* (NC), oleh karenanya sebagian UKM yang bergerak dibidang manufaktur dirasa tidak mampu mengadakan mesin perkakas tersebut untuk proses produksinya. Akibatnya UKM tidak mampu memproduksi produk-produk dengan geometri khusus dengan ketelitian yang tinggi, sehingga kalah bersaing dengan produk-produk impor yang berasal dari berbagai negara.

Di jurusan Teknik Mesin Universitas Riau, telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun prototipe konstruksi mekanik mesin CNC *milling 3 axis* untuk sakala industri kecil dengan harga yang murah (Naldy, 2016). Pada penelitian tersebut telah didesain bentuk dan diperhitungkan pembebenanya sehingga memungkinkan untuk diproduksi. Untuk melengkapi konstruksi mekanik mesin CNC, dibutuhkan sistem kontrol yang nantinya berfungsi sebagai otak mesin. Dimana seluruh parameter pemesinan nantiya akan di-*setup* dan dioperasikan melalui sistem kontrol tersebut. Sehingga mesin ini nantiya bisa berperilaku seperti mesin modern yang dapat beroperasi dalam tiga sumbu.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada perancangan dan pembuatan sistem kontrol mesin CNC *milling 3 axis*. Nantinya penelitian ini akan difokuskan pada pemilihan komponen sistem kontrol, perakitan sistem *interface*, sehingga konstruksi mekanik mesin CNC terhubung dengan mikroprosesor yang dikendalikan oleh personal computer (PC).

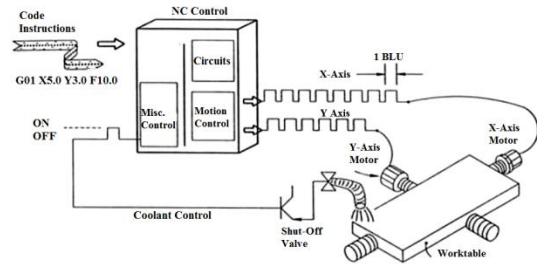
2. Metodologi

Dalam perancangan sistem kontrol mesin CNC 3 *axis*, ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan, diantaranya adalah pemilihan data elemen kontrol, perancangan *interface* dan kalibrasi seperti pada bagan yang diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram Alir Perancangan Sistem Kontrol

Dalam menjalankan sistem kontrol digunakan metode komputer kontrol numerik, yaitu teknik yang digunakan untuk mengontrol alat dan proses pada mesin dengan menggunakan perintah kode (Rajput, 2016). Kontrol numerik mengontrol penggunaan instruksi tersebut dan menterjemahkan kedalam dua tipe sinyal kontrol yaitu sinyal gerak dan sinyal kontrol berganti-ganti seperti diilustrasikan pada Gambar 2.2. Sistem kontrol pada mesin CNC nantinya bekerja menggantikan sebagian besar pekerjaan yang biasanya dilakukan oleh operator mesin.



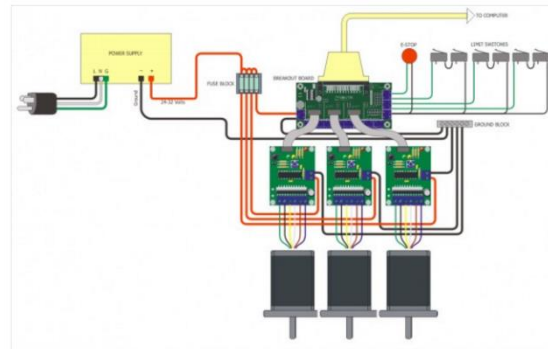
Gambar 2.2 Komputer Kontrol Numerik (Krar dan Gill)

2.1 Skematik Rangkaian Sistem Kontrol

CNC adalah suatu sistem yang pada dasarnya mengubah bahasa program (*G-Code*) menjadi gerakan-gerakan *axis* pada mesin. Pada rangkaian sistem CNC terdapat komputer yang berfungsi mengubah karakter *G-Code* ke bahasa mesin yang kemudian diproses dan dikirim kepada masing-masing *driver motor* dalam bentuk sinyal, baik sinyal analog maupun digital.

Mesin CNC ini termasuk mesin yang menggunakan sistem *close loop*. Apabila ada kesalahan (*error*) pada mesin baik dari program yang dimasukkan ataupun dari sistem elektrikalnya mesin tersebut akan mengeluarkan *alarm code* dan proses yang sedang berjalan akan *ter-paused*.

Sistem kontrol numerik pada mesin CNC dapat berjalan dikarenakan adanya seperangkat komponen sistem kontrol yang mendukung operasional mesin seperti *stepper motor*, *driver motor*, *breakout board control*, *power supply* dan lain-lain. Semua komponen tersebut selanjutnya digabungkan sedemikian rupa dengan kabel-kabel sehingga membentuk perangkat elektronik tertentu. Ada pun rancangan sistem kontrol pada mesin CNC yang dibuat diperlihatkan oleh skematik pada Gambar 2.3.



