

**PERENCANAAN PROSES CAD
PRODUK BERKEPALA BAUT UNTUK APLIKASI CAM
DENGAN MENERAPKAN METODE *TO CORNER***

Oleh:

HENRI VIKI BARAPA

NRI. 050 214 004

Pembimbing I :

RUDY POENG, ST, MT

NIP. 19660814 199403 1 002

Pembimbing II :

ROMELS LUMINTANG, ST, MT

NIP. 19741022 200501 1 003

ABSTRAK

Dengan perkembangan semakin pesat dunia komputerisasi yang bukan hanya sebagai alat bantu perkantoran sebagai pengganti mesin ketik namun juga dibidang disain grafis, olah data, animasi *recording* termasuk juga dalam bidang teknik *Computer Aided Design* (CAD).

Hasil disain produk pemesinan dengan menggunakan CAD dapat diaplikasikan pada *Computer Aided Manufacturing* (CAM) untuk disimulasikan menjadi kerja proses pemesinan yang optimal, yaitu menggunakan komputer untuk melakukan pemrograman, pengarahan dan pengendalian peralatan produksi berdasarkan hasil disain produk tersebut.

penelitian ini adalah bagaimana melakukan proses CAD pada produk berbentuk kepala baut dengan menggunakan *software autoCAD* sebagai suatu proses perencanaan dengan bantuan komputer. Tujuan penelitian ini merencanakan produk proses pemesinan freis dan mendapatkan gambar proses CAD dari produk yang direncanakan sebagai informasi untuk aplikasi CAM.

Hasil yang didapat dari perencanaan ini, yaitu produk yang dijadikan obyek berbentuk kepala baut berukuran 50x15 mm, dan diperoleh informasi ukuran koordinat lintasan dari gerakan pahat freis tegak dalam memproses produk tersebut yang dapat dijadikan data kode geometik untuk aplikasi CAM dengan menerapkan metode *To Corner*.

Kata Kunci: Perencanaan Proses CAD, Produk Berkepala Baut, Aplikasi CAM

ABSTRACT

Computer is not just, a replacement for a typewriter, but also in the scope of graphic design, process data, animated recording is including in the art *Computer Aided Design* (CAD).

Results of product design using CAD can be applied in *Computer Aided Manufacturing* (CAM) to simulate the machining process to work optimally, in using a computer to do programming, directing and controlling the production equipment based on the design of the product.

This research is a study on how to simulate the process of CAD in shaping head bolt using *AutoCAD* software as a planning process. The purpose of this study is to plan

machining processes using shaping machine to get the CAD drawings as information for CAM applications.

The results of this planning, the product is used as an object shaped head bolts (size 50x15 mm, and the size of the coordinates information obtained from motion trajectories Freis chisel upright in processing these products can be geomeotik code data for CAM applications by applying To Corner.

Keywords: CAD Planning Process, Product Head Bolts, for CAM.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan perkembangan semakin pesat dunia Komputerisasi yang bukan hanya sebagai alat bantu perkantoran sebagai pengganti mesin ketik namun juga dibidang disain grafis, olah data, animasi *recording* termasuk juga dalam bidang teknik *Computer Aided Design* (CAD).

Hasil disain produk pemesinan dengan menggunakan CAD dapat diaplikasikan pada *Computer Aided Manufacturing* (CAM) untuk disimulasikan menjadi kerja proses pemesinan yang optimal, yaitu menggunakan komputer untuk melakukan pemograman, pengarah dan pengendalian peralatan produksi berdasarkan hasil disain produk tersebut.

Proses pemesinan (aplikasi) yang dapat dilakukan pada CAM, yaitu gurdi, Bubut, freis *multy tool*. Sehubungan dengan itu, ada keinginan untuk melakukan perencanaan proses CAD untuk produk berkepala baut, sehingga didapatkan informasi lintasan ukuran-ukuran koordinat dari gerakan pahat freis tegak sebagai data geometrik yang dapat dilakukan simulasi pada aplikasi CAM dengan menerapkan metode *To Corner*.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana melakukan proses CAD pada produk berbentuk kepala baut dengan menggunakan *software autoCAD* sebagai suatu proses perencanaan dengan bantuan komputer.

