

PERENCANAAN CAD CAM MESIN CNC *MILLING ROUTER 3 AXIS* DENGAN PERANGKAT LUNAK *MASTERCAM*

Muhammad Reza Fahlevi¹, Syafri², Anita Susilawati³

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

¹mrezafahlevi8@gmail.com, ²prie_00m022@yahoo.com, ³anitasusilawati@yahoo.com

ABSTRACT

A CNC (Computer Numerically Controlled) machine is a machine tool that can work automatically. The CNC machine sends operational instructions that are inputted via a computer that is directly connected to the machine. This CNC machine uses PC (Personal Computer) as main control with windows platform for Operation System (OS). The CNC programming becomes an important element of the machine in work. The numerical signals are inputted into the Mach3 software as the main controls for the movement of axis (axes) x, y, and z as well as spindles. EIA-RS 274D programming format or G & M codes are used in this study for further adjustment of characters per character so that bug error does not occurred on Mach3. Therefore, a CNC machine programming plan is created to adjust the machine, which can work according to the design of the Mastercam software. Mastercam software is selected because it has the completeness to design and obtain program instructions with simulation. Mastercam is a full-featured modeling software that combines 2D and 3D frame and surface geometry with editing and transformation capabilities. The G & M codes were generated by Mastercam that would be adjusted by removing G2 and G3 commands, which circular or unidirectional motion commands. In conclusion, this research revealed the program adjustment and program execution of a CNC program creating with CAD CAM system into the interface, therefore the CNC machine can be controlled by the PC device.

Key words : CNC, Mastercam, G & M Codes, Mach3

1. Pendahuluan

Penggunaan mesin CNC semakin berkembang setelah ditemukannya mesin CNC *router*. Pada umumnya manusia masih menggunakan keahlian tangan untuk membuat suatu desain atau model tertentu, oleh karena itu kemunculan mesin CNC menjadikan pekerjaan rumit serta membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaannya dapat terselesaikan dengan mudah. Produk-produk yang dihasilkan mesin CNC memiliki tingkat kepresisian yang tinggi.

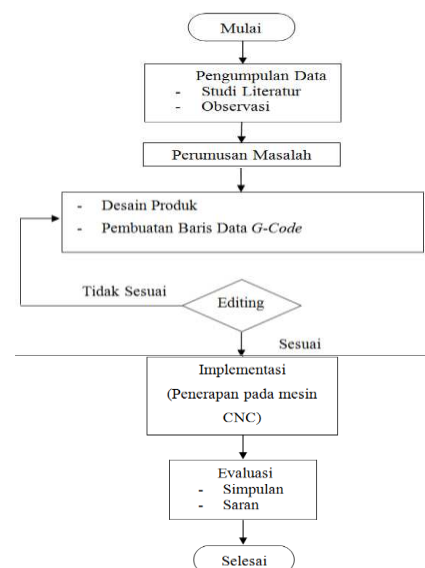
Di Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun prototipe konstruksi mekanik mesin CNC *milling 3 axis* [1] beserta rangkaian sistem kontrol untuk skala industri kecil [2] oleh Tim Riset mesin CNC *milling 3 axis*. Pada penelitian tersebut telah di desain bentuk dan di perhitungkan pembebanannya serta rangkaian sistem kontrol sehingga memungkinkan untuk diproduksi. Untuk melengkapi mesin CNC agar dapat bekerja, dibutuhkan pemrograman yang telah di buat melalui berbagai tahapan proses agar mesin dapat beroperasi dalam tiga sumbu. Seluruh tahapan pemrograman di perlukan perencanaan dalam pengerjaannya, dimana seluruh rangkaian sistem kontrol dapat berfungsi dengan baik sehingga mesin dapat menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan yang di rencanakan.

Pada penelitian ini akan di fokuskan pada perencanaan pemrograman CAD CAM mesin CNC *milling router 3 axis* dengan perangkat lunak

Mastercam. Nantinya penelitian ini akan di fokuskan pada cara membuat program CNC dengan sistem CAD CAM, penyesuaian program, dan eksekusi program ke dalam *interface* sehingga mesin CNC dapat dikendalikan oleh perangkat *Personal Computer* (PC).

2. Metodologi

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa proses. Keseluruhan proses saling terkait agar tujuan penelitian seperti yang ditetapkan dapat tercapai. Rangkaian proses yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir

Dalam penelitian ini perancangan suatu produk dan pembuatan program menggunakan *Mastercam* untuk mendapatkan baris data numerik yang kemudian akan di *transfer* ke *Mach3*, kontrol utama untuk pergerakan *axis* (sumbu) x, y dan z.

