

PENINGKATAN KEMAMPUAN SISTEM OPERASI MESIN *MILLING* CNC *TRAINER* DENGAN MENGADAPTASI LUARAN PERANGKAT LUNAK MASTERCAM

*Cipto Ulinuha¹, Susilo Adi Widyanto²

¹Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ulinuhacipto@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan operator semakin meningkat dengan semakin meningkatnya persaingan antar perusahaan. Namun, hal ini masih menjadi persoalan. SMK tidak dapat menghasilkan operator yang berkompeten dikarenakan SMK belum bisa menyediakan mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*) sebagai fasilitas pembelajaran untuk para siswanya. Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin mencoba menyelesaikan masalah ini dengan membuat mesin *milling* CNC *trainer*. Namun, mesin ini tidak dapat beradaptasi dengan perangkat lunak CAD/CAM. Tugas akhir ini bertujuan agar mesin *milling* CNC *trainer* dapat beradaptasi dengan luaran perangkat lunak Mastercam. Operator hanya perlu menggambar benda kerja dan membuat simulasi pada perangkat lunak Mastercam. Pembuatan gambar dapat menggunakan perangkat lunak CAD ataupun CAM. Proses penelitian ini menggunakan perangkat lunak Delphi dengan menambahkan tombol START, DO IT, DONE dan INC. Masing-masing tombol mempunyai fungsi yang berbeda. Tombol-tombol dibuat dengan memilih tombol bitbtn pada menu yang tersedia. Program dibuat dengan menggunakan pernyataan kondisional (if-then-else) dan perulangan (for dan while). Penulisan program selalu memperhatikan tipe data, contohnya : integer, real, boolean, arrayofstring dan string. Luaran perangkat lunak Mastercam mempunyai standar penulisan yang berbeda dengan standar penulisan mesin *milling* CNC *trainer*. Standar penulisan mesin *milling* CNC *trainer* adalah N ... G ... X ... Y ... Z ... F ... untuk selain kode G00. Untuk kode G00 yaitu N ... G ... X ... Y ... Z Hasil penelitian ini adalah luaran perangkat lunak Mastercam dapat beradaptasi dengan standar penulisan mesin *milling* CNC *trainer*.

Kata kunci: CAD/CAM, mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*), mesin *milling* CNC *trainer*.

Abstract

Operator needs increased with the increasing competition among companies. However, this is still an issue. SMK can not produce a competent operator because SMK has not been able to provide a CNC (Computer Numerical Controlled) machine as a learning facility for the students. Manufacturing Laboratory Departement of Mechanical Engineering tried to solve this problem by creating a CNC milling machine trainer. However, this machine can not adapt to the CAD / CAM software. This final project aims to CNC milling machines trainer can adapt to the Mastercam software output. Operators only need to draw the workpiece and create simulations on Mastercam software. Making drawing can use CAD or CAM software. This research process using Delphi software by adding START, DO IT, DONE and INC buttons. Each button has a different function. The buttons are made by selecting bitbtn button on the menu available. Program is created by using conditional statement (if-then-else) and looping (for and while). Program writing always pay attention to the data type, for example: integer, real, boolean, arrayofstring and string. Mastercam software output has different writing standard with CNC milling machine trainer writing standard. Writing standard for CNC milling machine trainer is N ... G ... X ... Y ... Z ... F ... except G00 code. For G00 code is N ... G ... X ... Y ... Z The result of this research is the output of Mastercam software can adapt to the writing standard of CNC milling machine trainer.

Keywords: CAD/CAM, CNC (*Computer Numerical Controlled*) machine, milling machine CNC *trainer*.