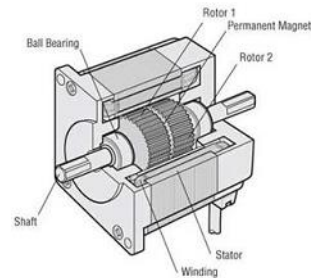
Gambar 2.3 Rangkaian Sistem Kontrol (instructables.com)

2.2 Hardware Sistem Kontrol

Hardware pada sistem kontrol merupakan perangkat keras (peralatan) yang digunakan dalam sistem kontrol mesin CNC 3-axis. Adapun beberapa *hardware* yang digunakan dalam sistem kontrol mesin CNC adalah *stepper motor*, *driver motor*, *breakout board*, *power supply*, *limit switch*, kabel-kabel dan PC.

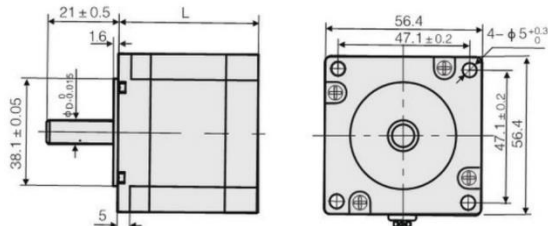
1. Stepper Motor

Stepper motor adalah seperangkat alat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit (Islami, 2010). *Stepper Motor* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan *stepper motor* diperlukan pengendali *stepper motor* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik seperti *driver motor*. Adapun konstruksi dasar dari *stepper motor* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konstruksi dasar Motor Stepper (Susa'at, 2015)

Pada penelitian dipilih *stepper motor* sebagai aktuator atau penggerak. Pemilihan *stepper motor* dilakukan karena motor tersebut dapat dikendalikan dengan cukup mudah dan memiliki ketelitian yang tinggi. Adapun motor yang akan digunakan pada perakitan ini adalah *stepper motor* jenis Nema23 dengan torsi 178.5 oz-inch (1.26 Nm). Cocok digunakan untuk pengerjaan bahan PCB, *acrylic*, kayu, dan aluminium. Bentuk dari *stepper motor* Nema23 dapat dilihat pada Gambar 2.5.

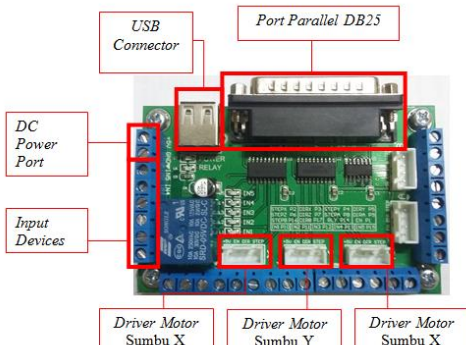


Gambar 2. 5 Stepper Motor Nema23 (OMC-stepperonline.com)

2. Breakout Board

Breakout Board (BOB) merupakan *card electronic* yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari komputer baik *input* maupun *output* kepada aktuator. BOB merupakan komponen utama sistem kontrol yang berfungsi sebagai otak pada CNC. BOB nantinya difungsikan sebagai penghubung sinyal data dari komputer menuju *relay* atau *driver*, atau juga menghubungkan sinyal *input* dari luar agar bisa dibaca pada PC. BOB menggunakan *parallel port* komputer DB25 yang dapat diakses dengan *interface software Mach3* ataupun *software* lain sejenis yang bekerja dengan *parallel port* DB25. BOB yang akan digunakan untuk perancangan sistem kontrol ini adalah CNC Interface Board ST-V3.

BOB memiliki beberapa *port* yang nantinya terhubung ke masing-masing *port* seperti ke PC, *stepper motor 3 axis*, *input device*, *usb connector* dan sumber tenaga (*power*). Adapun uraian lengkap tentang BOB dan *port* konektornya diperlihatkan oleh Gambar 2.5.

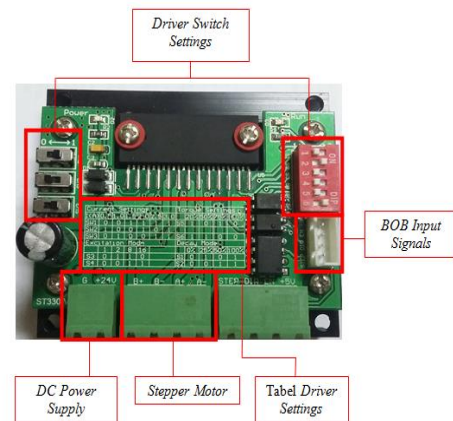


Gambar 2. 5 CNC Breakout Board ST-V3

3. Driver Motor

Driver Motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan *controller* dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari kontroler sehingga dapat dibaca oleh aktuator. Dalam perancangan elemen kontrol ini *motor driver* yang akan digunakan adalah *Board TB6560* untuk mesin CNC 3 axis.

