

**THE INFLUENCE OF FEED RATE AND RADIUS TOWARDS THE  
CYLINDRICITY OF WORKPIECE RESULTED FROM CIRCULAR  
INTERPOLATION IN DMC 63V CNC MACHINE**

TUGAS AKHIR

Nomor: 290/FT\_USD/TM/Februari/2003

**PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN DAN RADIUS  
TERHADAP KESILINDRISAN BENDA HASIL PEMOTONGAN  
GERAKAN MELINGKAR MESIN CNC DMC 63V**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin



Oleh

**RAYMONDUS ARI SUSANTO**

NIM: 985214102

NIRM: 980051123109120102

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANATA DHARMA  
YOGYAKARTA**

**2003**

**PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN DAN RADIUS  
TERHADAP KESILINDRISAN BENDA HASIL PEMOTONGAN  
GERAKAN MELINGKAR MESIN CNC DMC 63V**

**THE INFLUENCE OF FEED RATE AND RADIUS TOWARDS THE  
CYLINDRICITY OF WORKPIECE RESULTED FROM CIRCULAR  
INTERPOLATION IN DMC 63V CNC MACHINE**

TUGAS AKHIR

Nomor: 290/FT\_USD/TM/Pebruari/2003


Oleh

RAYMONDUS ARI SUSANTO

NIM: 985214102

NIRM: 980051123109120102

Disetujui Oleh:



RB. Dwiseno Wihadi, S.T., M.Si.

Pembimbing Utama

22 Juli 2003

TUGAS AKHIR  
**PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN DAN RADIUS  
TERHADAP KESILINDRISAN BENDA HASIL PEMOTONGAN  
GERAKAN MELINGKAR MESIN CNC DMC 63V**

Dipersiapkan dan ditulis oleh :

Raymondus Ari Susanto  
NIM : 985214102  
NIRM : 980051123109120102

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji  
pada tanggal 22 bulan Juli tahun 2003  
dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Panitia Penguji

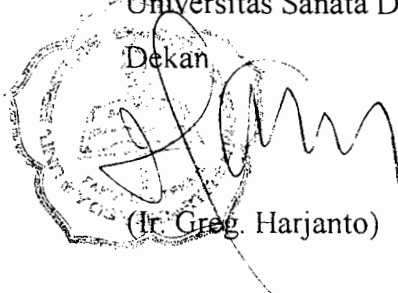
	Nama lengkap	Tanda tangan
Ketua	Ir. Greg. Harjanto	
Sekretaris	Budi Setyahandana, S.T., M.T.	
Anggota	RB. Dwiseno Wihadi, S.T., M.Si.	
Anggota	Budi Sugiharto, S.T., M.T.	
Anggota	Rines Alapan, S.T., M.T.	

Yogyakarta, 22 Juli 2003

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Dekan

  
(Ir. Greg. Harjanto)



**TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN**

Nomor : 290/ FT\_ USD / TM / Pebruari / 2003

Diberikan kepada :

Nama Mahasiswa : Raymondus Ari Susanto

Nomor Mahasiswa : 985214102

NIRM : 980051123109120102

Jurusan : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Matakuliah : Mesin CNC dan CAD / CAM

Judul / naskah soal :

Gerakan Melengkar DMC 63 V

Teliti Kesilindrisan Gerakan Melingkar Mesin DMC 63 V Bahan Aluminium, Diameter Alat Iris 10 milimeter

Tanggal dimulai : 8 Pebruari 2003

Yogyakarta, 8 Pebruari 2003  
Dosen Pembimbing Utama

( RB. Dwiseno Wihadi, S.T.,M.Si. )

## **PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang saya tulis ini tidak memuat karya atau bagian karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dalam kutipan dan daftar pustaka, sebagaimana layaknya karya ilmiah.

Yogyakarta, 22 Juli 2003

Penulis

Raymondus Ari Susanto

*The Majesty and Glory of Your Name*

*When I gaze into the night skies  
And see the work of your fingers  
The moon and stars suspended in space  
What is man that you are mindful of him?  
You have given men a crown of glory and honor  
And have made him a little lower than the angels  
You have put him in charge of all creation  
The beasts of the field, the birds of the air,  
the fish of the sea  
But what is man, oh what is man  
That you are mindful of him  
O Lord, our God the majesty and glory of your name  
Transcends the earth and fills the heavens  
O Lord our God little children praise You perfectly  
and so would we and so would we  
Alleluia, Alleluia*

*The Majesty and Glory of Your Name*

*TOM FETKE*

**Kupersembahkan untuk yang tersayang orang tuaku, adik-adikku,  
kekasihku dan teman-temanku semua**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Yesus Kristus yang telah mendampingi penulis selama ini. Penulis bersyukur atas berkat perlindungan dan kasih yang telah Ia limpahkan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib dipenuhi oleh mahasiswa teknik mesin Universitas Sanata Dharma untuk memperoleh gelar sarjana teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari banyak pihak, penulis tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Terima kasih yang tidak berhingga sangat pantaslah penulis sampaikan kepada banyak pihak yang telah membantu, memberikan dorongan, bimbingan, petunjuk, kerjasama, kritik, saran dan yang telah memberikan banyak dana guna kelancaran proses tugas akhir ini. Tanpa itu semua tugas akhir ini akan sulit terselesaikan.

Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada:

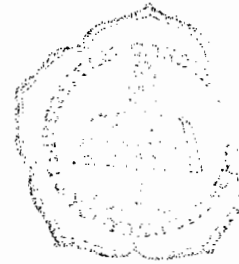
1. Bapak RB. Dwiseno Wihadi, S.T.,M.Si. selaku pembimbing utama yang telah banyak membantu penulis melalui saran, kritik serta bimbingannya.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Bapak Ir. Greg. Harjanto selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Orang tua tercinta, Ignatius Margijono dan Angela Susmiharti, yang telah melimpahkan kasih mereka selama ini.
4. Adik-adik. Albertus Edhi Purnomo dan Laurentius Beny Widhiantoro, yang telah memberikan dukungan serta semangat.

5. Fransisca Kristanti yang telah banyak membantu, memberikan dukungan dan selalu membuat saya tersenyum di kala berada dalam situasi yang tidak baik selama penulisan tugas akhir ini.
6. Agustinus Dedy Riyanto, Hari dan Rokhmat atas bantuan mereka yang telah rela meminjamkan komputer di saat-saat yang penting. Yohanes Sambodo yang meluangkan waktu untuk bertukar pikiran.
7. Bapak Martinus Bagus Wicaksono dan Bapak Thomas Ony Kurniawan atas bantuan mereka di laboratorium CNC Mekatronika, Bapak I Gusti Ketut Puja, ST, MT yang telah mengizinkan penulis untuk meminjam alat pengecekan kekerasan logam dan Bapak Martono yang telah membantu pada pengecekan kekerasan material.
8. Teman-teman di Gang Buntu I yaitu Lina “Bunda” untuk bantuan statistiknya, Fanny “Mbak CIA”, Pipit dan Mbak Yenni atas dukungan mereka.
9. Teman-teman Paduan Suara ‘Svara Nubari’ Kumetiran khususnya Mbak Betty dan Mas Seto, Koh Yoyok "Stella Cake and Bakery", Laetitia Choir, Felicitas Choir, Bandku Muffin dan Bridge.
10. Rekan-rekan Pringwulung 3 khususnya kepada Diana "Qruel", Mbak Meila, Dami dan Siska serta Ade dan pak dokter Ari yang telah banyak membantu penulis dalam persiapan tugas akhir ini dan yang telah mendampingi penulis pada saat ujian pendadaran dilangsungkan pada tanggal 22 Juli 2003 sore.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namun telah banyak membantu selama penulisan tugas akhir ini.