1. Pendahuluan

Berkembangnya teknologi proses permesinan di era modern ini merupakan jawaban dari tuntutan dunia industri akan produk yang berkualitas meliputi kepresisian yang tinggi, bentuk benda kerja yang kompleks serta kemampuan untuk menghasilkan produk secara massal. Salah satunya adalah berkembangnya Mesin Perkakas *Milling* CNC yang kini penggunaan dan pemanfaatannya semakin diperlukan untuk memenuhi permintaan akan produk yang memiliki kualitas tinggi. Adapun beberapa keuntungan penggunaan mesin perkakas CNC yaitu: produktivitas tinggi, ketelitian

pengerjaan tinggi, kualitas produk yang seragam dan dapat digabung dengan perangkat lunak tambahan misalnya *software* CAD/CAM. Aplikasi perangkat lunak (*software*) sebagai bagian dari sistem kontrol pada mesin yang banyak digunakan saat ini adalah *software* dengan sistem CAD/CAM. *Software* ini memiliki dua bagian utama yaitu desain gambar CAD (*Computer Aided Design*) dan desain gambar CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Desain gambar CAD berisikan tentang gambar produk yang meliputi ukuran dan bentuk geometri sedangkan desain gambar CAM adalah berupa desain tentang proses pemakanan, *toolpath*, *setup* mesin dan hal-hal lainnya yang berkaitan dengan proses atau cara agar dihasilkan produk yang sesuai dengan yang digambar pada proses CAD.

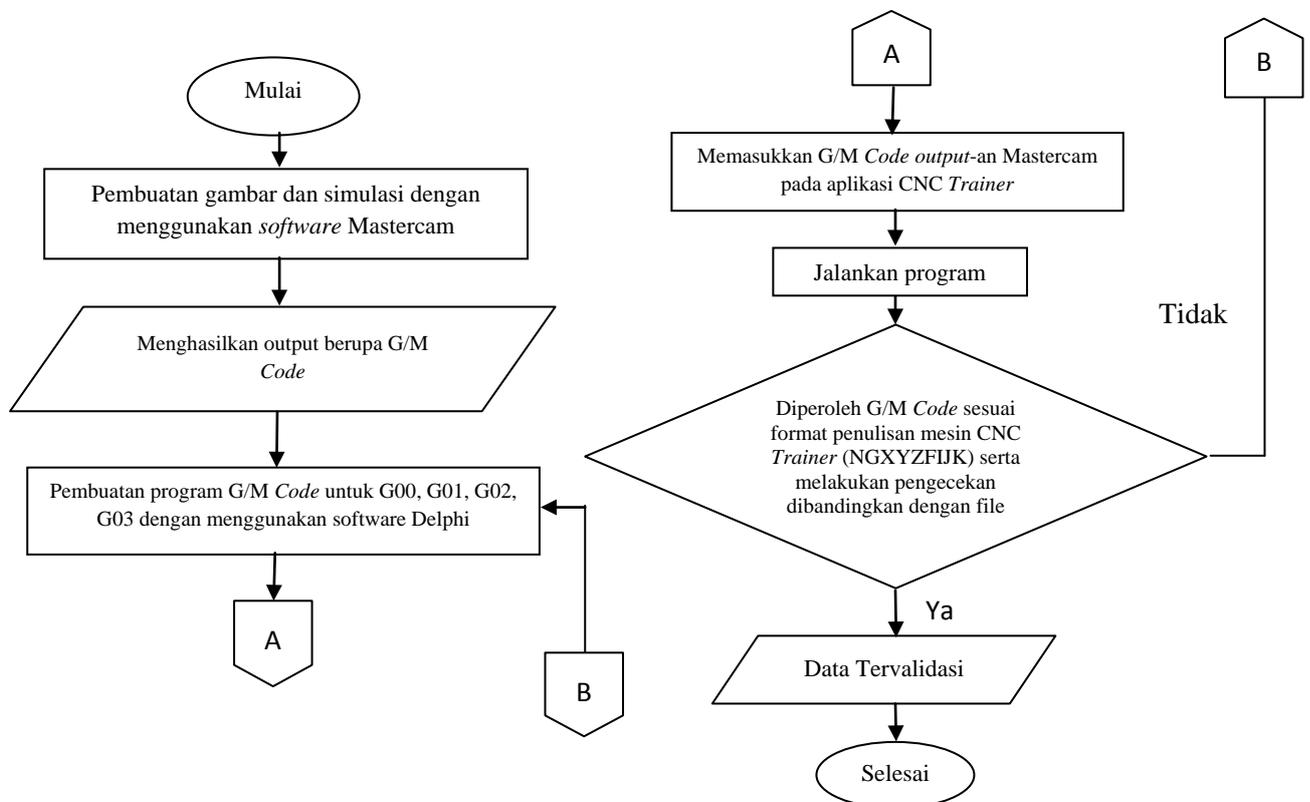
Dengan digabungkannya mesin CNC dengan CAD/CAM akan lebih efektif, karena dengan adanya mesin CAD/CAM, operator hanya perlu menggambar benda kerja kemudian hasilnya disimpan dalam komputer atau *flashdisk*. Setelah gambar benda kerja dibuat, operator bisa melihat kembali gambar tersebut dan dapat mengeksekusinya dalam bentuk simulasi, sehingga bila ada kesalahan pada gambar dapat diketahui lebih dahulu sebelum dieksekusi ke mesin yang sebenarnya. Hal ini bertujuan untuk mencegah kesalahan dalam pembuatan produk. Selain itu program yang sudah dibuat (disimpan) dapat digunakan secara berulang-ulang (untuk produksi massal). Salah satu *software* yang dapat digunakan atau dipadukan dengan mesin CNC adalah *software* Mastercam [7].