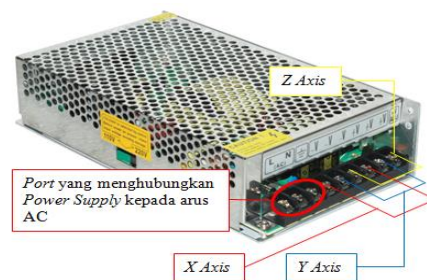
Seperti halnya BOB, *driver motor stepper* juga memiliki beberapa *port* yang nantinya terhubung ke masing-masing *port* seperti BOB *input signal*, *motor stepper*, *driver switch setting*, *DC power supply*, *tabel driver setting* seperti diperlihatkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Driver Motor Board TB6560

4. Power Supply untuk Stepper Motor

Power Supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan DC bagi *CNC Controller*, *Motor Stepper*, dan *Tool/Spindle*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplai yang optimal bagi *motor* dan *spindle*. Adapun susunan kabel yang terdapat pada *port power supply* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Power Supply

5. Spindle

Spindle merupakan bagian dari mesin yang akan menjadi rumah *cutter*. *Spindle* inilah yang mengatur putaran dan pergerakan *cutter* pada sumbu Z. *Spindle* selanjutnya digerakkan oleh motor yang dilengkapi dengan sistem transmisi *belting* atau

kopling. Bentuk *spindle* yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2.8.

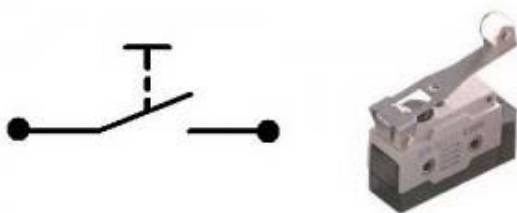


Gambar 2. 8 Spindle Kit (Qin, 2013)

Spindle merupakan bagian yang sangat penting pada mesin karena komponen ini yang akan berkontak langsung dengan benda kerja. Dalam hal ini untuk perancangan mesin CNC maka *tool* yang akan digunakan adalah *Spindle Motor + ER11 Collet* dengan kecepatan putar 3.000-12.000 rpm dan daya sebesar 500 Watt.

6. Limit Switch dan Emergency Stop

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *Push ON/OFF* yaitu hanya akan terhubung pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan terputus saat katup tidak ditekan. *Limit switch* termasuk dalam tipe sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perbuahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari *limit switch* adalah sebagai sensor posisi suatu benda yang bergerak. Simbol dan bentuk *limit switch* dapat dilihat pada Gambar 2.9.

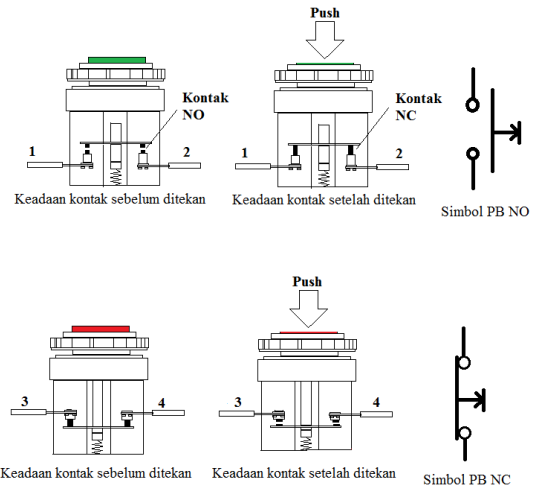


Gambar 2. 9 Simbol dan bentuk sensor *limit switch* (OMC-stepperonline.com)

Emergency Stop merupakan jenis saklar yang apabila di tekan akan terkunci dan untuk melepaskannya harus diputar, disebut *emergency stop* untuk memudahkan pengguna mengetahui fungsi saklar ini yaitu untuk mematikan sistem secara darurat.

Pada Gambar 2.10 dapat dilihat *E-stop* memiliki 2 kondisi yaitu *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO). Untuk keadaan NO, dalam keadaan normal arus listrik yang melewati *e-stop* dalam keadaan terputus. Ketika tombol *e-stop* ditekan, maka arus akan terhubung. Untuk keadaan NC berlaku

hal sebaliknya, dalam keadaan normal *e-stop* terhubung dan ketika tombol ditekan maka arus listrik akan terputus. Dalam aplikasinya, *e-stop* dengan kondisi NC lebih banyak digunakan karena kembali kepada fungsi dari *e-stop* itu sendiri yaitu menjadi kontak *emergency* pertama yang berfungsi memutus aliran listrik yang bekerja pada mesin ketika dalam keadaan darurat.