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan perencanaan penulisan ini adalah:

1. Merencanakan produk proses pemesinan freis.
2. Mendapatkan informasi ukuran-ukuran koordinat lintasan dari gerakan pahat freis tegak sebagai kode geometrik untuk simulasi aplikasi CAM.

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terarah dan jelas, perlu adanya pembatasan masalah yang dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Produk yang direncanakan untuk proses CAD, yaitu produk berbentuk kepala baut dengan ukuran kunci 50 mm dan ketebalan 15 mm.
2. Proses CAD dari produk yang direncanakan menggunakan *software autoCAD*.
3. Aplikasi proses pemesinan yang dilakukan dibatasi pada proses mengefreis tegak.
4. Metode yang dipilih untuk memperoleh ukuran koordinat lintasan dari gerakan pahat freis untuk aplikasi CAM menerapkan metode *To Corner*.

1.5 Manfaat Penulisan.

Hasil penulisan ini dapat memberi manfaat yang berguna, untuk:

1. Memberikan pengetahuan cara menggambar teknik dengan bantuan komputer menggunakan *software autoCAD*.

2. Memahami proses pemesinan freis tegak.
3. Mengetahui cara membuat informasi untuk aplikasi CAM.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian *Computer Aided Design* (CAD)

CAD merupakan bagian dari system manufaktur yang banyak digunakan dewasa ini. CAD singkatan dari *Computer Aided Design*, adalah proses merancang gambar benda kerja dengan bantuan komputer untuk memecahkan problem-problem disain.

(<http://tutorialautocad.blogspot.com/2009/01/pengertian-autocad.html>)

Perkembangan sistem otomatisasi

1. *Computer Aided Design* (CAD)
Menggunakan komputer untuk membantu design produk
2. *Computer Aided Manufacturing* (CAM)
Menggunakan komputer untuk melakukan pemrograman
3. *Computer Numerical Control* (CNC)
Menggunakan komputer untuk mengendalikan operasional mesin
4. *Computer Aided Production Planning* (CAPP)
Menggunakan computer untuk perencanaan produksi
5. *Industrial Robotic*
Penggunaan tenaga robot dalam dunia industri
6. *Flexible Manufacturing System* (FMS)
Kumpulan dari komputer mesin CNC, yang mengendalikan workstation (stasiun kerja) yang terkoneksi secara otomatis oleh system pengendalian material dan dikontrol oleh komputer pusat.

Aplikasi CAD di Dunia Manufaktur

1. Untuk Perancangan Mesin (Manufaktur)
 - Industri Otomotif
 - Industri Pesawat Terbang
 - Industri Alat Rumah Tangga

- Industri Permesinan
 - Industri Alat Pertanian.
2. Untuk Arsitektur, Engineering, Kontruksi
 - Perancangan Arsitektur
 - Perancangan Teknik Sipil
 - Pemetaan.
 3. Untuk Perancangan Elektronik
 - *Printed Circuit Board* (PCB)
 - *Computerized Testing*
 - *Integrated Circuit* (IC)
 4. Bidang Lain
 - Industri Film
 - Design Tekstil
 - Reklame

2.2 Proses Mengfreis (*Milling*)

Pengerjaan logam dalam dunia *manufacturing* ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan logam secara mekanis. Pengerjaan mekanis logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun pengerjaan *finishing*, sehingga dalam pengerjaan mekanis dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin freis atau biasa juga disebut mesin *Milling*.

Mesin freis adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena selain mampu pemesinan permukaan datar maupun berlekuk dengan penyelesaian dan ketelitian istimewa, juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki. Mesin freis dapat menghasilkan permukaan bidang rata yang cukup halus, tetapi proses ini membutuhkan pelumas berupa oli yang berguna untuk pendingin mata *milling* agar tidak cepat aus.