Untuk menghadapi persaingan pasar yang semakin ketat, meningkatkan kualitas produk dan efisiensi produksi maka dalam industri manufaktur penggunaan mesin-mesin perkakas otomatis atau yang lebih dikenal dengan mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*) hampir tidak bisa ditinggalkan, salah satunya yaitu mesin *milling*. Oleh karena itu, dibutuhkan operator-operator handal yang berasal dari lulusan SMK untuk mengendalikan mesin CNC tersebut. Tetapi masih ada hambatan mendasar untuk mewujudkan itu semua, yaitu kurang handalnya operator-operator mesin. Hal ini dikarenakan kurangnya fasilitas pembelajaran mesin CNC di sekolah dikarenakan mahalnya mesin CNC tersebut.

Oleh karena itu perguruan tinggi mencoba memutus rantai masalah tersebut dengan membuat sendiri mesin *milling* CNC *trainer* yang nantinya diharapkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran oleh siswa-siswa SMK tentunya dengan biaya yang terjangkau.

2. Bahan dan Metode Penelitian

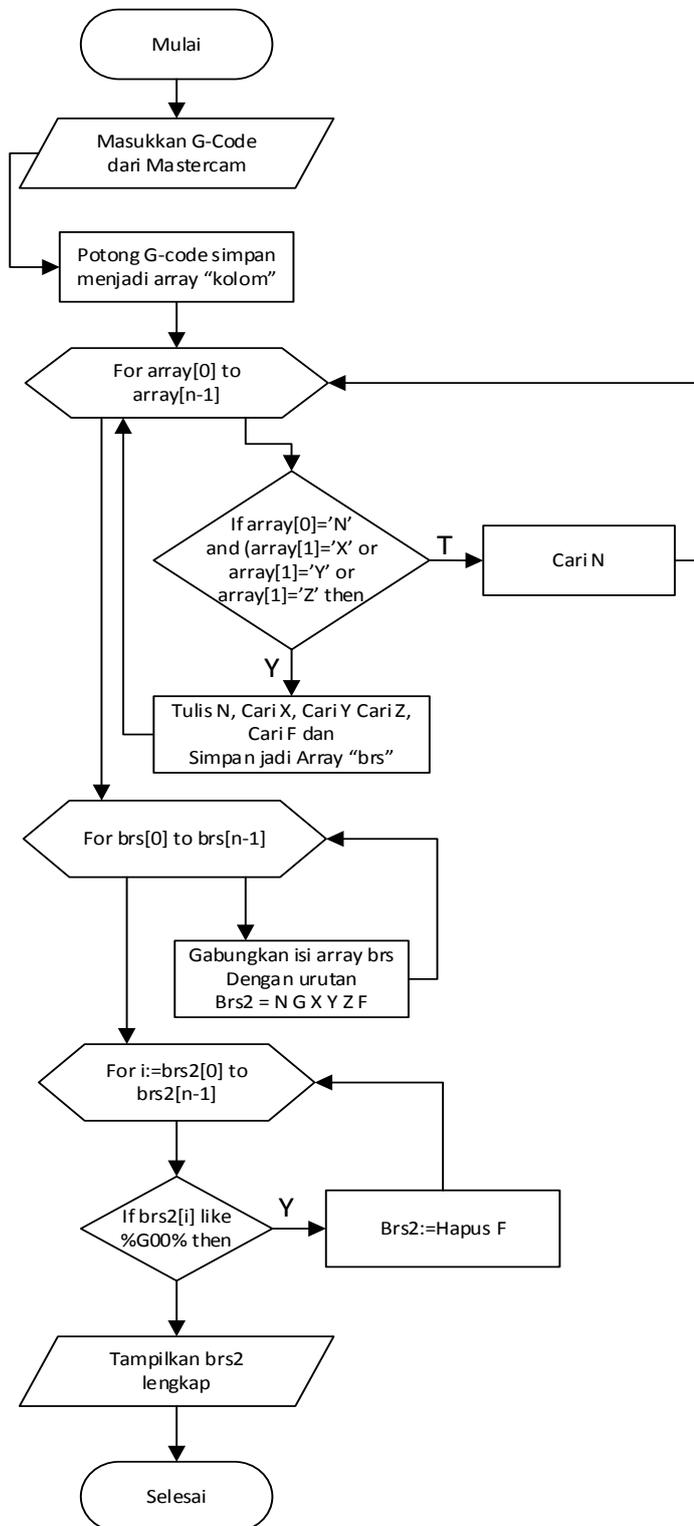
Penelitian tugas akhir ini merupakan pengembangan dari penelitian tugas akhir sebelumnya yang dilakukan oleh Mushafa Amala. Pada dasarnya mesin ini sudah dapat beroperasi akan tetapi perlu pengembangan lebih lanjut agar semakin sempurnanya mesin *milling* CNC *Trainer* ini seperti menghubungkan mesin ini dengan perangkat lunak Mastercam. Pada penelitian ini langkah-langkah yang dikerjakan mengacu pada diagram alir pada Gambar 1 berikut :



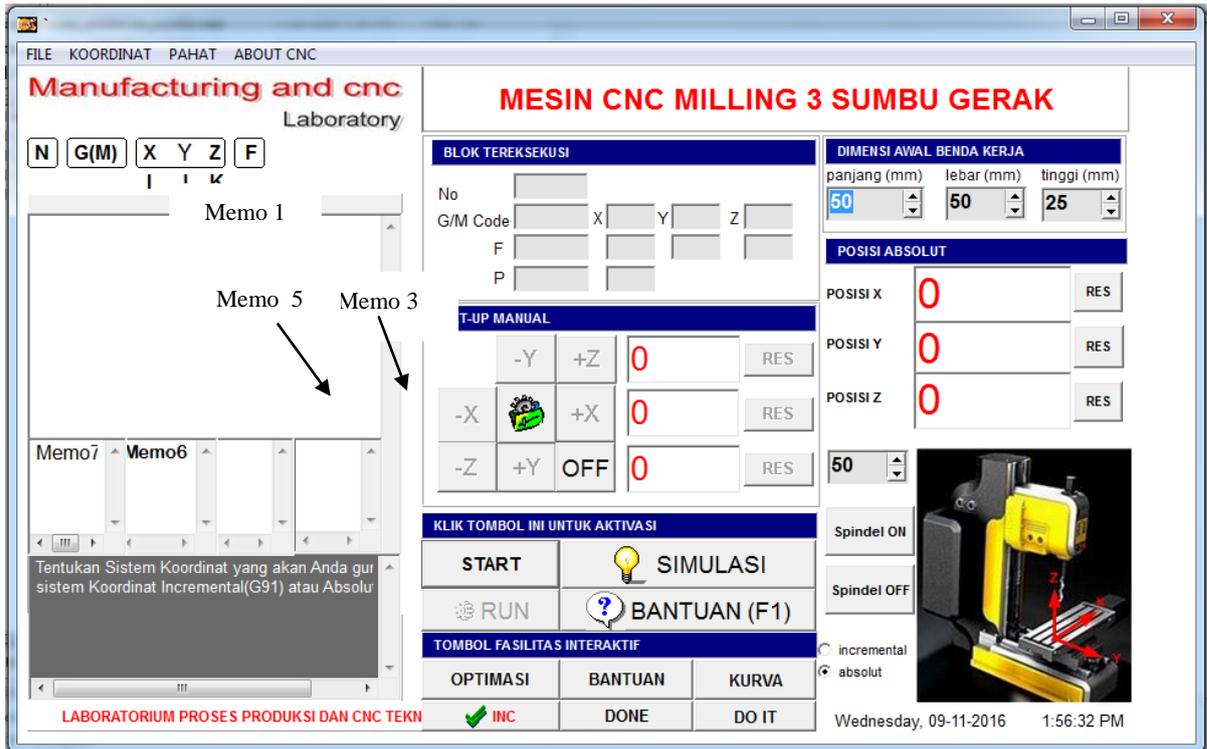
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