Penulis



## DAFTAR ISI



<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGUJI</b> .....	iii
<b>HALAMAN SOAL</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>INTISARI</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Permasalahan .....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	4
E. Terminologi Penelitian .....	4

**BAB II : DASAR TEORI DAN HIPOTESA**

A. Kesilindrisan .....	5
B. Alat Penerima Kesilindrisan .....	8
C. Metode Pengolahan Data .....	10
D. Material Uji .....	10
E. Alat Potong .....	12
F. Kecepatan Potong, Kecepatan Pemakanan dan Kedalaman Pemotongan .....	13
1. Kecepatan Potong .....	13
2. Kecepatan Pemakanan .....	15
3. Kedalaman Pemotongan .....	16
G. Hipotesa .....	17

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

A. Bahan Penelitian .....	19
B. Alat-Alat yang Dipergunakan .....	19
C. Bagan Penelitian .....	20
D. Pengujian Kekerasan Material Uji .....	21
E. Pelaksanaan Penelitian .....	22
F. Program Pemotongan dan Penjelasan .....	26
G. Kesulitan yang Dihadapi .....	30

<b>BAB IV</b>	<b>: PEMBAHASAN</b>	
	A. Hasil Penelitian .....	31
	B. Pembahasan .....	34
<b>BAB V</b>	<b>: KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
	A. Kesimpulan .....	39
	B. Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	41
<b>LAMPIRAN</b>	.....	42
	LAMPIRAN 1 .....	42
	LAMPIRAN 2 .....	59
	LAMPIRAN 3 .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kualitas Hasil Pemotongan Material dengan Menggunakan <i>End Mill</i> <i>Cutter</i> HSS.....	13
Tabel 2.2 Tabel Kecepatan Potong dan Kecepatan Pemakanan dalam Satuan Inchi.....	14
Tabel 3.1 Tabel Hasil Peneraan Homogenitas Kekerasan Material Uji.....	22
Tabel 4.1 Data Penyimpangan Kesilindrisan pada Setiap Kecepatan Pemakanan Pada Alur Melingkar.....	32
Tabel 4.2 Data Penyimpangan Kesilindrisan Terbesar pada Setiap Radius Alur Pemotongan.....	34
Tabel 4.3 Data Penyimpangan Kesilindrisan Terkecil pada Setiap Radius Alur Pemotongan.....	34
Tabel 4.4 Besar Pergerakan Aksis pada Setiap Kecepatan Pemakanan.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sketsa Gerakan Alat Potong pada Pemotongan Gerakan Melingkar.....	6
Gambar 2.2	Bentuk Alur Hasil Pemotongan Gerakan Melingkar .....	8
Gambar 2.3	Cara Pembacaan Hasil Peneraan dengan <i>Dial Indicator</i> .....	9
Gambar 2.4	Sketsa <i>End Mill Cutter HSS</i> .....	12
Gambar 2.5	Grafik Hubungan Antara Kedalaman Pemotongan dengan Kecepatan Pemakanan Terhadap Pembentukan Tatal .....	17
Gambar 4.1	Grafik Penyimpangan Kesilindrisan pada Semua Radius Alur Pemotongan Gerak Melingkar.....	33
Gambar 4.2	Grafik Penyimpangan Kesilindrisan Terbesar pada Semua Radius Pemotongan Gerakan Melingkar.....	34
Gambar 4.3	Grafik Penyimpangan Kesilindrisan Terkecil pada Semua Radius Pemotongan Gerakan Melingkar.....	35
Gambar 4.4	Gambar Posisi alat Potong pada Alur Melingkar.....	37

## INTISARI

Mesin CNC ialah jenis mesin yang mampu melaksanakan proses High Speed Machining (HSM). Hal ini berarti mesin CNC DMC 63V yang dimiliki oleh Universitas Sanata Dharma termasuk dalam kategori mampu melaksanakan HSM. Belum adanya data tentang keakuratan mesin CNC DMC 63V dalam melaksanakan proses HSM mendasari penelitian ini. Pemeriksaan kesilindrisan hasil pemotongan gerak melingkar dengan proses HSM merupakan cara untuk mengetahui kualitas produk hasil pengerjaan mesin CNC DMC 63V. Parameter yang dipakai ialah pemakaian kecepatan pemakanan karena kecepatan pemakanan merupakan salah satu faktor pendukung HSM.

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui: 1) besarnya penyimpangan kesilindrisan pada pemotongan gerak melingkar oleh mesin CNC DMC 63V, 2) pengaruh kecepatan pemakanan terhadap kesilindrisan hasil pemotongan gerakan melingkar mesin CNC DMC 63V dan 3) pengaruh ukuran radius terhadap kesilindrisan pemotongan gerakan melingkar mesin CNC DMC 63V.

Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut ialah dengan metode eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan membuat sembilan alur pemotongan melingkar dengan diameter yang berbeda. Pada masing-masing diameter diberlakukan empat macam kecepatan asutan. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan sampel. Lingkaran dibagi menjadi empat bagian masing-masing 45 derajat. Setiap bagian akan menjadi sampel untuk satu kecepatan. Sampel pertama dipotong dengan kecepatan asutan 3100 mm/menit, sampel kedua dipotong dengan kecepatan asutan 2328 mm/menit, sampel ketiga dipotong dengan kecepatan asutan 1734 mm/menit dan sampel keempat dipotong dengan kecepatan 1164 mm/menit.

Dari analisis diperoleh hasil bahwa terdapat penyimpangan pada kesilindrisan benda hasil pemotongan gerak melingkar mesin CNC DMC 63V. Penyimpangan terbesar terdapat pada alur radius terbesar yaitu 0,043 milimeter dan penyimpangan kesilindrisan terkecil sebesar 0,006 milimeter. Kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap kesilindrisan benda. Semakin besar kecepatan pemakanan, semakin besar penyimpangan kesilindrisan benda hasil pemotongan gerak melingkar mesin CNC DMC 63V dan demikian pula sebaliknya. Ukuran diameter alur juga berpengaruh terhadap kesilindrisan benda. Semakin besar ukuran diameter pemotongan maka semakin besar penyimpangan kesilindrisan benda hasil pemotongan gerakan melingkar mesin CNC DMC 63V dan demikian pula sebaliknya.

## *ABSTRACT*

CNC machine is a machine that can carry out High-Speed Machining (HSM) process. It means that Sanata Dharma University's CNC DMC 63V machine is one of the machines that are able to carry out the process of HSM. The lack of data regarding the accuracy of the CNC DMC 63V machine in carrying out the process of HSM becomes the basic of this study. The cross-examination of the cylindricity resulted from circular interpolation cutting of HSM process is a way to find out the quality of product made by CNC DMC 63V. The writer uses feed rate as the parameter because it is one of the supporting factors in HSM.

This study is conducted to find out: 1) the cylindrical deviation of circular interpolation cutting from a product resulted from CNC DMC 63V, 2) the influence of feed rate towards the cylindricity resulted from a circular interpolation cutting of the CNC DMC 63V and 3) the influence of diameter towards the cylindricity resulted from a circular interpolation cutting of the CNC DMC 63V.

This study employs experimental method. The experiment is done by making nine circular interpolation-cutting slots from various diameters. In each diameter is applied four kinds of feed rate. This study is done by applying sample to the whole. The cylinder is divided into four parts in which each part consists of 45 degrees. Each part is used as a sample for one speed of feed rate. The first sample is cut with 3100 mm/minute feed rate, the second is 2328 mm/minute, the third is 1734 mm/minute and the fourth is 1164 mm/minute.