Proses freis adalah proses yang menghasilkan *chips* (geram). freis

menghasilkan permukaan yang datar atau berbentuk profil pada ukuran yang ditentukan dan kehalusan atau kualitas permukaan yang ditentukan. Proses kerja pada pengerjaan dengan mesin freis dimulai dengan mencekam benda kerja, kemudian dilanjutkan dengan pemotongan dengan alat potong yang disebut *cutter*, dan akhirnya benda kerja akan berubah ukuran maupun bentuknya. (Rochim, 2004)

2.3 Kode Program Geometrik

Numerical Control / NC (berarti "kontrol numerik") merupakan sistem otomatisasi Mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam. Kata NC sendiri adalah singkatan dalam Bahasa Inggris dari kata *Numerical Control* yang artinya Kontrol Numerik

2.4 Kode G

Beberapa kode lintasan dan mesin dapat dibuat untuk diedit pada CAM menjadi program suatu poses pemesian. Adapun kode G yang sering digunakan pada aplikasi CAM adalah:

- G00 = Gerak tanpa pemakan
- G01 = Gerak pemakanan lurus (horizontal, vertical dan diagonal)
- G02 = Gerak pemakanan melingkar searah jarum jam (cw)
- G03 = Gerak pemakanan melingkar berlawanan jarum jam (ccw)
- G40 = Kompensasi radius pahat batal
- G42 = Identifikasi lintasan pahat batal
- G64 = Fungsi penyetelan kondisi pahat dengan titik referensi.

2.5 Perhitungan Titik Bantu

Yang dimaksud dengan perhitungan titik bantu adalah titik-titik tujuan atau

akhir dari gerakan lintasan pahat freis yang diperhitungkan pada kontur benda kerja. Dimana koordinatnya harus dihitung dengan menggunakan aljabar biasa dan trigonometri. Dari hasil perhitungan titik Bantu tersebut, maka dengan mudah dibuat program aplikasi CAM. Program tersebut dapat dilakukan dengan metode, yaitu:

Metode To Corner

Metode ini displikasikan untuk mengefreis membuat benda kerja persegi (segi tiga, segi empat dsb). Artinya lintasan pahat freis hanya didefinisikan kearah memanjang, melintang dan diagonal dari benda kerja.

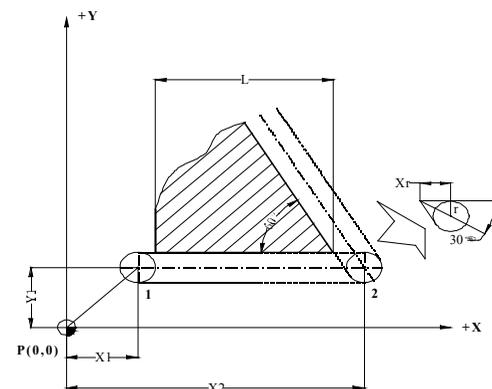
Dari gambar 2.1 diketahui X_1 , Y_1 dan r . Hendak dicari X_2 . Untuk mendapatkan harga yang dimaksud tersebut yaitu:

$$S = \frac{r}{\sin 30^\circ}$$

$$Xr = S \cos 30^\circ = \frac{r}{\sin 30^\circ} \cos 30^\circ$$

$$X_2 = X_1 + r + L + Xr$$

$$= X_1 + r + L + \frac{r}{\sin 30^\circ} \cos 30^\circ$$



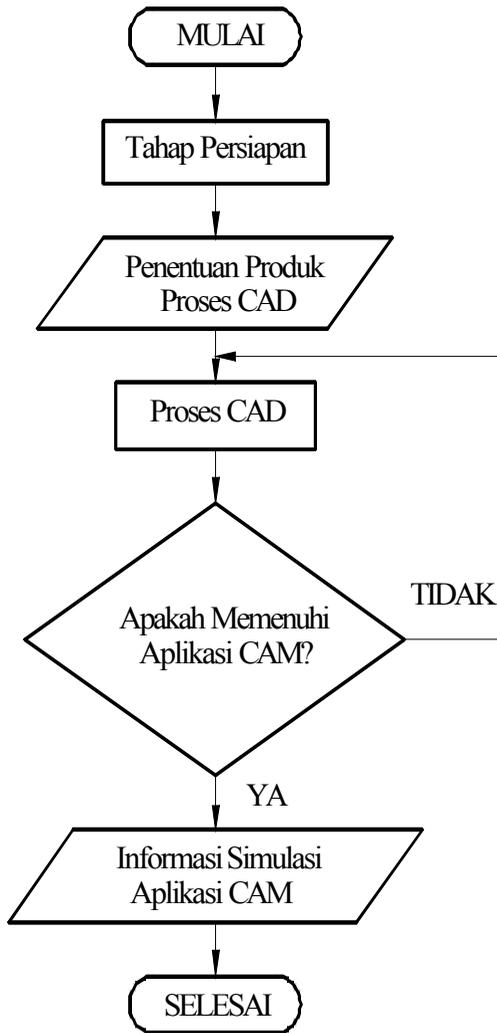
Gambar 2.1 Aplikasi CAM Metode To Corner (Poeng, 2011)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan secara sistematis dan struktur