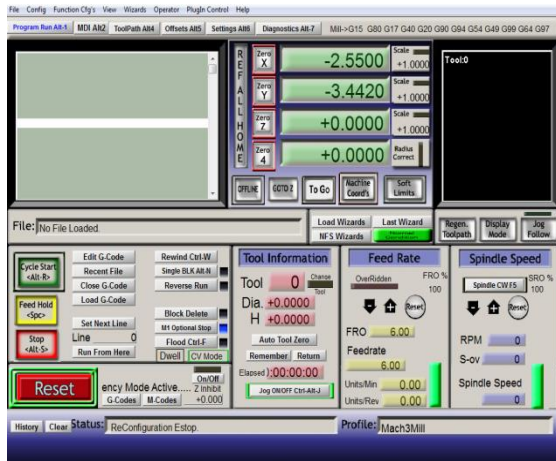


Gambar 2. 10 Emergency Stop (OMC-stepperonline.com)

2.3 Software Sistem Kontrol

Software pada sistem kontrol merupakan perangkat lunak (program komputer) yang digunakan untuk mengontrol mesin CNC 3-axis. *Software* tersebut selanjutnya akan di-*install* pada perangkat komputer dan bertindak sebagai *interface*. *Interface* merupakan perangkat lunak yang berfungsi mengkomunikasikan semua perintah dari *end user* sehingga mampu dibaca dengan baik oleh semua *hardware*. Dengan adanya *interface* mesin CNC akan bergerak sesuai dengan program yang telah didesain sebelumnya.

Pada penelitian ini, yang digunakan sebagai *interface* adalah perangkat lunak *Mach3*, yaitu sebuah *control software* yang diciptakan oleh ArtSoft USA. Tersedia dalam bentuk *free version* dan *comercial version*. Kedua versi relatif sama, tetapi pada versi gratis *G-Code* yang bisa dimasukkan hanya 500 baris. Sementara untuk versi berbayar kita dapat memasukkan *G-Code* dalam jumlah melebihi 10.000.000 baris (Fernetty and Prentice, 2005). Adapun tampilan program *Mach3* diperlihatkan pada Gambar 2.11.

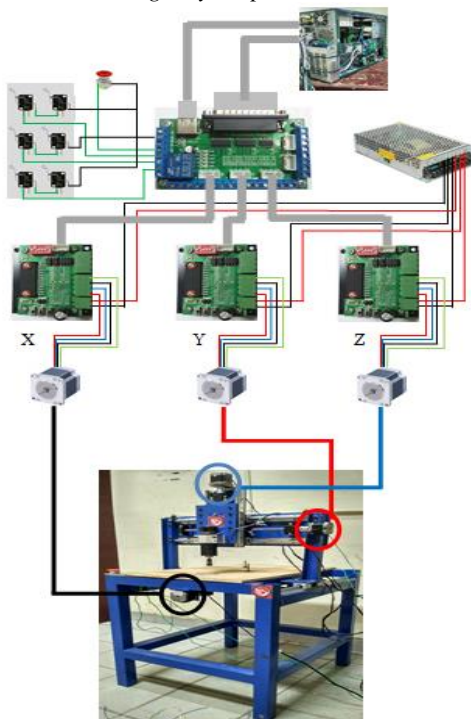


Gambar 2. 11 Tampilan Awal Mach3 (Fernety and Prentice, 2005)

3. Hasil

3.1 Skematik Rangkaian Kontrol CNC Milling 3 Axis

Setelah dilakukan pemilihan komponen sistem kontrol mesin CNC milling 3 axis, selanjutnya dilakukan perakitan semua komponen kontrol tersebut dan dihubungkan dengan aktuator pada mesin. Pada Gambar 3.1 diperlihatkan hasil rangkaian skematik sistem kontrol pada mesin CNC. Pada skematik tersebut terdapat beberapa komponen penting sebagai penyusun mesin CNC diantaranya adalah, Komputer, Breakout Board, Motor Driver, Motor Stepper, Power Supply, Limit Switch, dan Emergency Stop.