From the analysis, the writer concludes that the cylindrical deviation of product resulted from the circular interpolation cutting of CNC DMC 63V exist. The largest cylindrical deviation in the largest radius measure that is 0.043 mm and the smallest is 0.006 mm. Feed rate and diameter influence the product's cylindricity. When the feed rate increases, the cylindrical deviation of product resulted from the circular interpolation cutting of CNC DMC 63V is also increases and vice versa. Furthermore, when the diameter measurement increases, the cylindrical deviation of product resulted from the circular interpolation cutting of CNC DMC 63V is also increases and vice versa.

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Bab I terdiri dari lima bagian yaitu: latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan terminologi penelitian. Dalam latar belakang permasalahan, penulis mengemukakan tentang faktor-faktor yang membuat penulis tertarik untuk melakukan studi ini. Perumusan masalah mengemukakan persoalan-persoalan yang menarik perhatian penulis yang mana akan diperjelas dalam tujuan. Studi ini diharapkan bermanfaat bagi pembaca, oleh sebab itu penulis mengemukakan sejumlah manfaat yang didapat dari studi ini. Bagian terakhir dari bab ini adalah terminologi Penelitian. Pada bagian ini penulis memberikan definisi tentang beberapa terminologi yang membutuhkan penjelasan lebih lanjut.

#### **A. Latar Belakang Permasalahan**

Dalam dunia modern ini, mesin industri selalu berkembang. Perkembangan teknologi mesin industri diharapkan menghasilkan benda kerja yang berkualitas dalam waktu seefisien mungkin.

Salah satu teknologi modern dalam dunia mesin industri ialah High Speed Machining (HSM). Jika dibandingkan dengan proses permesinan secara biasa (konvensional), HSM mampu memberikan beberapa keuntungan yaitu: menaikkan efisiensi kerja, menaikkan akurasi benda kerja dan menurunkan biaya permesinan.



Proses HSM tidak dapat dilakukan dengan memakai sembarang mesin. Dengan menjalankan proses HSM berarti penggunaan kecepatan potong yang tinggi, pemakaian kecepatan putar yang tinggi, pemakaian kecepatan pemakanan dan kecepatan produksi yang tinggi. Semua tuntutan HSM tersebut dapat dipenuhi dengan menggunakan mesin berteknologi tinggi berbasis komputer atau lebih dikenal dengan *Computer Numerical Control Machine* (mesin CNC).

Mesin CNC DMC 63V yang dimiliki oleh Universitas Sanata Dharma Yogyakarta adalah salah satu jenis mesin yang mampu melaksanakan proses HSM. Kurangnya data mengenai kualitas benda kerja yang telah dibuat oleh mesin tersebut dengan menggunakan proses HSM telah mendorong penulis untuk melakukan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan.

Salah satu cara yang umum dilakukan untuk mengetahui kualitas benda kerja yang dihasilkan oleh mesin tersebut adalah dengan memeriksa kesilindrisan hasil pemotongan gerak melingkar. Pemeriksaan kesilindrisan pemotongan gerak melingkar menarik perhatian penulis karena gerakan tersebut adalah gerakan yang cukup sulit dilakukan oleh mesin. Akurasi, kecepatan tinggi, pergerakan aksis-aksis yang tidak seragam serta faktor-faktor kesalahan lain akan memberikan pengaruh terhadap kesilindrisan hasil pemotongan gerak melingkar.

Dari sekian banyak faktor yang mempengaruhi kesilindrisan, penulis memilih untuk meneliti tentang kecepatan pemakanan sebagai parameter pembanding. Penulis meneliti tentang pengaruh kecepatan pemakanan terhadap kesilindrisan karena kecepatan tinggi adalah faktor yang penting dalam proses

HSM. Kecepatan pemakanan memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap kesilindrisan serta merupakan salah satu faktor pendukung HSM.

### **B. Perumusan Masalah**

Atas dasar latar belakang di atas, maka akan timbul permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa besar penyimpangan kesilindrisan yang terjadi pada benda hasil pemotongan gerak melingkar oleh mesin CNC DMC 63V?
2. Apakah kecepatan pemakanan mempengaruhi kesilindrisan pada pemotongan gerak melingkar oleh mesin CNC DMC 63V?
3. Apakah besarnya radius alur pemotongan gerakan melingkar mempengaruhi kesilindrisan pada pemotongan gerak melingkar oleh mesin CNC DMC 63V?

### **C. Tujuan**

Studi ini dilakukan untuk menjawab permasalahan pada perumusan masalah. Tujuan dari studi ini adalah:

1. Mengetahui besarnya penyimpangan kesilindrisan pada hasil pemotongan gerak melingkar oleh mesin CNC DMC 63V.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan pemakanan terhadap kesilindrisan benda hasil pemotongan gerak melingkar oleh mesin DMC 63V.

3. Mengetahui pengaruh ukuran radius pemotongan terhadap kesilindrisan benda kerja hasil pemotongan gerakan melingkar oleh mesin DMC 63V.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Studi ini diharapkan memberikan manfaat bagi pembaca. Manfaat yang dihasilkan oleh penelitian ini antara lain:

1. Pembaca mendapat pemahaman lebih baik mengenai penyimpangan kesilindrisan serta pengaruh kecepatan pemakanan terhadap penyimpangan kesilindrisan benda hasil potong gerak melingkar oleh mesin CNC DMC 63V.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi peneliti berikut yang membahas tentang kesilindrisan mesin CNC DMC 63V.

#### **E. Terminologi Penelitian**

Kesilindrisan secara umum berarti perbedaan radius dari diameter dua referensi silinder. Dalam penelitian ini, keterbatasan ketebalan material uji mengakibatkan terbatasnya kedalaman pemotongan. Dalam studi ini kesilindrisan diartikan sebagai perbedaan radius dari diameter dua referensi lingkaran.

Kecepatan pemakanan ialah kecepatan bergesernya benda kerja terhadap alat potong dengan memperhitungkan angka putaran spindel utama dimana benda kerja mulai mengenai dan dikikis oleh alat potong.

## BAB II

### DASAR TEORI DAN HIPOTESA

#### A. Kesilindrisan

Kesilindrisan merupakan hal penting dalam pengerjaan benda kerja. Jika proses pengerjaan benda kerja merupakan salah satu bagian dari proses assembling, faktor kesilindrisan sangat penting. Karena seperti kita ketahui bahwa dalam proses assembling, benda kerja yang satu akan dipasangkan dengan benda kerja yang lain untuk membentuk alat tertentu dengan fungsi tertentu pula. Jika kesilindrisan benda kerja tidak diperhatikan maka proses assembling akan menjadi sangat sulit. Oleh karena itulah faktor kesilindrisan dijadikan salah satu tuntutan dari gambar kerja.

Definisi dari kesilindrisan seperti ditulis Richard R dalam buku *Machine Tool Practice* ialah

Cylindricity is the difference diameter in radius of two reference cylinders<sup>1</sup>

Jika diartikan dalam bahasa Indonesia berarti perbedaan radius diameter dari dua referensi silinder. Namun dalam penelitian ini peneraan kesilindrisan hanya mengacu pada permukaan alur pemotongan karena keterbatasan kedalaman pemotongan.