pelaksanaannya dengan prosedur penelitian seperti pada gambar 3.1.

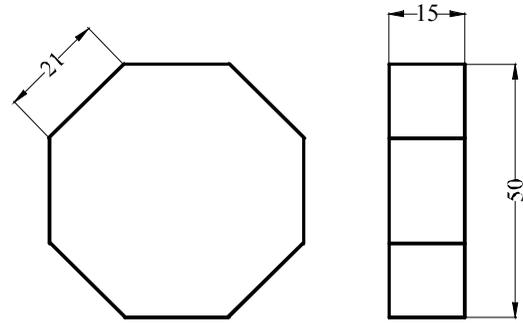


Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Perencanaan Produk Proses CAD

Produk proses CAD yang akan dijadikan obyek dalam penelitian ini yaitu produk berbentuk kepala baut yang merupakan hasil proses pemesinan freis tegak yang banyak dijumpai di pasaran. Adapun produk tersebut direncanakan seperti pada gambar 3.2.

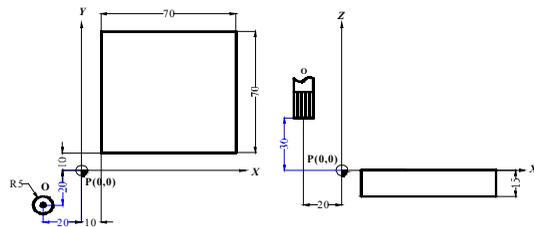


Gambar 3.2 Produk Pemesinan Freis Tegak Bentuk Kepala Baut

Data yang digunakan untuk merencanakan proses CAD, adalah sebagai berikut:

- Produk = Kepala Baut
- Material = Pelat Baja 70x70x15 mm
- Jari-jari pahat = 5 mm
- Posisi tinggi pahat = 30 mm
- Posisi jarak sumbu x titik referensi P(0,0) ke ujung benda kerja = 10 mm
- Posisi jarak sumbu y titik referensi ke ujung benda kerja = 10 mm
- Posisi jarak sumbu x titik referensi P(0,0) ke pahat = 20 mm
- Posisi jarak sumbu y titik referensi P(0,0) ke pahat = 20 mm.

Untuk lebih jelasnya posisi awal proses CAD penyetulan kondisi pahat freis, benda kerja dan titik referensi dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Posisi Awal Proses CAD

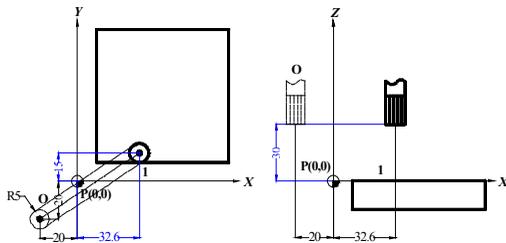
3.4.1 Perencanaan Proses CAD

Dalam perencanaan proses CAD untuk produk berbentuk kepala baut,

direncanakan aplikasi CAM dengan menerapkan metode *To Corner*. Diterapkan metode ini karna bentuk benda kerja dapat dilintasi *tool* (pahat freis tegak) hanya didefinisikan kearah memanjang, melintang atau diagonal dari benda kerja yang akan diproses. Metode ini, pengukurannya berdasarkan titik pusat pahat freis sebagai acuannya dengan mode ukuran penulisan aplikasi CAM dapat dilakukan mode ukuran absolut.