2.1. Pembuatan program dengan menggunakan *Software Delphi*

Delphi digunakan untuk membuat tampilan aplikasi mesin dan membuat program yang akan dijalankan oleh mesin. Gambar 2 menampilkan *flowchart* algoritma pemrograman dalam pembuatan program tugas akhir ini dan Gambar 3 adalah tampilan aplikasi mesin *milling CNC Trainer* yang sudah menjadi hasil penelitian tugas akhir ini. Untuk tampilan, sebenarnya sudah lengkap hanya ditambahkan saja tombol yang bertuliskan “START”, ‘DO IT’, ‘DONE’ dan ‘INC’. Penambahan tombol-tombol tersebut dilakukan dengan memilih tombol *bitbtn* pada *toolbar* yang tersedia.



Gambar 2. Flowchart Algoritma Pemrograman.



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Mesin milling CNC Trainer.

2.1.1. Penyempurnaan Tombol START

Tombol START berfungsi untuk mengubah G/M code yang tertulis di memo 1 dimana saat di memo 1 G/M code tersebut masih sesuai luaran Mastercam per baris/per blok selanjutnya setelah menekan tombol ini maka semua G/M code akan tertulis secara vertikal (membujur ke bawah) di memo 3. Setiap karakter spasi di setiap blok maupun karakter enter antar tiap blok di memo 1 akan didefinisikan sebagai karakter enter di memo 3 setelah menekan tombol ini. Jika operator tidak memasukkan G/M code di memo 1 tetapi kemudian menekan tombol START maka secara otomatis akan muncul tulisan "Masukkan Kode CNC Anda di sini" untuk mengingatkan operator agar terlebih dahulu memasukkan G/M code.

Pada Delphi program-program yang tersusun contohnya dapat dilihat pada Gambar 4 berikut :

```

If (Memo1.Lines.Text="") then
begin
Memo1.Lines.Add('Masukkan Kode CNC Anda di sini');
Memo1.Lines.Add('M30');
Memo2.Lines.Add('Masukkan Kode CNC Anda');
End
else

begin
for brs := 0 to Memo1.Lines.Count-1 do
begin
Memo1.Lines[brs]:=uppercase(Memo1.lines[brs]);
Memo3.Lines[brs]:=uppercase(Memo3.lines[brs]);
kolom := CreateTokens(' ',Memo1.Lines[brs]);
for it := 0 to Length(kolom)-1 do
Memo3.Lines.Add(kolom[it]);
End;

```

Gambar 4. Program Pada Tombol START.

2.1.2. Penyempurnaan Tombol DO IT

Tombol DO IT berfungsi untuk menambahkan G/M code yang belum tertulis dalam satu blok agar sesuai dengan standar penulisan mesin CNC Trainer yaitu N..G..X..Y..Z..F. pada setiap bloknya. Jadi jika dalam satu blok belum mempunyai nilai X atau Y atau Z atau F maka secara otomatis dengan meng-klik tombol ini program pada Delphi akan mencari nilai yang dicari pada blok sebelumnya atau selanjutnya. Perbedaan pencarian pada blok sebelumnya dan

sesudahnya didasarkan pada letak blok yang dicari sendiri, jika dia berada dalam blok paling atas maka dia akan mencari ke blok setelahnya, tetapi jika blok tersebut berada di tengah atau akhir maka akan mencari blok sebelumnya. Jika menekan tombol ini maka G/M Code yang ada di Memo 3 akan dituliskan pada Memo 5.