Pergerakan pada mesin CNC tiap-tiap sumbunya, bergerak berdasarkan koordinat atau disebut dengan sistem koordinat kartesian [3]. *Spindle* digerakkan oleh sebuah *software* yaitu *Mach3*. Operator terlebih dahulu membuat program G-code memakai *software Mastercam* sebelum membuat sebuah produk dari mesin CNC ini, tetapi harus ada penyesuaian karakter demi karakter dari G-Code agar dapat terbaca oleh *software Mach3*.

2.1 Format Dasar Penulisan Pemrograman CNC

Coding System yang digunakan dalam kontrol CNC menggunakan standar yang memenuhi yaitu EIA dan ASCII [4]:

- EIA
EIA merupakan sinonim atau kepanjangan dari *Electronic Industries Alliance*. Sistem kode EIA dikembangkan oleh EIA standar 244-B. EIA lebih banyak digunakan sebelum akhirnya standar ASCII.
- ASCII
ASCII adalah kepanjangan dari *American Standard Code for Information Interchange*. ASCII adalah suatu standar internasional dalam kode huruf dan simbol seperti *Hex* dan *Unicode* tetapi ASCII lebih bersifat universal, contohnya 124 adalah untuk karakter "|". Ia selalu digunakan oleh komputer dan alat komunikasi lain untuk menunjukkan teks.

Untuk membuat suatu pemrograman maka harus mengikuti suatu format internasional yang telah disepakati bersama, yang paling umum dipakai adalah format berbasis *word address*. *Addresses* adalah huruf pertama pada setiap kata yang mendefinisikan maksud atau tujuan dari data numerik [5]. *Address* yang dipergunakan dalam pemrograman NC telah dijelaskan oleh ANSI's EIA RS-274-B *standard*. Sebagian besar huruf yang dipergunakan memiliki fungsi sendiri tapi ada juga huruf yang memiliki dua fungsi. *NC Address* diklasifikasikan kedalam beberapa *word* sesuai dengan fungsi yang berkaitan dengan urutan blok informasi, jenis gerakan yang ingin dihasilkan, nilai nominal gerakan seperti Tabel 1.

Tabel 1 NC Address [6]

NC Word	Penggunaan
N	<i>Sequence number:</i> mengidentifikasi nomor blok informasi
G	<i>Preparatory function:</i> memilih fungsi kontrol yang berbeda termasuk berbagai rutin pemesinan yang telah diprogram sebelumnya
X,Y,Z,R,I, J,K	<i>Dimension coordinate data:</i> perintah gerak linier dan melingkar bagi sumbu-sumbu mesin
F	<i>Feed function:</i> menentukan kecepatan makan (<i>feed rate</i>) saat operasi
S	<i>Speed function:</i> menentukan kecepatan makan
T	<i>Tool function:</i> memberitahu mesin dimana lokasi <i>tool</i> didalam <i>tool holder</i>
M	<i>Miscellaneous function:</i> menghidupkan/mematikan <i>coolant</i> , membuka <i>spindle</i> , membalik putaran <i>spindle</i> , ganti <i>tool</i> , dll.
EOB	<i>End of Block:</i> menunjukkan kepada CPU bahwa semua blok informasi telah dihentikan

Contoh menuliskan satu perintah yang dikirim kepada suatu pengendali mesin adalah dalam bentuk satu blok informasi, sebagai berikut:

“N001 G90 G21 G01 X1.234 Y-5.678 Z0.321 S300 F100 M03”

Dengan penjelasan:

N001 : menyatakan nomor urut operasi yang dilakukan

G90 : menyatakan mode dimensi yang dipakai adalah absolut

G21 : mode *input unit* dimensi yang dipakai adalah mm

G01 : menyatakan gerak interpolasi linear

X123 : akan menggerakkan meja 123 mm dalam arah positif sepanjang sumbu-X

Y-456 : akan menggerakkan meja 456 mm sepanjang sumbu Y negatif

Z432 : akan menggerakkan meja 432 mm sepanjang sumbu-Z positif

S300 : memutar spindle dengan kecepatan 300 rpm

F100 : menggerakkan *spindle* dengan kecepatan makan 100 mm/dtk

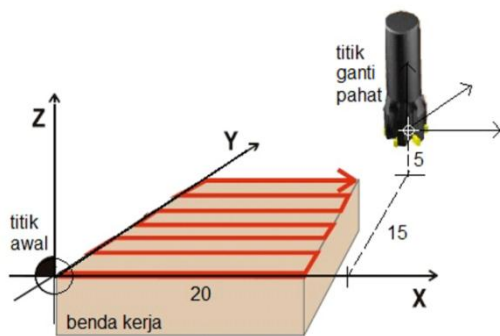
M03 : menghidupkan *spindle* dengan arah CW