- Fungsi Penyetelan Kondisi Pahat
Berdasarkan gambar 3.3, diperoleh informasi posisi pahat freis di titik bantu O dan titik referensi P(0,0) sebelum melakukan proses, yaitu:
X = 20 mm
Y = 20 mm
Z = 30 mm.

- Gerak Tanpa Pemakanan
Geraka tanpa pemakanan, yaitu gerak pahat freis yang melakukan proses tanpa melakukan proses pengerjaan pada benda kerja. Pada perencanaan ini pahat freis melalui titik bantu O dan titik bantu 1 yang diukur melalui titik referensi P(0,0) seperti pada gambar 3.5.

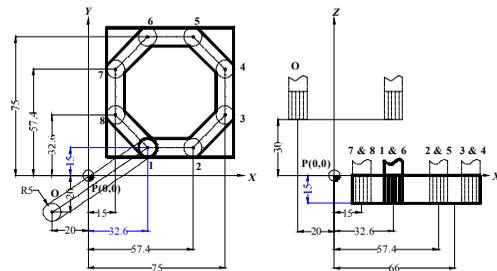


Gambar 3.5 Gerak Tanpa Pemakanan Pahat Freis

Berdasarkan gambar 3.5, diperoleh informasi ukuran untuk gerakan pahat freis tanpa pemakanan melintasi titik bantu O menuju titik bantu 1, yaitu:

$$\begin{aligned} X &= 32.6 \text{ mm} \\ Y &= 15 \text{ mm} \\ Z &= 30 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- Gerak Pemakanan
Geraka dengan pemakanan, yaitu gerak pahat freis yang melakukan proses pengerjaan pada benda kerja. Pada perencanaan ini pahat freis melalui titik bantu 1, titik bantu 2, titik bantu 3, titik bantu 4, titik bantu 5, titik bantu 6, titik bantu 7, titik bantu 8 dan kembali ke titik bantu 1, yang diukur melalui titik referensi P(0,0). Secara keseluruhan seperti diperlihatkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pemakanan Pahat Freis dari Titik Bantu 1 sampai Titik Bantu 8

Berdasarkan gambar 3.6, diperoleh informasi ukuran untuk gerakan pahat freis, sebagai berikut:

Pemakanan melintasi titik bantu 1 menuju 2, yaitu:

$$\begin{aligned} X &= 57.4 \text{ mm} \\ Y &= 15 \text{ mm} \\ Z &= -15 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 2 menuju 3, yaitu:

$$\begin{aligned} X &= 75 \text{ mm} \\ Y &= 32.6 \text{ mm} \\ Z &= -15 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 3 menuju 4, yaitu:

$$\begin{aligned} X &= 75 \text{ mm} \\ Y &= 57.4 \text{ mm} \\ Z &= -15 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 4 menuju 5, yaitu:

$$\begin{aligned} X &= 57.4 \text{ mm} \\ Y &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Z = -15 \text{ mm.}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 5 menuju 6, yaitu:

$$X = 32.6 \text{ mm}$$

$$Y = 75 \text{ mm}$$

$$Z = -15 \text{ mm.}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 6 menuju 7, yaitu:

$$X = 15 \text{ mm}$$

$$Y = 57.4 \text{ mm}$$

$$Z = -15 \text{ mm.}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 7 menuju 8, yaitu:

$$X = 15 \text{ mm}$$

$$Y = 32.6 \text{ mm}$$

$$Z = -15 \text{ mm.}$$

Pemakanan melintasi titik bantu 8 menuju 1, yaitu:

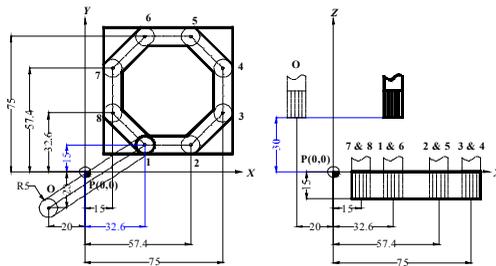
$$X = 32.6 \text{ mm}$$

$$Y = 15 \text{ mm}$$

$$Z = -15 \text{ mm.}$$

- Gerakan Akhir Proses
Gerakan ini merupakan gerakan pahat akan kembali ke posisinya dengan melakukan tanpa pemakanan pada benda kerja karena telah menjadi produk yang dikehendaki. Pada perencanaan ini pahat freis melalui titik bantu 1 dan titik bantu O yang diukur melalui titik referensi P(0,0) seperti pada gambar 3.7 dan 3.8.