2.1.3. Penyempurnaan Tombol DONE

Tombol DONE sendiri memiliki fungsi menjadikan G/M Code yang ada pada Memo 5 yang tadinya berurutan secara vertikal ke bawah menjadi horizontal ke kanan menjadi tiap blok pada Memo 1 seperti inputan awal keluaran dari Mastercam. Sehingga setiap blok akan ditulis dengan format penulisan N G X Y Z F untuk setiap G code. Untuk setiap keluaran dari Mastercam menggunakan sistem absolut, begitupun sampai pada tahap pemilihan tombol DONE ini.

2.1.4. Penyempurnaan Tombol INC

Tombol INC ini berfungsi untuk mengubah G/M code yang menggunakan sistem absolut menjadi sistem incremental. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, dengan memilih tombol DONE G/M code akan tertulis di Memo 1 hanya saja masih menggunakan sistem absolut, tetapi setelah memilih tombol INC maka G/M code akan berubah menjadi sistem incremental. Perubahan ini dilakukan karena mesin milling CNC *Trainer* beroperasi menggunakan sistem incremental.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Urutan Proses Penggunaan Aplikasi Mesin CNC *Trainer*

Salah satu contoh G/M Code yang merupakan luaran Mastercam dapat dilihat pada Gambar 5, langkah pertama yang dilakukan yaitu menginput G/M code ke dalam memo 1 dengan memilih File kemudian Open.

```
%
O0000
(PROGRAM NAME - SAMPLE #1 )
( DATE=DD-MM-YY - 10-11-14 TIME=HH:MM - 11:22 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
( 10. FLAT ENDMILL TOOL - 219 DIA. OFF. - 0 LEN. - 0 DIA. - 10. )
N104 T219 M6
N106 G0 G90 G54 X-7.5 Y2.5 A0. S0 M5
N108 G43 H0 Z5.
N110 Z2.
N112 G1 Z-2. F3.6
N114 X-6.614
N116 G3 X-3.307 Y3.75 I0. J5.
N118 G2 X3.307 I3.307 J-3.75
N120 G3 X6.614 Y2.5 I3.307 J3.75
N122 G1 X7.5
N124 Y-2.5
N126 X6.614
N128 G3 X3.307 Y-3.75 I0. J-5.
N130 G2 X-3.307 I-3.307 J3.75
N132 G3 X-6.614 Y-2.5 I-3.307 J-3.75
N134 G1 X-7.5
N136 Y2.5
N138 Z0.
N140 G0 Z3.
N142 M5
N144 G91 G28 Z0.
N146 G28 X0. Y0. A0.
N148 M30
%
```

Gambar 5. G/M code Luaran Perangkat Lunak Mastercam.

a. Memilih Tombol START

Setelah G/M Code di *input* pada memo 1 maka dipilahlah tombol START, yang mempunyai fungsi kode-kode yang ada pada memo 1 akan ditulis secara vertikal atau menurun pada memo 3 untuk setiap karakter spasi ataupun enter pada memo 1. Semua yang ada di memo 1 akan ditulis di memo 3 secara menurun tanpa terkecuali.

b. Pilih DO IT

Langkah selanjutnya yaitu memilih tombol DO IT yang mempunyai fungsi melengkapi tiap tiap blok yang belum sesuai standar penulisan mesin CNC *Trainer* NGXYZF yang ada di memo 3 yang kemudian akan ditulis pada memo 5 seperti sudah dijelaskan sebelumnya.

c. Pilih DONE

Langkah berikutnya yaitu memilih tombol DONE, yang berfungsi menuliskan kembali kode-kode yang ada pada memo 5 tetapi dalam bentuk seperti semula (seperti inputan pertama), yaitu per blok tiap baris. Kode-kode ini akan dituliskan di memo 1, dan seperti sudah disinggung di awal bahwa G/M *code* yang muncul masih menggunakan sistem absolut.