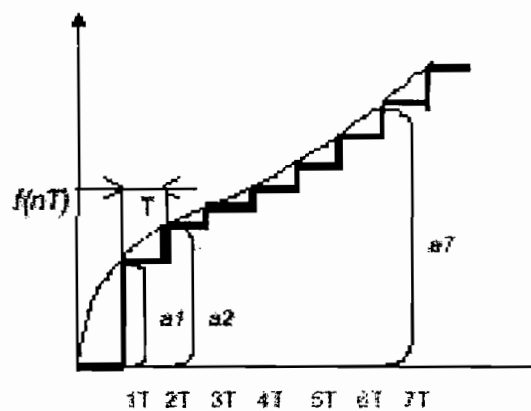
Cara yang umum dilakukan untuk memeriksa kesilindrisan dari benda kerja hasil pemotongan suatu mesin ialah dengan melakukan gerakan pemotongan alur melingkar oleh mesin tersebut terhadap benda kerja. Pemotongan alur

---

<sup>1</sup> Kibbe, Richard R, *Machine Tool Practice*, Prentice Hall, hal. 280

gerakan melingkar menjadi pilihan karena gerakan ini cukup sulit dilakukan oleh mesin. Dalam pemotongan ini, alat potong dituntut bergerak ke arah X dan Y dalam waktu yang relatif kecil dan besarnya pergerakan selalu berbeda dari waktu ke waktu.

Sketsa dari gerakan melingkar pembentuk pemotongan alur gerakan melingkar ialah sebagai berikut.



Gambar 2.1  
Sketsa Gerakan Alat Potong pada Pemotongan  
Gerak Melingkar

Dari gambar 2.1 terlihat bahwa pergerakan alat potong dalam membuat alur pemotongan gerak melingkar bergerak dengan kombinasi gerak ke arah X dan ke arah Y. Jauh pergerakan ke arah X dan Y tidak sama karena titik tujuan pemotongan berikutnya tidaklah linier melainkan sirkular. Perubahan jarak pergerakan alat potong untuk menuju titik tujuan pemotongan berikutnya dalam interpolasi melingkar ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$FR \times \frac{Y}{D} \times \Delta t = \Delta X \dots\dots\dots (2.1)^2$$

<sup>2</sup> Bullock, Tom, *Command Generation*, hal.4

dengan :

FR = kecepatan pemakanan (mm/detik)

Y = posisi alat potong pada waktu tertentu

D = diameter

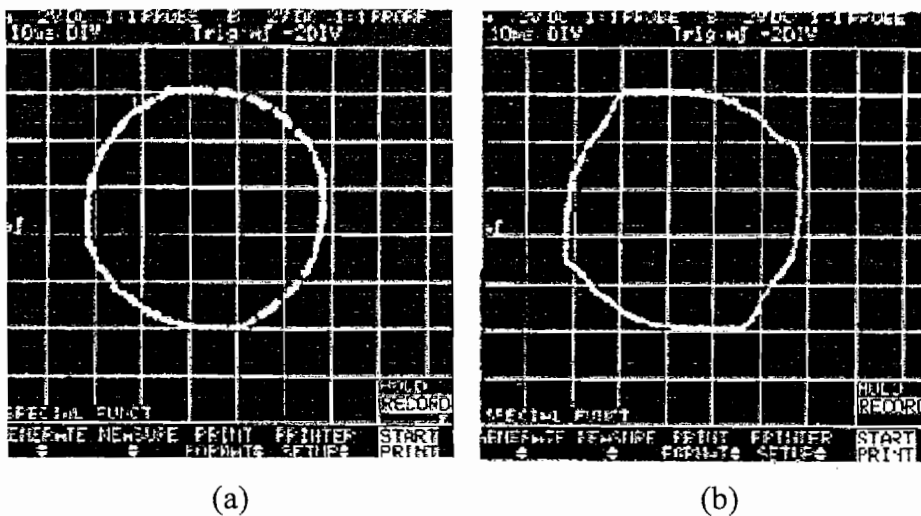
$\Delta t$  = kalkulasi waktu

Dari persamaan di atas dengan memasukkan nilai kecepatan pemakanan, nilai diameter dan nilai koordinat Y pada saat tertentu dapat diketahui jauh pergerakan alat potong ke arah Y ( $\Delta Y$ ) dalam gerakan pemotongan interpolasi melingkar. Sementara jauh pergerakan ke arah X dihitung dengan memasukkan koordinat X ke Y pada persamaan di atas. Sementara itu nilai  $\Delta t$  biasanya sebesar satu milisecond.

Semakin besar nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  yang berarti semakin besar perbedaan jarak antara gunung dan lembah pada alur pemotongan, menjadikan alur pergerakan alat potong pada pemotongan alur gerakan melingkar akan menghasilkan kontur yang kasar. Hal ini dapat menyebabkan penyimpangan kesilindrisan dari hasil pemotongan gerakan melingkar. Dari persamaan di atas terlihat pula bahwa penyimpangan nilai kesilindrisan dari pemotongan alur gerakan melingkar berbanding lurus dengan kecepatan pemakanan. Semakin besar kecepatan pemakanan maka pergerakan alat potong juga semakin besar pula.

Untuk memperkecil penyimpangan kesilindrisan maka harus nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  juga harus kecil untuk pembentukkan alur pemotongan yang lebih halus. Pengurangan nilai kecepatan pemakanan menjadi solusi untuk memperkecil jarak pergerakan alat potong menuju titik tujuan pemotongan berikutnya.

Gambar 2.2 di bawah memperlihatkan kontur gerakan melingkar yang dipengaruhi oleh kecepatan pemakanan. Semakin besar kecepatan pemakanan maka semakin besar pula penyimpangan kesilindrisan dari alur pemotongan gerak melingkar.



Gambar 2.2

Bentuk Alur Hasil Pemotongan Gerakan Melingkar

- (a) Bentuk Alur Pemotongan Gerakan Melingkar dengan Kecepatan Asutan 2,5 mm/menit
- (b) Bentuk Alur Pemotongan Gerakan Melingkar dengan Kecepatan Asutan 25 mm/menit

Sumber: <http://www.heidenhain.com>

## B. Alat Penerima Kesilindrisan

Dalam penelitian ini alat penerima yang dipergunakan untuk mengetahui kesilindrisan hasil pemotongan interpolasi melingkar menggunakan *dial indicator* dengan ketelitian 0,01 milimeter. Akan tetapi dapat terjadi kesalahan peneraan yang mengakibatkan faktor kesalahan menjadi lebih besar.

Kesalahan yang mungkin muncul ketika memeriksa kualitas hasil interpolasi melingkar dengan menggunakan *dial indicator* ialah:

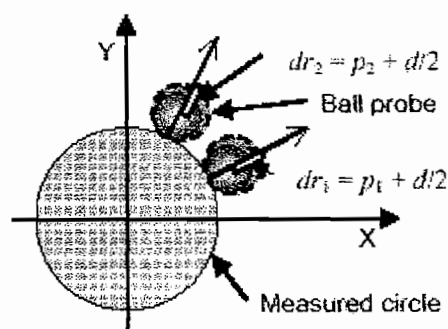
1. Kerusakan tidak permanen

Kerusakan tidak permanen dari alat penera ialah kerusakan yang kadang kala muncul di saat tertentu saja. Hal tersebut dapat dicegah dengan mengadakan peneraan lebih dari dua kali agar didapatkan hasil pengukuran yang benar.

2. Metode peneraan yang salah

Metode peneraan dengan menggunakan *dial indicator* dilakukan dalam satu arah dan tidak boleh bolak-balik. Hal ini karena dalam struktur mekanis dari alat penera terdapat kelonggaran yang dapat menyebabkan hasil pengukuran tidak akurat

Cara pembacaan hasil peneraan dengan menggunakan *dial indicator* terlihat seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.3

Cara Pembacaan Hasil Peneraan dengan *Dial Indicator*

Pada gambar 2.3  $dr_1$  dan  $dr_2$  ialah hasil pembacaan ukuran,  $p_1$  dan  $p_2$  hasil pembacaan pada alat penera sementara  $d$  ialah diameter lingkaran yang diukur.