- Gerak Pahat Freis Akhir Pemakanan



Gambar 3.7 Gerak Akhir Proses Pahat Freis pada Titik Bantu 1

Berdasarkan gambar 3.7, diperoleh informasi ukuran untuk gerakan pahat freis

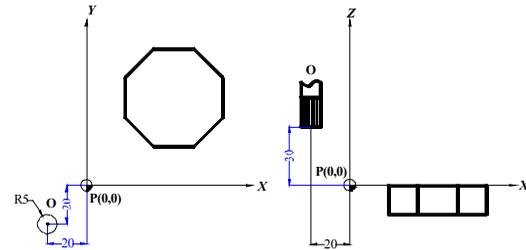
untuk mengakhiri proses tanpa pemakanan pada titik bantu 1, yaitu:

$$X = 32.6 \text{ mm}$$

$$Y = 15 \text{ mm}$$

$$Z = 30 \text{ mm.}$$

- Gerak Pahat Freis dari Titik Bantu 1 ke Titik Bantu O



Gambar 3.8 Gerak Akhir Proses Pahat Freis dari Titik Bantu 1 ke Titik Bantu O

Berdasarkan gambar 3.8, diperoleh informasi ukuran untuk gerakan pahat freis untuk kembali ke posisinya semula dengan tanpa pemakanan melintasi titik bantu 1 menuju kembali ke titik bantu O, yaitu:

$$X = -20 \text{ mm}$$

$$Y = -20 \text{ mm}$$

$$Z = 30 \text{ mm.}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan yang didapatkan dari penelitian perencanaan proses CAD (*Computer Aided Design*) produk berkepala baut untuk aplikasi CAM (*Computer Aided Manufacturing*) dengan menerapkan metode *To Corner*, adalah sebagai berikut:

1. Benda kerja yang digunakan untuk proses pemesinan dengan freis tegak untuk aplikasi CAM yaitu pelat baja berukuran 70x70x15 mm.
2. Benda kerja tersebut direncanakan akan diproses menjadi produk berbentuk kepala baut berukuran 50x15 mm.

3. Proses CAD yang dilakukan dengan menggunakan *software autoCAD* untuk mengetahui ukuran lintasan dari gerakan pahat freis dalam memproses produk berkepala baut berdasarkan asumsi posisi pahat freis dan titik referensi terhadap benda kerja yang ditetapkan. Hasil dari proses CAD ini dapat digunakan sebagai informasi berupa ukuran-ukuran koordinat tiga dimensi XYZ lintasan dari gerakan pahat freis tegak dalam memproses produk berkepala baut yang dapat dijadikan data kode geometrik untuk aplikasi CAM selanjutnya dengan menerapkan metode *To Corner*.

4.2 Hasil Pengolahan Data

Dari pengolahan data perencanaan proses CAD untuk pembuatan produk berbentuk kepala baut dengan proses pemesian freis tegak, diperoleh hasil proses CAD yang telah dilakukan dapat dijadikan data informasi berupa ukuran yang hendak dilakukan aplikasi CAM selanjutnya, seperti diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Lintasan Pahat Freis Proses CAD Produk Kepala Baut

Lintasan Pahat Freis	Koordinat			G-Code
	X	Y	Z	
O-P	20	20	30	G64
P-1	32.6	15	-	G00
1	-	-	-15	G01
1-2	57.4	-	-	G01
2-3	75	32.6	-	G01
3-4	-	57.4	-	G01
4-5	57.4	75	-	G01
5-6	32.6	-	-	G01
6-7	15	57.4	-	G01
7-8	-	32.6	-	G01
8-1	32.6	15	-	G01
1	-	-	30	G00
1-O	-20	-20	-	G00