2.2 Penentuan Titik Referensi Mesin Terhadap Benda Kerja

Untuk memulai proses pemesinan maka hal yang harus dicermati adalah menentukan titik rujukan atau titik referensi untuk memastikan bahwa posisi benda kerja di atas meja mesin relatif terhadap meja mesin atau titik referensi mesin diketahui dengan pasti oleh operator mesin CNC. Disamping mengetahui posisi, orientasi benda kerja juga perlu disesuaikan dengan salib sumbu meja mesin. Untuk itu *G-code* juga sudah menyiapkan solusi untuk permasalahan ini antara lain menggunakan kode G54, G59, dan juga G92. Kode ini memerlukan informasi berupa jarak 3 dimensi titik awal benda kerja ke titik awal mesin (*machine zero point/tool change position*). Penentuan titik rujukan dapat dilihat pada Gambar 2 dan contoh satu blok informasi sebagai berikut:

“N002 G92 X20 Y15 Z5”

(posisi tool 20 mm di kanan, 15mm didepan dan 5mm diatas titik awal benda kerja)



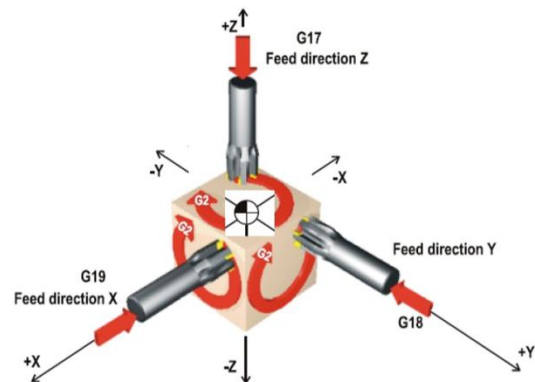
Gambar 2 Penentuan Titik Referensi Mesin Terhadap Benda Kerja [7]

2.3 Penentuan Bidang Interpolasi Tempat Benda Kerja

Pada sistem kontrol CNC digunakan beberapa bagian dari interpolasi untuk menentukan kontur (*contour tool path*). Setiap gerakan *tool* di atas benda kerja dijabarkan terhadap suatu bidang kerja yang terdapat pada benda kerja. Bidang kerja yang dikenali pada pemrograman NC adalah bidang x-y apabila *programmer* tidak menyatakan bidang kerja diawal pemrograman.

Untuk mengganti bidang referensi maka *programmer* harus menggunakan *G-Codes* khusus sebelum blok informasi untuk proses pemotongan dilakukan. *G-Codes* yang digunakan adalah G18 untuk bekerja pada bidang y-z dan G19 untuk bekerja pada bidang z-x.

Apabila *programmer* mengganti bidang referensi maka sumbu gerakan *tool* akan berubah terhadap titik awal benda kerja. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bidang Interpolasi Benda Kerja [7]

2.4 Perangkat Lunak Mastercam

Mastercam merupakan aplikasi *modeling* berfitur lengkap yang menggabungkan 2D dan 3D geometri gambar rangka dan permukaan dengan kemampuan *editing* dan transformasi. *Mastercam* menggunakan fitur yang disebut *associativity* untuk menghubungkan mesin operasi geometri sehingga *toolpaths* dapat bergerak secara otomatis ketika ukuran berubah.

Mastercam adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh CNC Software, Inc dari Amerika Serikat. *Software Mastercam* merupakan cabang dari *Siemens Product Lifecycle Management Software Inc*, dimana *software* ini sebelumnya sudah familiar di pemesinan, *Mastercam* adalah salah satu program CAM (*Computer Aided Manufacturing*) yang cukup populer. Beberapa *software* lain yang sering digunakan di industri antara lain *Power Mill (Delcam)*, *Feature CAM (Delcam)*, *Solid CAM*, dll. Fungsi dari program CAM adalah untuk menggambar benda dan membuatnya menjadi suatu program NC. Program CNC yang dapat dilakukan *Mastercam* yaitu untuk memprogram mesin bubut (*lathe*), mesin frais (*mill*) dan mesin *wire cutting*.