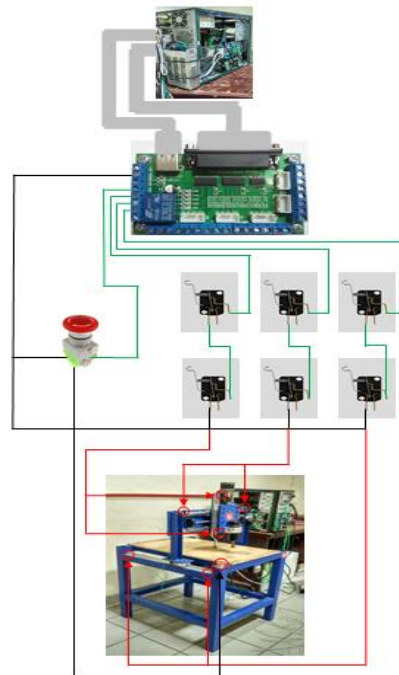


Gambar 3. 1 Skematik rangkaian kontrol CNC Milling 3 Axis

3.2 Skematik Rangkaian Limit Switch dan Emergency Stop pada CNC Milling 3 Axis

Limit Switch berfungsi sebagai pemberi sinyal feedback kepada komputer. Limit Switch akan bekerja ketika mengalami sentuhan dan terdengar bunyi “klik”. Dalam hal ini Limit Switch akan memberikan sinyal perintah kepada komputer bahwa mesin bergerak mencapai batas jarak kerja maksimal. Setelah komputer menerima sinyal dari Limit Switch, Komputer akan memberikan sinyal perintah kepada Motor Stepper untuk bergerak kembali ke posisi awal pengerjaan yaitu pada titik koordinat 0,0,0. Dengan menggunakan sensor Limit Switch, didapat batas kerja maksimal pada sumbu x adalah 390 mm, sumbu y adalah 340 mm dan pada sumbu z adalah 98 mm.

Sedangkan E-Stop berfungsi sebagai tombol darurat ketika terjadi kesalahan pada proses pengerjaan. Ketika tombol E-Stop ditekan, maka E-Stop akan menyampaikan informasi kepada Komputer bahwa telah terjadi kesalahan pada proses pengerjaan. Kemudian Komputer akan memberi perintah kepada Stepper Motor untuk berhenti bergerak. Rangkaian kerja ini disebut juga sebagai rangkaian kerja input. Adapun rangkaian input signals pada kontrol CNC milling 3 axis dapat dilihat pada Gambar 3.2.

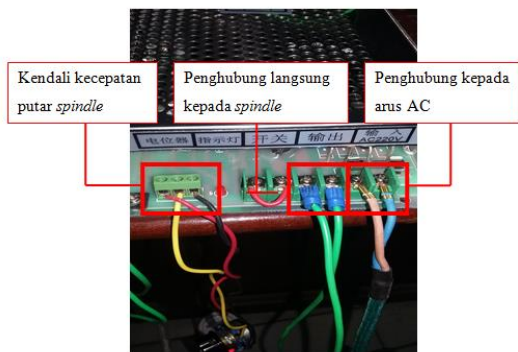


Gambar 3. 2 Skematik rangkaian limit switch dan emergency stop pada CNC Milling 3 Axis

3.3 Konfigurasi Spindle Motor

Spindle merupakan salah satu aktuator penting pada rangkaian mesin CNC ini. spindle berfungsi memberikan putaran kepada mata potong pada saat melakukan pengerjaan. Spindle membutuhkan power supply sebagai pemberi arus listrik, pengatur putaran, dan lain-lain. Dalam rangkaian sistem kontrol spindle memiliki port power supply sendiri

dan tidak tergabung ke dalam port *power supply* untuk motor *stepper*. Adapun *port power supply* yang terhubung ke *spindle* berada dibagian belakang seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.3.



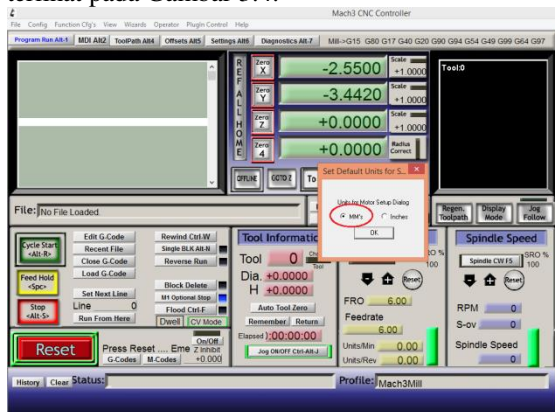
Gambar 3. 3 Port Rangkaian Power Supply Spindle

3.4 Hasil Pengaturan Software Mach3

Mach3 adalah software utama yang digunakan pada mesin CNC. *Mach3* akan membantu komputer menyampaikan sinyal informasi dan perintah kepada mesin dalam bentuk *Code*. Terdapat beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan pada *Mach3* untuk menentukan performa mesin.

1. Select Native Unit

Pada menu utama *Mach3* terdapat menu "*config*" yang memiliki sub menu "*Select Native Unit*". Menu tersebut dipilih untuk mengatur standar satuan ukuran yang akan digunakan seperti terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Menu Native Units

2. Ports and Pins – Motor Outputs

Motor outputs pada menu *ports and pins* berfungsi sebagai pengatur *interface Mach3* dalam mengendalikan aktuator *motor stepper* yang bergerak pada tiga sumbu.