4.3 Pembahasan

Dari perencanaan proses CAD pada produk berbentuk kepala baut yang dapat diaplikasikan pada CAM dengan pemesian freis tegak, pembahasannya sebagai berikut:

1. Sebenarnya informasi ukuran koordinat pada setiap lintasan dari gerakan pahat freis dapat dilakukan perhitungan dengan aljabar matematika trigonometri, akan tetapi memerlukan kepastian dan perhitungan secara benar.
2. Jika menggunakan *software autoCAD*, informasi ukuran koordinat secara langsung dapat diperoleh dengan menggunakan fasilitas garis ukuran dan tidak memerlukan perhitungan.
3. Hasil yang didapat dengan menggunakan *software* untuk proses CAD yaitu memberikan beberapa keuntungan:
 - o Lebih cepat dan lebih akurat
 - o Relatif lebih aman
 - o Kinerja perhitungan yang berulang-ulang dapat dihindari
 - o Mudah untuk berfikir
 - o Dapat dengan mudah berkomunikasi
 - o Hasil dari obyek dapat disimpan.
4. Hasil proses CAD pada produk berbentuk kepala baut, yaitu berupa informasi ukuran koordinat sebagai data kode geometrik (Tabel 4.1) yang dapat dibuat aplikasi CAM sederhana dengan menerapkan metode *To Corner* tanpa menggunakan kode mesin (*M-Code*) dan aturan-aturan lainnya yang berhubungan dengan otomatis pemesian, yaitu:

```

0010 G64 X20 Y20 Z30
0020 G00 X32.6 Y15
0030 G01 Z-15
0040 G01 X57.4
0050 G01 X75 Y32.6
0060 G01 X32.6

```

0070 G01 X15 Y57.4
 0080 G01 Y32.6
 0090 G01 X32.6 Y15
 0100 G01 Z30
 0110 G01 X-20 Y-20

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil proses CAD (*Computer Aided Design*) pada produk berbentuk kepala baut yang dapat diaplikasikan pada CAM (*Computer Aided Manufacturing*) dengan menerapkan metode *To Corner*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Produk yang dijadikan obyek untuk proses CAD, yaitu produk berbentuk kepala baut berukuran 50x15 mm dan aplikasi proses pemesinan yang digunakan membuat produk tersebut dengan proses mengefreis tegak.
2. Hasil dari proses CAD berupa informasi ukuran koordinat lintasan dari gerakan pahat freis tegak dalam memproses produk berbentuk kepala baut yang dapat dijadikan data kode geometik untuk aplikasi CAM dengan menerapkan metode *To Corner*.

5.2 Saran

Perencanaan proses CAD ini belum sempurna. Saran yang diberikan untuk pengembangan ini adalah:

1. Dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk menerapkan aplikasi CAM dengan mempertimbangkan kode mesin otomatis (*M-Code*), sehingga diperoleh perencanaan yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukan proses CAD untuk menggunakan obyek produk lain dan menerapkan aplikasi CAM metode lain seperti *Radius Tool Compensation*, *Follow Elemen* dan *Multy Tool*, agar mampu untuk proses CAD produk kerja lainnya dengan metode yang berbeda.

3. Perlu dilakukan proses CAD dengan menggunakan *software* yang lain selain *AutoCAD*

DAFTAR PUSTAKA

- Infotek, S.2002. Menguasai AutoCAD, Wahana Komputer, Semarang .
- Poeng, R. 2011. Bahan Kuliah CAD/CAM, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsarat, Manado.
- Rochim, T. 2004. Proses Pemesinan, Laboratorium Teknik Produksi Mesin ITB Bandung.
- Soemantri, S. 2002. Perkembangan Aplikasi CAD/CAM di Industri, Teknik Mesin ITB Bandung.
- <http://katalog.pdii.lipi.go.id/index.php/searchKatalog/byId/33555>
- <http://tutorialautocad.blogspot.com/2009/01/pengertian-autocad.html>