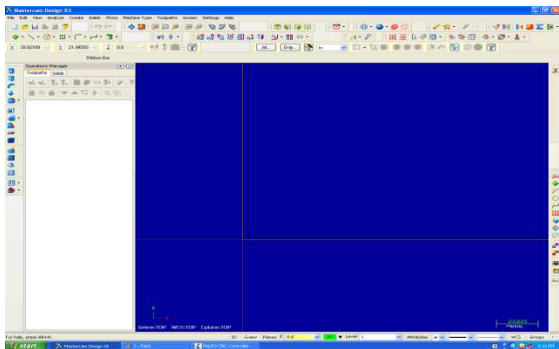
Perangkat lunak *Mastercam* versi X5 pada Gambar 4 memiliki empat buah metode pengerjaan CNC yaitu program *Mastercam* untuk *Design*, *Lathe*, *Mill*, dan *Wire*. Perangkat lunak *Mastercam*

design memiliki kemampuan untuk pengerjaan mendesain, kemudian merencanakan proses pembuatannya melalui simulasi baik untuk mesin bubut, frais, maupun *wire cutting* dilaksanakan secara berurutan atau simultan.



Gambar 4 Mastercam X5 [8]

Tampilan *Mastercam* pada Gambar 5 adalah salah satu program untuk mesin CNC yang memiliki beberapa proses untuk jenis pemesinan yang akan dilakukan.



Gambar 5 Tampilan *Mastercam X5*

Terdapat 4 gerakan/proses penting yang dapat dilakukan *Mastercam X5* untuk mesin CNC *milling* yaitu :

1. *Contour*

Contour adalah garis khayal yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama. Mesin akan bergerak mengikuti pola garis khayal yang sudah ditentukan sebelumnya seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Skema Simulasi Pergerakan *Contour*

2. *Pocket*

Pocket adalah suatu pola kantong pada sebuah komponen, tugas mesin CNC adalah membuat pola tersebut sehingga dapat terbentuk seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Skema Simulasi Pergerakan *Pocket*

3. *Facing*

Facing maksudnya adalah permukaan, mesin akan melakukan proses pemotongan pada permukaan suatu komponen seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Skema Simulasi Pergerakan *Facing*

4. *Slot Mill*

Slot Mill hampir menyamai proses *pocket* namun *slot mill* akan memotong komponen sampai membentuk lubang. Seperti terlihat pada Gambar 9.

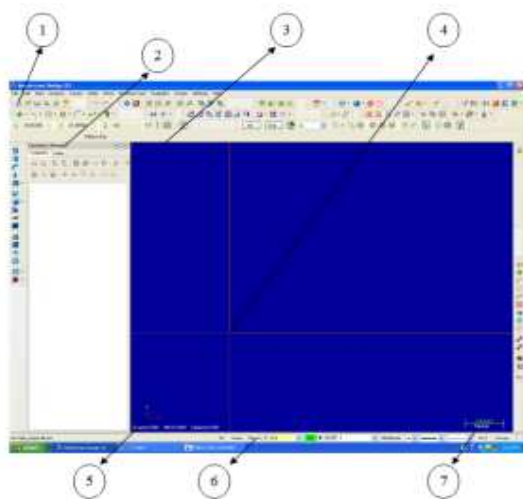


Gambar 9 Skema Simulasi Pergerakan *Slot Mill*

3. Hasil

3.1 Cara Pembuatan Program CNC dengan Sistem CAD CAM

Aplikasi *Mastercam* memiliki kemampuan untuk pengerjaan mendesain, kemudian merencanakan proses pembuatannya melalui simulasi. Perangkat lunak ini cukup lengkap untuk digunakan pada rangkaian mesin CNC yang telah dirancang, oleh karena itu Peneliti menggunakan perangkat lunak *Mastercam* untuk pembuatan program. Penggunaan *Mastercam* versi X5 pada *Personal Computer* (PC) disebabkan oleh *performance* PC yang sangat minim. Oleh karena itu peneliti menggunakan *software Mastercam* versi X5 yang dijelaskan pada Gambar 10.