3. Ports and Pins – Input Signals

Pada rangkaian kontrol Mesin CNC ini, *Limit Switch* dan *E-Stop* terhubung dan memberikan sinyal *input* kepada *software interface Mach3* yang selanjutnya akan memberi perintah lanjutan kepada *motor output*. Khusus untuk komponen *Limit*

Switch, selain sebagai komponen keamanan, *Limit Switch* juga dapat dijadikan sebagai batas jangkauan maksimal dari masing- masing sumbu pada mesin CNC.

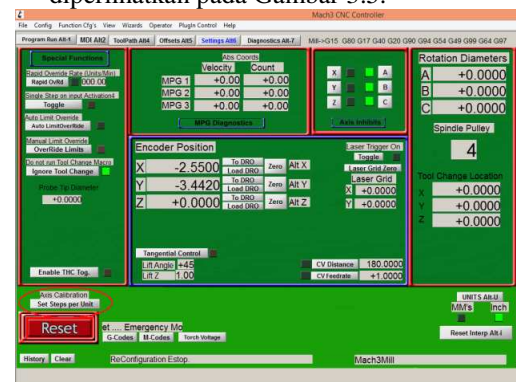
4. Motor Tuning

Motor Tuning berfungsi untuk mengatur performa motor yang dibutuhkan. Ada beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam pengaturan *Motor Tuning* diantaranya adalah *Steps Per*, *Velocity*, dan *Acceleration*.

3.5 Kalibrasi Mach3 sebagai Software Interface

Setelah putaran masing-masing motor ditentukan pada *software Mach3*, selanjutnya dilakukan kalibrasi terhadap pergerakan mesin. Hal ini dilakukan agar ukuran pergerakan mesin sesuai dengan perintah pada komputer, seperti perintah pergerakan 100 mm pada *interface* akan dieksekusi dengan perpindahan sejauh 100 mm pada sumbu X mesin CNC. Kalibrasi mesin CNC dapat dilakukan dengan beberapa langkah diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pada tampilan awal *Mach3* pilih "*Settings Alt6*" sehingga muncul tampilan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Pengaturan Mach3 untuk kalibrasi

2. Selanjutnya pilih "*Axis Calibration*".
3. Kalibrasi mesin dilakukan terhadap ke tiga sumbu mesin yaitu X, Y, dan Z. Pada *Mach3 option X* dipilih untuk melakukan kalibrasi pada sumbu X, dilanjutkan dengan pilihan Y untuk melakukan kalibrasi pada sumbu Y, dan Z untuk melakukan kalibrasi pada sumbu Z. Pada uraian ini akan dijelaskan tentang langkah-langkah untuk mengkalibrasi pada sumbu X pada mesin CNC yaitu dengan cara mengklik X axis.
4. Langkah selanjutnya yaitu masukkan nilai perpindahan yang diinginkan. Contoh masukkan angka 50, kemudian klik OK. Perlu diingat sebelum mengklik OK, perhatikan dan beri tanda pada posisi awal sumbu X pada mesin CNC. Ketika telah klik OK, maka sumbu X pada mesin akan bergerak dan berpindah posisi.

5. Beberapa saat kemudian, ukur jarak perpindahan sumbu X dalam satuan milimeter. Masukkan nilai ukuran yang didapat kedalam menu kalibrasi *Mach3*. Kemudian klik OK.
6. Setelah mengikuti langkah-langkah diatas, sumbu X telah berhasil dikalibrasi. Selanjutnya di klik YES apabila telah yakin bahwa sumbu X benar-benar telah terkalibrasi, atau klik No apabila masih terdapat keraguan terhadap hasil kalibrasi. Selanjutnya kalibrasi dapat kembali dilakukan seperti langkah-langkah sebelumnya.
7. Setelah sumbu X selesai dikalibrasi, metode yang sama juga dapat dilakukan untuk mengkalibrasi pergerakan mesin pada sumbu Y dan sumbu Z.

5. Pembahasan

Mesin CNC *milling* ini adalah mesin perkakas yang bekerja dengan 3 sumbu *axis*. Mesin CNC akan bekerja sebagaimana mestinya apabila pada mesin tersebut dilengkapi dengan sistem kontrol. Sistem kontrol pada mesin CNC merupakan gabungan dari beberapa komponen yang dihubungkan dengan menggunakan kabel antara satu dengan yang lainnya. Beberapa komponen penting yang terdapat dalam sistem kontrol mesin CNC diantaranya adalah Komputer, *Breakout Board*, *Driver Motor*, *Stepper Motor*, *Power Supply* dan lain-lain.