### **C. Metode Pengolahan Data**

Pengambilan data besarnya penyimpangan kesilindrisan pada setiap kecepatan dilakukan sebanyak sembilan kali dengan rincian tiga kali pengambilan setiap dial bergerak tiga puluh derajat. Tujuan dari pengambilan data sebanyak-banyaknya ialah dapat ditarik sebuah rataan nilai dari penyimpangan per tiga puluh derajat tersebut. Dengan mengacu pada metode pengukuran kesalahan absolut maka dari setiap data rataan nilai penyimpangan per kecepatan pemakanan, penyimpangan terbesar lah yang akan muncul menjadi penyimpangan kesilindrisan pada kecepatan pemakanan tersebut.

Setelah mendapatkan data nilai penyimpangan kesilindrisan absolut dari tiap kecepatan pemakanan pada setiap diameter alur pemotongan gerakan melingkar maka grafik penyimpangan kesilindrisan pada setiap kecepatan pemakanan dari masing-masing diameter alur pemotongan gerakan melingkar.

### **D. Material Uji**

Benda uji yang dipergunakan ialah alumunium cor (*Alumunium Casting Alloy*). Sifat dasar dari alumunium ialah:

1. Tahan korosi
2. Mudah dibentuk
3. Bobotnya ringan
4. Berwarna

Secara tradisional, proses pengerjaan *milling* pada material alumunium dan campurannya mudah untuk dilakukan. Yang perlu diperhatikan dalam mengerjakan alumunium ialah:

1. Alumunium mampu dikerjakan dengan putaran *spindle* yang tinggi karena berat jenisnya lebih kecil daripada baja.
2. Pencekaman yang tepat karena modulus elastisitasnya sekitar sepertiga dari baja yang memungkinkan terjadinya pembengkokan dan deformasi.
3. Pengerjaan secara maksimal bisa dilakukan karena alumunium tergolong logam lunak dan mampu menghasilkan dan memindahkan tatal dalam kecepatan tinggi.

Gaya potong (*cutting force*) yang dipakai agak sedikit lebih tinggi daripada kekuatan potong untuk mengerjakan baja. Dengan menggunakan gaya potong yang sedikit lebih tinggi, alumunium mampu memindahkan tatal dengan kecepatan tinggi sekitar tiga kali lebih cepat daripada baja.

Alat potong yang dipakai dalam pengerjaan alumunium biasanya telah didesain khusus. *Rake angle* dari alat potong harus lebih besar dari enam derajat sampai dua belas derajat.

Kecepatan potong pada pengerjaan alumunium sangat tinggi. Dengan mesin khusus (*high speed spindles*) kecepatan potong bisa mencapai 3000 m/min. Sebagai contoh pemotongan alumunium memakai alat potong diameter dua belas

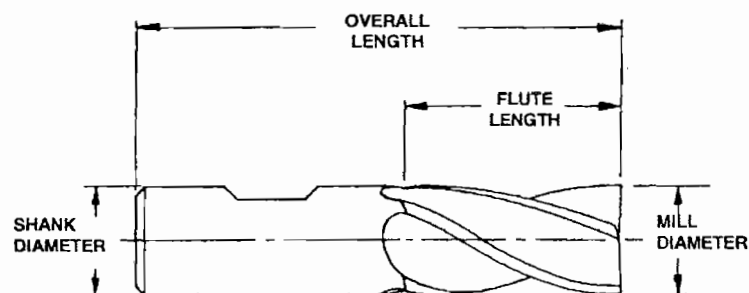
milimeter, kecepatan *spindle* bisa mencapai 50.000 r.p.m. dengan kecepatan pemakanan 10 m/min.

Pada proses *finishing*, kecepatan pemakanan harus dibatasi dengan limit sebesar 0,3 mm per putaran. Kedalaman pemotongan juga mempengaruhi keakuratan dimensi dari benda uji.

### E. Alat Potong

Alat potong yang dipakai dalam penelitian ini ialah *end mill cutter HSS*.

Sketsa alat potong seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.4

Sketsa *End Mill Cutter HSS*

Alasan memakai alat potong tipe *End Mill* berkaitan dengan material benda uji yaitu aluminium. Ada keuntungan yang didapat dengan memakai alat potong ini seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1: Kualitas Hasil Pemotongan Material dengan Menggunakan *End Mill Cutter* HSS

MATERIAL	END MILLING MACHINABILITY RATINGS			
	POOR	FAIR	GOOD	EXCEL
ALUMINUM			TYPICAL RANGE	
BRASS			FEASIBLE RANGE	
CAST IRON			TYPICAL RANGE	
MILD STEEL			FEASIBLE RANGE	
STAINLESS STEEL	TYPICAL RANGE		FEASIBLE RANGE	
PLASTICS			TYPICAL RANGE	

TYPICAL RANGE    
 FEASIBLE RANGE

Dari tabel di atas kita dapat menarik kesimpulan bahwa pemotongan benda uji dengan material aluminium menggunakan *end mill cutter* akan mempunyai kualitas pemotongan yang cukup baik. Jika terdapat penyimpangan kesilindrisan maka faktor pemilihan alat potong akan memberikan pengaruh yang kecil.

## F. Kecepatan Potong, Kecepatan Pemakanan dan Kedalaman Pemotongan

### 1. Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)

Kecepatan potong adalah kecepatan dimana sebuah titik pada alat potong yang berotasi melewati sebuah titik pada benda kerja dalam waktu yang ditentukan. Pengerjaan aluminium dengan *end mill cutter* HSS memakai kecepatan potong di atas 600 SFM seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2: Tabel Kecepatan Potong dan *Feed rate* Dalam Satuan Inchi

Type of Material	Speed (SFM)		Feed (FPT)		
	HSS	Carbide	HSS	Carbide	
<b>Aluminum and Magnesium</b>	600 & up	1000 & up	.005-.025	.005-.030	
<b>Brass and Bronze</b>	— Soft	250-300	1000 & up	.005-.020	.010-.020
	— Hard	150-200	400	.003-.010	.005-.010
<b>Copper</b>		150-200	1000 & up	.005-.015	.005-.015
<b>Cast Iron</b>	— Soft	75-100	250-350	.005-.015	.010-.020
	— Hard	50-75	200-250	.003-.007	.005-.010
<b>Steel —</b>	100BHN	125-175	450-600	.004-.010	.005-.020
	200BHN	70-90	350-450	.004-.010	.005-.010
	300BHN	40-50	200-250	.003-.005	.005-.010
	400BHN	20-30	100-200	.001-.003	.004-.006
	500BHN	10-15	75-150	.001-.003	.004-.006
<b>Stainless Steel</b>	— Hard	35-70	250-400	.003-.005	.003-.012
	— Free Machining	70-105	250-400	.003-.005	.003-.012
<b>Titanium —</b>	under 100K PSI	35-55	150-180	.003-.005	.004-.008
	100K -135K PSI	25-35	120-150	.002-.005	.003-.008
	135K PSI & over	15-25	80-120	.001-.005	.002-.008

Rumus dasar dari kecepatan potong ialah:

$$n = \frac{1000 \times Cs}{\pi \times D} \dots\dots\dots (2.2)^3$$

dengan:

n : putaran alat potong (rpm)

Cs : kecepatan potong(m/menit)

D : diameter alat potong (mm)

Jika angka kecepatan putar masih dalam satuan inchi, maka rumus di bawah ini yang harus dipakai.