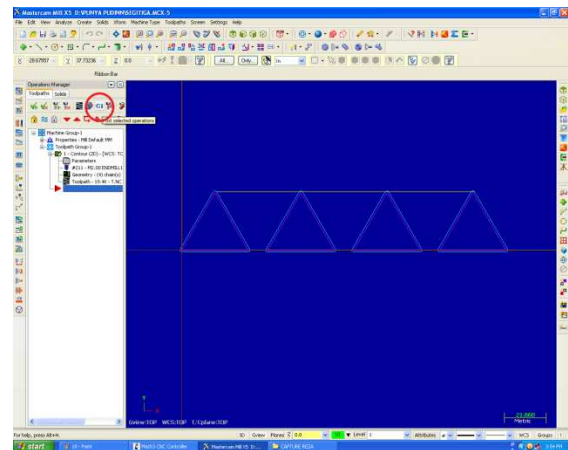
Gambar 10 Interface *Mastercam* X5

Keterangan gambar :

1. Menu bar

2. Menu *Operation Manager*
3. Ruang gambar
4. Titik nol sumbu koordinat
5. Sumbu koordinator WCS
6. Status bar
7. Satuan mm

Peneliti mendesain sebuah pola sebagai program yang akan dijalankan yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Desain yang Akan di Program

Desain segitiga yang telah dibuat menggunakan *Mastercam* akan di simulasikan dan di ubah menjadi sebuah perintah numerik. Selanjutnya akan di-transfer ke aplikasi *Mach3* agar mesin dapat membaca perintah yang akan dilakukan. *Mach3* akan membantu komputer menyampaikan sinyal informasi dan perintah kepada mesin dalam bentuk *Code* [9].

3.2 Performance dan Batasan Mesin

Adapun performance dan batasan mesin CNC yang dijadikan objek penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 *Performance* dan Batasan Mesin

No	Jenis Kemampuan	Mesin CNC Router 3 Axis
1	<i>Repeatability</i>	Belum Diuji
2	Resolusi atau kepresisian	Belum Diuji
3	<i>Working area</i> XYZ	Maksimum pergerakan sumbu x,y,x 400mm x 300mm x 150mm

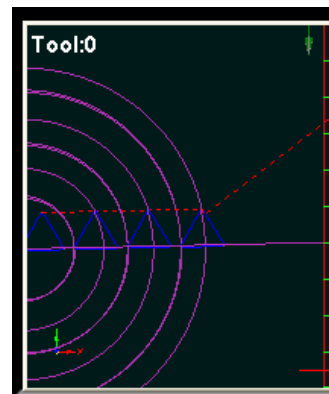
4	Kemampuan potong material	Alluminium , acrylic, kayu
5	Max travel	300 mm / detik
6	Ballscrew error	10 mikron (dibebani maksimal)
7	Stepper bearing error	120 mikron (dibebani maksimal)
8	Spindle bearing error	40 mikron (dibebani maksimal)
9	Motor Stepper	3 fasa bipolar
10	Driver microstepping	Full step
11	Interface to PC	Parallel port
12	Fungsi	Kerja ringan
13	Screw tipe	Ballscrew
14	Software	Windows based
15	Spindle speed	12.000 rpm
16	Home-limit system	Opposite, precision switch

4. Pembahasan

Baris data *G-code* akan muncul pada aplikasi *Mastercam X Editor* seperti terlihat pada Gambar 12, pada tahap ini penulis akan melakukan *editing/adjustment* pada data *G-code*, sebab apabila tidak dilakukan *editing/adjustment* maka akan terjadi *error* pada saat program di-input pada aplikasi *Mach3*. Instruksi numerik akan mengalami *bug* saat di-input kan pada aplikasi *Mach3*, hal ini karena *Mach3* membaca suatu kode perintah yang salah. *Bug* merupakan suatu cacat desain pada perangkat keras atau perangkat lunak yang mengakibatkan terjadinya galat pada peralatan atau program sehingga tidak berfungsi sebagaimana mestinya. *Bug* umumnya ditemukan pada perangkat lunak, bukan perangkat keras.