Komputer merupakan pusat perintah pada mesin CNC, dimana semua perintah yang akan disampaikan kepada mesin dalam bentuk *G-Code* berasal dari komputer. Secara umum, semua jenis CPU komputer dapat digunakan untuk sistem kontrol yang telah dirancang, namun untuk menyesuaikan dengan *Breakout Board* yang dipilih, maka komputer yang dapat digunakan hanya yang dilengkapi dengan *port printer*.

Untuk jenis CPU baru, komputer biasanya tidak dilengkapi lagi dengan *port printer*, *port* tersebut sejatinya telah digantikan dengan *port USB*, sehingga pilihan CPU komputer yang dapat digunakan untuk sistem kontrol mesin CNC relatif hanya CPU lama yang rata-rata memiliki prosesor Pentium 4, *dual core* dan *maximum core 2 duo*. Dengan prosesor yang masih tergolong rendah, maka kemampuan CPU komputer menjadi sangat terbatas apabila digunakan untuk pengembangan mesin CNC lebih lanjut.

Disamping itu, sebenarnya sudah ada beberapa produk yang dijual di pasaran untuk mengkonversi *port printer* menjadi *port USB*. Namun dalam aplikasinya alat tersebut belum bekerja sempurna. Apabila dilakukan pengiriman perintah dari komputer ke BOB melalui alat konversi tersebut akan ada beberapa baris perintah yang tidak terkirim dengan baik, sehingga

pergerakan pada mesin CNC menjadi tidak sempurna.

Berikutnya komponen kritical yang terdapat dalam sistem kontrol mesin CNC adalah *Breakout Board* (BOB). Alat ini merupakan otak dari semua komponen sistem kontrol. Alat ini berfungsi menterjemahkan perintah dalam bentuk *G-Code* dan selanjutnya disampaikan kepada aktuator mesin. Sebenarnya ada beberapa jenis BOB yang tersedia dipasaran, baik itu yang berbasis *Arduino* maupun berbasis *Mach3*. Namun dikarenakan berbagai pertimbangan, diputuskan untuk menggunakan BOB berbasis *Mach3* sebagai sistem kontrol CNC. Disamping karena harga yang lebih murah, ketersediaan dipasaran, pemilihan ini juga dikarenakan oleh banyaknya tutorial cara melakukan perakitan dan *setting* BOB tersebut. Namun kekurangan dari BOB berbasis *Mach3* adalah masih menggunakan *port printer*, sehingga CPU yang dapat digunakan untuk mengoperasikan sistem kontrol menjadi sangat terbatas.

Dalam sistem kontrol yang menjadi aktuator yang membantu pergerakan mesin adalah *stepper motor*. Motor ini dapat bergerak secara *step* sesuai dengan sinyal *input* yang diberikan. Pergerakan dalam bentuk *step* ini memberikan keuntungan pada mesin sebab mampu bergerak dengan tingkat kecermatan yang lebih baik. Pada mesin CNC ini, dipilih *stepper motor* jenis Nema23. Disamping jenis tersebut masih ada beberapa jenis lain yang lebih besar maupun yang lebih kecil. Namun karena pertimbangan luas area kerja dan proses pemesinan yang akan dilakukan, maka pemilihan Nema23 dirasa cukup.

Dalam pengaturan sistem kontrol digunakan perangkat lunak (*software*) *Mach3* yang bertindak sebagai *interface*. *Software* ini berfungsi sebagai jembatan penghubung antara *end user* dengan mesin dalam bentuk perintah. Artinya tanpa adanya sistem *interface*, maka sistem kontrol yang ada pada mesin CNC tidak akan berjalan dengan baik. *Mach3* merupakan aplikasi program yang sudah jadi, dalam hal ini *end user* hanya dituntut untuk menguasai menu *setting* yang terdapat pada *Mach3*. Tanpa menguasai cara pengaturan program ini, mustahil semua komponen kontrol dapat dikendalikan.

Disamping *Mach3* sebenarnya *interface* mesin CNC masih bisa dibuat dengan bahasa pemrograman seperti *Matlab*, *Fortran* atau pun *Visual Basic*, namun penggunaan bahasa pemrograman masih tergolong sangat rumit dan sulit, sehingga belum menjadi pilihan utama untuk sistem *interface* mesin.

Setelah *set up* sistem kontrol berhasil dikembangkan, langkah yang paling kritical dalam menjalankan mesin CNC adalah sistem kalibrasi *interface* dengan pergerakan mesin. Hal ini untuk memastikan perintah dari komputer mampu dibaca dengan tepat oleh pergerakan mesin. Sistem

kalibrasi juga untuk memastikan mesin mampu melakukan proses pemesinan secara teliti dan presisi, sehingga dengan adanya sistem kontrol numerik akan memberikan kelebihan yang signifikan apabila dibandingkan dengan mesin konvensional yang dioperasikan oleh operator mesin.