<sup>3</sup> *High Speed Macchining*, Sandvik. hal 3

$$n = \frac{\text{SFM} \times 3,8197}{D} \dots\dots\dots (2.3)^4$$

dengan:

- n : putaran alat potong (rpm)  
 SFM : kecepatan potong(inchi/menit)  
 D : diameter alat potong (inchi)

2. Kecepatan Pemakanan (*feed rate*), Kedalaman Pemotongan (*Depth of Cut*) dan Pembentukan Tatal (*Chip Formation*)

Kecepatan pemakanan adalah kecepatan bergesernya benda kerja terhadap alat potong dengan memperhitungkan angka putaran spindle utama, dimana benda kerja mulai mengenai dan dikikis oleh alat potong. Besarnya kecepatan pemakanan untuk pengerjaan alumunium dapat dilihat pada tabel 2.2 di atas.

Rumus dasar yang dipakai untuk menentukan kecepatan pemakanan ialah:

$$f = f_z \times n \times Z_n \dots\dots\dots (2.4)^5$$

dimana

- f : kecepatan pemakanan (mm/menit)  
 $f_z$  : kecepatan pergigi (mm/gigi)  
 n : putaran alat potong (rpm)  
 $Z_n$  : jumlah gigi / mata potong

<sup>4</sup> Lynch, *Machine Tool Practice*, hal.568

<sup>5</sup> Sandvik, *High Speed Machining*, hal. 3

Jika nilai kecepatan pemakanan seperti dalam tabel 2.2, maka perhitungan *feed rate* memakai rumus berikut ini:

$$IPM = FPT \times T \times RPM \dots\dots\dots (2.5)^6$$

$$Feed Rate \text{ mm/menit} = IPM \times 25,4 \dots\dots\dots (2.6)^7$$

dimana

IPM : *Inches Per Minute Milling Feedrate*

T : Jumlah gigi pemotong

RPM : putaran alat potong (rpm)

FPT : Kecepatan per gigi mata potong

Kecepatan pemakanan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam pembentukan tatal. Kecepatan pemakanan bekerja secara simultan dengan *tool's chipbreaker* untuk mengontrol pembentukan tatal. Ukuran dari tatal akan memberikan gambaran mengenai kemampuan sisi potong dari alat potong dalam melakukan pemotongan benda kerja dengan kondisi kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan yang telah ditentukan.

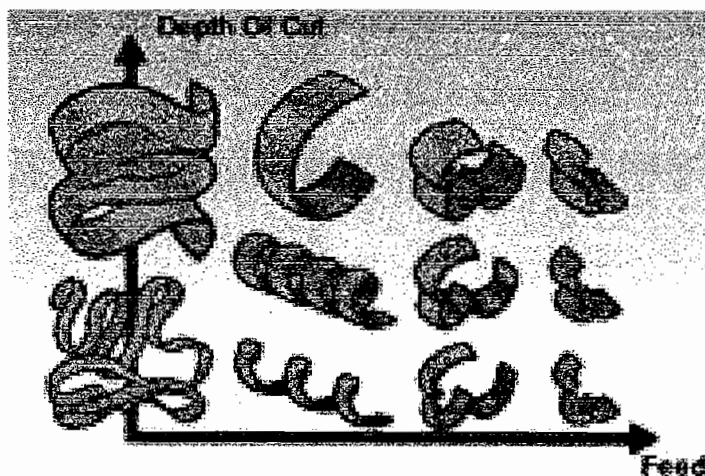
Kedalaman pemotongan (*depth of cut*) ialah banyaknya material atau benda kerja yang perlu dihilangkan saat proses pemotongan logam. *Depth of cut* maksimal secara teori besarnya sekitar dua pertiga dari diameter alat potong yang dipakai.

Antara kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan saling terdapat hubungan yang erat dalam menghasilkan bentuk tatal

<sup>6</sup> Lynch, *Machine Tool Practice*, hal. 569

<sup>7</sup> *ibid* hal. 569

yang diinginkan. Gambar di bawah dapat menjelaskan hubungan tersebut.



Gambar 2.5

Grafik Hubungan Antara Kedalaman Pemotongan dengan Kecepatan Pemakanan Terhadap Pembentukan Tatal

Sumber: <http://www.machinetools.com>

Pada pemotongan aluminium bentuk tatal sebaiknya berukuran kecil dan putus-putus. Hal ini untuk mencegah melekatnya tatal pada *chip flute* dari alat potong. Jika pelekatan terjadi maka pemotongan tidak akan berlangsung maksimal. Berdasarkan gambar 2.5 bentuk tatal yang demikian dicapai dengan memberikan kecepatan pemakanan yang besar dengan kedalaman pemotongan yang kecil.

### G. Hipotesa

Berdasarkan dasar teori di atas maka peneliti mengambil dugaan awal bahwa penyimpangan kesilindrisan benda kerja hasil pemotongan alur gerakan melingkar oleh mesin CNC DMC 63V tidak bernilai nol. Selain itu kecepatan




pemakanan akan berpengaruh terhadap penyimpangan kesilindrisan benda kerja hasil pemotongan alur gerakan melingkar dengan perbandingan semakin besar nilai kecepatan asutan maka semakin besar pula nilai penyimpangan kesilindrisan.

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bahan Penelitian

Material uji yang dipakai dalam penelitian ini ialah Alumunium cor (*Alumunium Alloy*) dengan ukuran panjang 420 mm, lebar 420 mm dan tebalnya 25 mm  (420x420x25mm).

### B. Alat-Alat Yang Dipegunakan

Alat-alat yang dipakai dalam melaksanakan proses penelitian ini ialah:

1. Mesin CNC DMC 63V

Pada penelitian ini benda kerja dikerjakan menggunakan mesin CNC DMC 63V. Mesin ini dipergunakan untuk mengerjakan benda kerja sesuai dengan program yang telah dibuat.

2. Alat potong

Proses pengerjaan benda uji memakai alat potong jenis *end mill cutter HSS* berdiameter 10 milimeter. Kecepatan potong dipakai berdasarkan tabel kecepatan potong pada bab 2 yaitu 250 mm/menit dengan kecepatan pemakanan antara 1164 mm/menit sampai 3100 mm/menit. Kecepatan putar yang dipilih sebesar 7800 rpm.

3. Alat-alat bantu

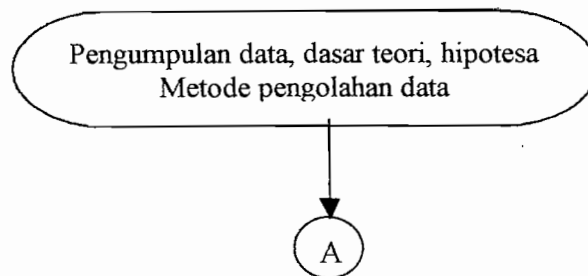
Alat-alat bantu yang dipergunakan pada pelaksanaan penelitian ini adalah :