Gambar 12 Baris Data *G-Code*

Baris data *G-code* yang didapat dari *G-code* mengandung data G2 dan G3 yang pada dasarnya merupakan perintah untuk menggerakkan mesin berputar searah dan berlawanan jarum jam. Maka pada *Mach3* maka akan muncul lingkaran seperti diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13 View dari Aplikasi *Mach3*

Perintah G2 dan G3 berisikan data koordinat dan mengandung perintah I dan J. Perintah gerakan I dan J merupakan sebuah perintah gerak linier dan melingkar bagi sumbu-sumbu mesin, hal ini dijelaskan pada Tabel 2. Contohnya suatu kode perintah **G2 X35.641 Y0 I-.866 J-.5** akan mengalami *bug* pada *Mach3*, perintah I dan J digunakan untuk menentukan titik pusat dari titik awal lingkaran. Bila perintah ini diikuti oleh perintah G02 dan G03 maka *Mach3* akan menghitung radius kurva yang salah. Operator harus menghapus beberapa bagian pada baris data *G-code*. Data yang dihapus yaitu perintah G2 dan G3, perintah dapat dihapus pada *Mastercam X Editor* seperti Gambar 14.

```

N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T211 M6
N106 G0 G90 G54 X18.187 Y30.5 A0. S4774 M3
N108 G43 H211 Z2.
N110 G1 Z-2. F238.7
N112 G42 D211 X35.507 Y.5 F477.4
N114 G2 X35.641 Y0. I-.866 J-.5
N116 X34.641 Y-1. I-1. J0.
N118 G1 X0.
N190 G42 D211 X170.507 Y.5 F477.4
N192 G3 X170.641 Y0. I-.866 J-.5
N194 X169.641 Y-1. I-1. J0.
N196 G1 X135.
N198 G2 X134. Y0. I0. J1.
N200 X134.134 Y.5 I1. J0.
N202 G1 X151.454 Y30.5
N204 G2 X152.321 Y31.001 I.867 J-.5
N206 G40 X153.187 Y30.5 I0. J-1.001

```

Gambar 14 Baris data *G-Codes* Perintah G2 dan G3

5. Simpulan

Perencanaan CAD/CAM mesin CNC *milling router 3 axis* merupakan penelitian yang dilakukan untuk memberikan perintah pada serangkaian sistem kontrol mesin agar berjalan sesuai dengan desain gambar dan baris data *G-code* menggunakan perangkat lunak *Mastercam* sebagai *software* mendesain gambar teknik, mensimulasikan pergerakan *tool*, dan mendapatkan baris data *G-code* serta men-transfer data *G-code* ke *software Mach3* agar mesin berjalan sesuai dengan perintah dan desain gambar yang telah dibuat. Dalam penelitian ini telah dilakukan beberapa langkah dan metode sehingga mesin CNC dapat bekerja dengan baik. Dari hasil yang telah diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Desain gambar dilakukan pada *software Mastercam* versi 5 sebagai aplikasi simulasi dan penghasil baris data *G-code*.
2. Berdasarkan baris data *G-code* yang telah didapat dari *Mastercam* selanjutnya dilakukan penyesuaian (*adjustment*) agar baris data dapat terbaca oleh *Mach3* sehingga mesin berjalan sesuai dengan desain gambar *Mastercam*. Penyesuaian yang dilakukan yaitu *editing* terhadap data G2 dan G3 yang merupakan suatu perintah gerakan melingkar.
3. Agar mesin CNC dapat berjalan sebagaimana mestinya, digunakan sistem *interface* berbasis aplikasi program *Mach3*. Eksekusi program oleh *Mach3* dapat dilakukan setelah operator meng-input baris data *G-code* yang telah dilakukan penyesuaian.

Daftar Pustaka

- [1] Naldy, D. 2016. Perancangan dan Analisis Struktur Mekanik Prototipe Mesin CNC Milling 3-Axis. *JOM Fakultas Teknik Universitas Riau*. Volume 3 No.2
- [2] Harrizal, I.S. 2017. Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop Sistem. *JOM Fakultas Teknik Universitas Riau*. Volume 4 No.2
- [3] Islami, F. 2013. Rancang Bangun Prototype Mesin CNC. *Skripsi*. Program Studi Sarjana Teknik Mesin Universitas Andalas Padang
- [4] Yahuza, R. 2010. *Teknologi CNC*. Jakarta: UNTAR
- [5] Ridwan, F. 2011. "STEP-NC Enabled Machine Condition Monitoring". *Disertasi*. Departement of Mechanical Engineering The University of Auckland
- [6] Groover, M.P. 2005. *Otomasi Sistem Produksi dan Computer Integrated*.
- [7] Arthaya, B. 2012. Setting dan Subroutine Pada NC Programming. *Laporan Penelitian*. Universitas Katolik Parahnyangan Bandung.
- [8] CNC Software, Inc. 2017. *Mastercam X5*. Tolland City: USA
- [9] Fenerty, A. dan J, Prentice. 2005. *Using Mach3 Mill*. Mach Developers Network (MachDN). ArtSoft Software Incorporated.