Untuk menjaga sistem keamanan mesin agar bergerak sesuai dengan perintah di dalam area kerja mesin, maka mesin CNC harus dilengkapi dengan *limit switch* dan *emergency stop*. Apabila sewaktu-waktu pergerakan mesin diluar kendali, maka sensor *limit switch* akan mengirim perintah kepada *interface*, sehingga mesin diperintahkan kembali ke posisi *home* pada koordinat 0, 0, 0. Disamping itu pemasangan kedua perangkat ini untuk mengantisipasi kesalahan operasional pada mesin. Apabila pergerakan mesin dapat membahayakan benda kerja, mesin, maupun orang yang ada di sekitar mesin, maka tombol *E-Stop* dapat ditekan sehingga mesin dapat berhenti dengan seketika.

Penggunaan *limit switch* dan *E-Stop* pada mesin CNC juga menjadikan mesin ini dikontrol dengan sistem tertutup (*Close Loop System*) karena dengan sistem tersebut terdapat sebuah *feed back* yang dapat diberikan pada sistem kontrol yang sewaktu-waktu dapat dieksekusi sesuai dengan perintah aktuator.

6. Kesimpulan

Perancangan dan pembuatan sistem kontrol mesin CNC 3 axis merupakan penelitian yang dilakukan untuk menjadikan mesin yang telah dimanufaktur agar dapat dioperasikan dan dikendalikan dengan sistem komputer. Dalam penelitian ini telah dilakukan beberapa langkah dan metode sehingga sistem kontrol dapat bekerja dengan baik. Dari hasil yang telah diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain adalah :

1. Telah diperoleh sebuah rancangan skematik sistem kontrol mesin CNC yang mampu menggerakkan mesin searah tiga sumbu X, Y, dan Z.
2. Berdasarkan bentuk rancangan yang telah dibuat, selanjutnya telah dirakit sistem kontrol mesin CNC yang disusun oleh beberapa komponen seperti Komputer, *Breakout Board*, *Motor Driver*, *Motor Stepper*, *Power Supply*, *Limit Switch*, dan *Emergency Stop*.
3. Agar sistem kontrol berjalan sebagaimana mestinya, digunakan sistem *interface* berbasis aplikasi program *Mach3*. Untuk menyesuaikan perangkat kontrol yang ada, selanjutnya dilakukan pengaturan *port* dan *input sinyal* pada *interface*, agar setiap perintah yang berasal dari PC dibaca dengan baik oleh aktuator.
4. Untuk menghindari kesalahan dalam pergerakan mesin, telah dilakukan kalibrasi unit antara sistem *interface* dengan

pergerakan mesin. Sehingga perintah dengan unit tertentu pada komputer akan dieksekusi tepat pada mesin CNC.

5. Mesin CNC selanjutnya dilengkapi dengan *Limit Switch* dan *Emergency Stop*. Kedua perangkat ini berfungsi untuk menghindari mesin dari pergerakan yang bersifat membahayakan. Dengan adanya sistem *Limit Switch* dan *E-Stop* maka sistem kontrol pada mesin CNC telah menerapkan sistem kontrol loop tertutup.

7. Daftar Pustaka

- Fenerty, Art dan Prentice, John. 2005. *Using Mach3Mill*. ArtSoft Software Incorporated. Instructables.com/id/My-First-CNC-Machine. Diakses tanggal 16 Februari 2016
- Krar, Steve dan Gill, Arthur. *Computer Numerical Control Programing Basics*. Industrial Press Inc.: New York.
- Naldy, Defri. 2016. *Perancangan dan Analisis Struktur Mekanik Prototipe Mesin CNC Milling 3-Axis*. JOM FTEKNIK Volume 3 No. 2, Universitas Riau: Pekanbaru.
- OMC-stepperonline.com Diakses pada tanggal 20 Februari 2016.
- Pradana, Dityo Kurniawan. 2011. *Rancang Bangun CNC Milling Machine home Made untuk Membuat PCB*. Jurnal Teknik Elektro Volume 10. No. 1, Universitas Udayana: Bali
- Qin, Wei. 2013. *Design and Analysis of a Small-Scale Cost-Effective CNC Milling Machine*. Mechanical Engineering in the Graduate College of the University of Illionis: Urbana.
- Rajput, Rajendra. 2016. *Comparative Study of CNC Controllers used in CNC Milling Machine*. American Journal of Engineering Research (AJER), Volume 5, Issue 4, pp 54-62, Mechanical Engineering Department, NITTTR Bhopal.
- Susa'at, Sodikin. 2015. *Pengaturan Arah Putaran Motor Stepper DC Menggunakan Mikrokontroler 8535*. Widyaaiswara MadyaP4TK BOE/VEDC: Malang.