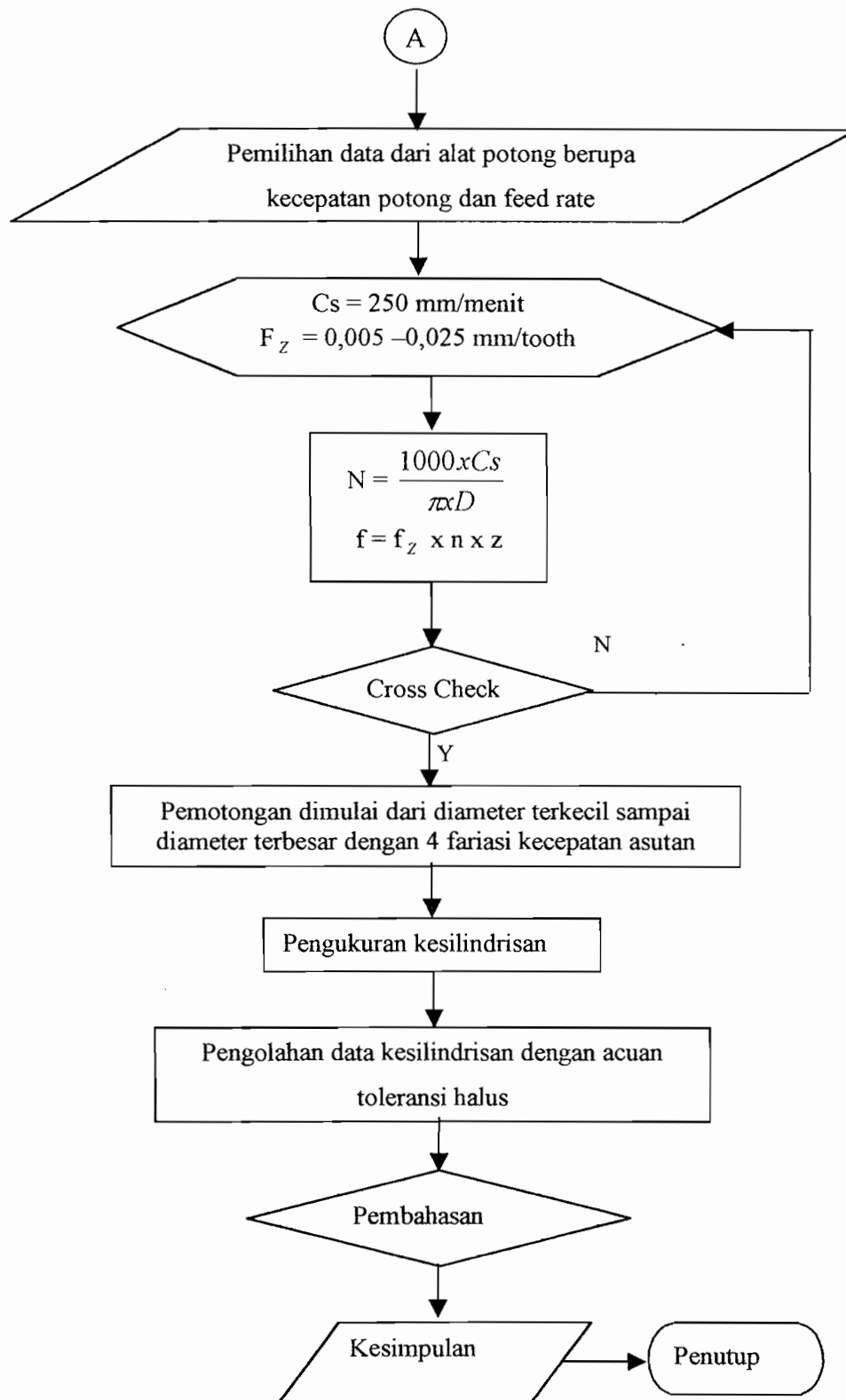
- a *Centro fix*, untuk menentukan titik referensi pada sumbu X dan sumbu Y pada benda uji.
- b *Z setter*, untuk mensetting ketinggian atau panjang dari alat potong yang dipergunakan.
- c *Dial*, digunakan untuk mengukur kesilindrisan alur melingkar yang telah dibuat.
- d *Vernier caliper*, digunakan untuk mengukur dimensi benda uji.
- e *Clamping kit*, digunakan untuk mencekam benda kerja langsung dengan meja.
- f Meja bayangan, digunakan untuk meletakkan benda kerja (agar mudah saat proses pencekamannya)
- g *Mallet*, digunakan untuk membantu saat pencekaman benda uji.

### C. Bagan Penelitian

Bagan atau skema dari penelitian ini tertera diterjemahkan ke dalam flowchart di bawah ini.

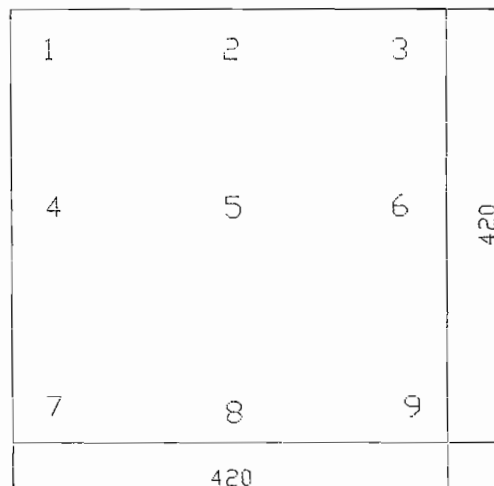
#### FLOWCHART PENELITIAN





#### D. Pengujian Kekerasan Material Uji

Sebelum melakukan pemotongan alur gerakan melingkar untuk penelitian ini, kekerasan dari material uji perlu diketahui melalui tes kekerasan. Kegunaan dari tes ini ialah untuk mengetahui homogenitas kekerasan dari material tersebut. Dengan mengetahui homogenitas maka dapat dinilai apakah material uji layak untuk dijadikan sampel serta dapat pula memberikan perkiraan awal apakah homogenitas menjadi penyebab penyimpangan kesilindrisan jika terdapat penyimpangan kesilindrisan dalam penelitian ini.



Hasil dari peneraan kekerasan material uji ialah sebagai berikut.

Tabel 3.1: Hasil Peneraan Homogenitas Kekerasan Material Uji

No.	Kekerasan (HB)	No.	Kekerasan (HB)
1.	67	5.	68
2.	66	6.	67
3.	67	7.	67
4.	68	8.	66
-		9.	67

### **E. Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap. Tahap pertama ialah tahap persiapan. Di dalam tahap ini penulis melakukan studi literatur, mengumpulkan data-data untuk mendukung penelitian secara teori maupun untuk pelaksanaan pemotongan benda uji dan menyediakan material uji berupa aluminium cor dengan ukuran 420x420x25 milimeter. Sketsa bentuk pemotongan material uji lengkap dengan ukurannya, pembuatan program serta pengecekan jalannya program menggunakan fasilitas *test run* dari mesin CNC DMC 63V merupakan langkah lanjut yang dilaksanakan dalam tahap pertama ini. Fasilitas *programming and editing* menjadi pilihan untuk memperbaiki program jika ternyata hasil dari uji jalan program pemotongan tidak sesuai dengan tuntutan gambar kerja.

Tahap kedua ialah tahap pengambilan data hasil pemotongan gerakan melingkar. Tahap ini dilaksanakan setelah program pemotongan sudah sesuai dengan tuntutan. Jumlah alur pemotongan gerak melingkar pada benda uji ialah sembilan alur pemotongan dengan ukuran diameter luar 15, 92, 136, 180, 224, 268, 312, 356 dan 400 milimeter. Pemotongan dimulai dari pemotongan pada diameter terkecil sampai akhirnya diakhiri pada diameter terbesar yaitu 400 milimeter. Setiap alur diperlakukan sama yaitu masing-masing dengan empat macam kecepatan pemakanan. Keempat kecepatan pemakanan tersebut ialah 1164 mm/menit, 1734 mm/menit, 2328 mm/menit dan 3100 mm/menit. Pemilihan nilai kecepatan asutan tersebut didasarkan pada jenis alat potong yang dipakai yaitu *end mill cutter HSS*. Atas dasar jenis alat potong yang dipakai yaitu *end mill*

*cutter HSS* dan jenis material yang dikerjakan yaitu aluminium cor maka nilai dari kecepatan potong yang dipilih sebesar 250 mm/menit.