d. Pilih INC

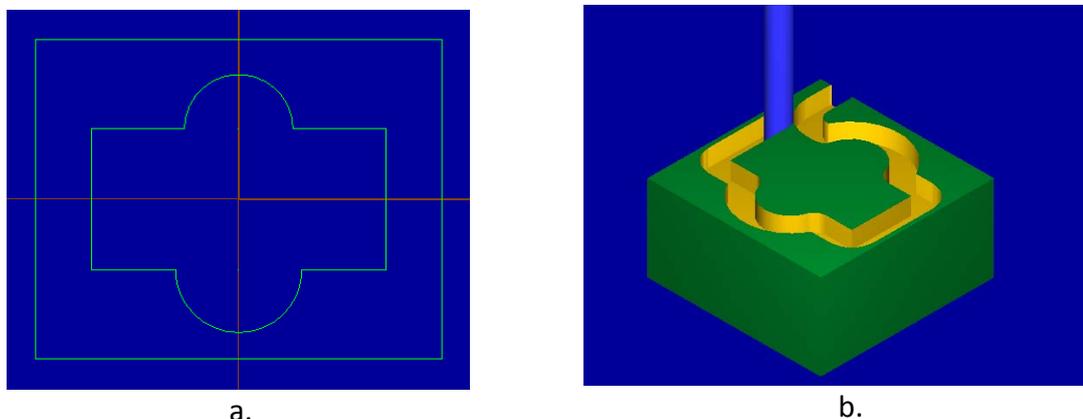
Langkah terakhir yaitu memilih tombol INC yang berfungsi mengubah G/M *code* yang tadinya menggunakan sistem absolut menjadi sistem incremental. Hal ini dilakukan karena mesin *milling* CNC *trainer* beroperasi di bawah kendali sistem *incremental*. Selain itu tombol ini juga berfungsi sebagai cek program terakhir sebelum eksekusi ke mesin *milling* CNC *trainer*. Tulisan yang mengijinkan untuk eksekusi ke mesin *milling* CNC *trainer* dapat dilihat di memo 2. Pada Gambar 6 ditampilkan keluaran G/M *code* setelah dipilih tombol INC.

```
N102 G00 X-750 Y250 Z500
N106 G00 X0 Y0 Z0
N110 G01 X0 Y0 Z-300 F50
N112 G01 X0 Y0 Z-400 F50
N114 G01 X88.6 Y0 Z0 F50
N116 G03 X330.7 Y125 Z0 F50
N118 G02 X661.4 Y0 Z0 F50
N120 G03 X330.7 Y-125 Z0 F50
N122 G01 X88.6 Y0 Z0 F50
N124 G01 X0 Y-500 Z0 F50
N126 G01 X-88.6 Y0 Z0 F50
N128 G03 X-330.7 Y-125 Z0 F50
N130 G02 X-661.4 Y0 Z0 F50
N132 G03 X-330.7 Y125 Z0 F50
N134 G01 X-88.6 Y0 Z0 F50
N136 G01 X0 Y500 Z0 F50
N138 G01 X0 Y0 Z200 F50
N140 G00 X0 Y0 Z300
M30
```

Gambar 6. G/M *code* Setelah Diproses Pada Aplikasi Mesin *Milling* CNC *Trainer*.

3.2. Pembuktian

Setelah semua proses dilakukan maka perlu adanya pembuktian apakah penelitian ini sudah benar atau belum. Gambar 7 menunjukkan perbandingan antara desain model awal (a) dengan gambar benda kerja yang sudah dilakukan proses Mastercam (b). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah proses yang dilakukan sudah benar atau belum.



Gambar 7. Perbandingan Desain Model Awal (a) dengan Benda Kerja Yang Sudah Jadi (b).

Selain itu, perlu adanya bukti perbandingan antara kode sebelum dilakukan proses (*input*) ditandai dengan huruf a dan kode setelah dilakukan proses ditandai dengan huruf b (*output*). Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.

<pre> % 00000 (PROGRAM NAME - SAMPLE #1) (DATE=DD-MM-YY - 10-11-14 TIME=HH:MM:SS) N100 G21 N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90 (10. FLAT ENDMILL TOOL - 219 D1) N104 T219 M6 N106 G0 G90 G54 X-7.5 Y2.5 A0. S0 M5 N108 G43 H0 Z5. N110 Z2. N112 G1 Z-2. F3.6 N114 X-6.614 N116 G3 X-3.307 Y3.75 I0. J5. N118 G2 X3.307 I3.307 J-3.75 N120 G3 X6.614 Y2.5 I3.307 J3.75 N122 G1 X7.5 N124 Y-2.5 N126 X6.614 N128 G3 X3.307 Y-3.75 I0. J-5. N130 G2 X-3.307 I-3.307 J3.75 N132 G3 X-6.614 Y-2.5 I-3.307 J-3.75 N134 G1 X-7.5 N136 Y2.5 N138 Z0. N140 G0 Z3. N142 M5 N144 G91 G28 Z0. N146 G28 X0. Y0. A0. N148 M30 %</pre>	<pre> N102 G00 X-750 Y250 Z500 N106 G00 X0 Y0 Z0 N110 G01 X0 Y0 Z-300 F50 N112 G01 X0 Y0 Z-400 F50 N114 G01 X88.6 Y0 Z0 F50 N116 G03 X330.7 Y125 Z0 F50 N118 G02 X661.4 Y0 Z0 F50 N120 G03 X330.7 Y-125 Z0 F50 N122 G01 X88.6 Y0 Z0 F50 N124 G01 X0 Y-500 Z0 F50 N126 G01 X-88.6 Y0 Z0 F50 N128 G03 X-330.7 Y-125 Z0 F50 N130 G02 X-661.4 Y0 Z0 F50 N132 G03 X-330.7 Y125 Z0 F50 N134 G01 X-88.6 Y0 Z0 F50 N136 G01 X0 Y500 Z0 F50 N138 G01 X0 Y0 Z200 F50 N140 G00 X0 Y0 Z300 M30</pre>
--	--

Gambar 8. Perbandingan kode sebelum dilakukan proses (*input*) ditandai dengan huruf a dan kode setelah dilakukan proses ditandai dengan huruf b (*output*).

4. Kesimpulan

Peningkatan kemampuan sistem operasi mesin milling CNC *trainer* yang dilakukan sebagai tahap penyempurnaan pada menu-menu yang ada dalam perangkat lunak dengan tujuan memudahkan operator berhasil dilakukan dengan mengadaptasi luaran perangkat lunak Mastercam. Gambaran benda kerja hasil eksekusi dan simulasi pemotongannya dapat dilihat terlebih dahulu pada perangkat lunak Mastercam sebelum eksekusi ke mesin CNC sehingga dapat memperkecil kesalahan dan mengurangi waktu eksekusi karena mengurangi kemungkinan *trial* dan *error*. Dengan sudah adanya G/M Code yang merupakan luaran dari Mastercam maka operator menjadi tidak dibingungkan dengan banyaknya G/M Code penyusun benda kerja terlebih benda kerja yang kompleks bentuknya.

Daftar Pustaka

- [1] Harjito, A. S., 2004, “*Pengembangan Sistem Operasi Untuk Pengaturan Kecepatan Potong dan Siklus Penguliran (G78) Proses Bubut CNC*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Hurco Companies., 2002, “*NC Part Programming Manual*”, Handbook, Indianapolis.
- [3] Koselan, W. S., 2002, *Interfacing The Standard Parallel Port*.
- [4] Kusnassriyanto., 2001, “*Pemrograman Delphi*”, Modula, Bandung.
- [5] Rochim, T., 1992, “*Pemrograman NC*”, Handbook, Lab. Teknik Produksi Permesinan, Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Bandung.
- [6] Tamuddin, K., 2007, “*Pengembangan Sistem Operasi Mesin Multi Material Deposition Indirect Sintering Berbasis Data Image 3D*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- [7] Widyanto, S. A. 2014. “*Merancang Mesin Perkakas*”. Handbook. Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- [8] <http://benny-h-i.blogspot.co.id/2012/12/penjelasan-mesin-frais-cnc-cnc-milling.html?m=1> diakses: 3-12-2016 11.29.