Proses pemotongan setiap diameter alur melingkar pada benda uji dijelaskan sebagai berikut:

1. Alur melingkar pertama dengan diameter 15 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
2. Alur melingkar pertama dengan diameter 92 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
3. Alur melingkar pertama dengan diameter 136 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap

- proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
4. Alur melingkar pertama dengan diameter 180 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
  5. Alur melingkar pertama dengan diameter 224 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
  6. Alur melingkar pertama dengan diameter 268 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.





7. Alur melingkar pertama dengan diameter 312 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
8. Alur melingkar pertama dengan diameter 356 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.
9. Alur melingkar pertama dengan diameter 400 milimeter dikerjakan dengan langkah pertama yaitu pembuatan lubang awal sedalam 10 milimeter menggunakan bor diameter 9,5 mm dan langkah kedua dikerjakan dengan pemotongan melingkar menggunakan alat potong *endmill cutter HSS* dengan kedalaman pemakanan setiap proses 1 milimeter. Pemotongan diulang terus menerus sampai mencapai kedalaman alur yang diinginkan yaitu 10 milimeter.

#### **F. Program Pemotongan dan Penjelasan**

Program pemotongan beserta penjelasannya ialah sebagai berikut.

```
BEGIN PGM ARI15 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-30 Y-30 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+30 Y+30 Z+1
3 TOOL CALL 14 Z S7499
4 L Z+100 R0 F MAX M13
5 L X+0 Y+0 R0 F MAX
6 L Z+10 R0 F1000
7 L Z+0 R0 F500
8 LBL 1
9 L IZ-1 R0 F100
10 L X+7.5 RL F1200
11 CR Y+7.5 X+0 R+7.5 DR+ RL F3100
12 CR X-7.5 Y+0 R+7.5 DR+ RL F2328
13 CR Y-7.5 X+0 R+7.5 DR+ RL F1734
14 CR X+7.5 Y+0 R+7.5 DR+ RL F1164
15 L X+0 Y+0 R0 F1200
16 LBL 0
17 CALL LBL 1 REP 9/9
18 L Z+100 R0 F MAX M30
19 END PGM ARI15 MM
```

Penjelasan dari program di atas berikut ini.

Nomor blok 0 : awalan program

- 
- Nomor blok 1-2 : ukuran benda kerja bayangan untuk animasi pengerjaan saat dilakukan *test run*.
- Nomor blok 3 : pemanggilan alat yang digunakan dan putarannya 7749 rpm, spindle yang berputar terdapat pada sumbu Z.
- Nomor blok 4 : pergerakan cutter ke titik  $Z = 100$  tanpa menggunakan kompensasi radius dengan feed rate maksimal dan spindle berputar searah jarum jam.
- Nomor blok 5 : pergerakan cutter ke titik  $X, Y = 0$  dan memakai *feed rate* maksimal, tanpa menggunakan kompensasi radius.
- Nomor blok 6 : pergerakan cutter ke titik  $Z = 10$ , tanpa menggunakan kompensasi radius dan menggunakan *feed rate* 1000 mm/menit
- Nomor blok 7 : pergerakan cutter ke titik  $Z = 0$  , tanpa menggunakan kompensasi radius dan menggunakan *feed rate* 500 mm/menit
- Nomor blok 8 : sub program 1.
- Nomor blok 9 : pergerakan cutter ke titik  $X, Y = 0$   $Z = -1$  tanpa menggunakan kompensasi radius dengan *feed rate* 100 mm/menit.
- Nomor blok 10 : pergerakan cutter ke titik  $X = 7,5$  tanpa menggunakan kompensasi radius dengan *feed rate* 1200 mm/menit.
- Nomor blok 11 : gerakan interpolasi melingkar cutter ke titik  $X = 0$  dan  $Y = 7,5$ , radius lingkaran 7,5 mm dengan *feed rate* 3100 mm/menit .

- Nomor blok 12 : gerakan interpolasi melingkar cutter ke titik  $X = -7,5$ ,  $Y = 0$ , radius lingkaran 7,5 mm dengan *feed rate* 2328 mm/menit.
- Nomor blok 13 : gerakan interpolasi melingkar cutter ke titik  $X = 0$ ,  $Y = -7,5$ , radius lingkaran 7,5 mm dengan *feed rate* 1734 mm/menit.
- Nomor blok 14 : gerakan interpolasi melingkar cutter ke titik  $X = 7,5$   $Y = 0$ , radius lingkaran 7,5 mm dengan *feed rate* 1164 mm/menit.
- Nomor blok 15 : alat potong kembali ke posisi  $X=0$  dan  $Y=0$  dengan *feed rate* 1200 mm/menit.
- Nomor blok 16 : kembali ke program awal.
- Nomor blok 17 : kembali ke sub program 1 dan sub program diulang sebanyak sembilan kali.
- Nomor blok 18 : alat potong kembali ke  $Z=100$  tanpa kompensasi radius cutter dengan *feed rate* maksimal dan program selesai
- Nomor blok 19 : akhiran program

Program pemotongan alur melingkar pada diameter lain dapat dilihat pada halaman lampiran I.

Sebelum program di atas dijalankan, mesin dan perlengkapan lainnya harus dipersiapkan. Persiapan tersebut meliputi setting alat potong yang akan digunakan dengan menggunakan Z setter lalu memasukan data alat potong tersebut pada *tool table*, mencekam benda kerja pada meja bayangan dengan bantuan bolt dan menentukan kedudukan titik-titik referensi  $X = 0$ ,  $Y = 0$  benda

kerja dengan menggunakan *centro fix*. Sesudah persiapan selesai baru program yang telah ditest run dijalankan untuk mengerjakan benda-benda uji tersebut.

Setelah didapatkan hasil benda uji dari pengerjaan di mesin CNC DMC 63V, maka bentuk hasil pemotongan alur gerakan melingkar tersebut diuji kesilindrisannya dengan dial indicator. Prinsip kerja dari alat ukur ini adalah pemegang dari dial dicekam pada spindel dan ujung dial diletakkan pada bagian yang akan diukur kesilindrisannya. Secara manual dengan tangan spindel mesin diputar dan peneliti mencatat penyimpangan yang ditunjukkan oleh jarum dial.

Tahap terakhir adalah pembahasan data-data hasil dari penelitian yang dilakukan.

### **G. Kesulitan yang Dihadapi**

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium CNC milik jurusan Mekatronika Universitas Sanata Dharma. Pelaksanaan penelitian ini terutama pada proses pemotongan dilaksanakan oleh instruktur mesin CNC sehingga peneliti tidak diperkenankan menjalankan mesin tersebut dan hanya diperbolehkan mengamati dari dekat.

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Penelitian**

Hasil penelitian terbagi dua tahap yaitu penelitian kekerasan material uji dan penelitian pengaruh kecepatan pemakanan terhadap penyimpangan panjang radius pembentuk alur pemotongan melingkar dari mesin CNC DMC 63V.

Penelitian kekerasan material uji menghasilkan data bahwa kekerasan material uji cukup homogen dengan rata-rata kekerasan sebesar 67 HB. Jadi penyimpangan kesilindrisan pada pemotongan gerak melingkar tidak dipengaruhi oleh perbedaan homogenitas dari material uji. Data mengenai hasil penelitian homogenitas kekerasan material uji telah dipaparkan dalam bab tiga sebelumnya.

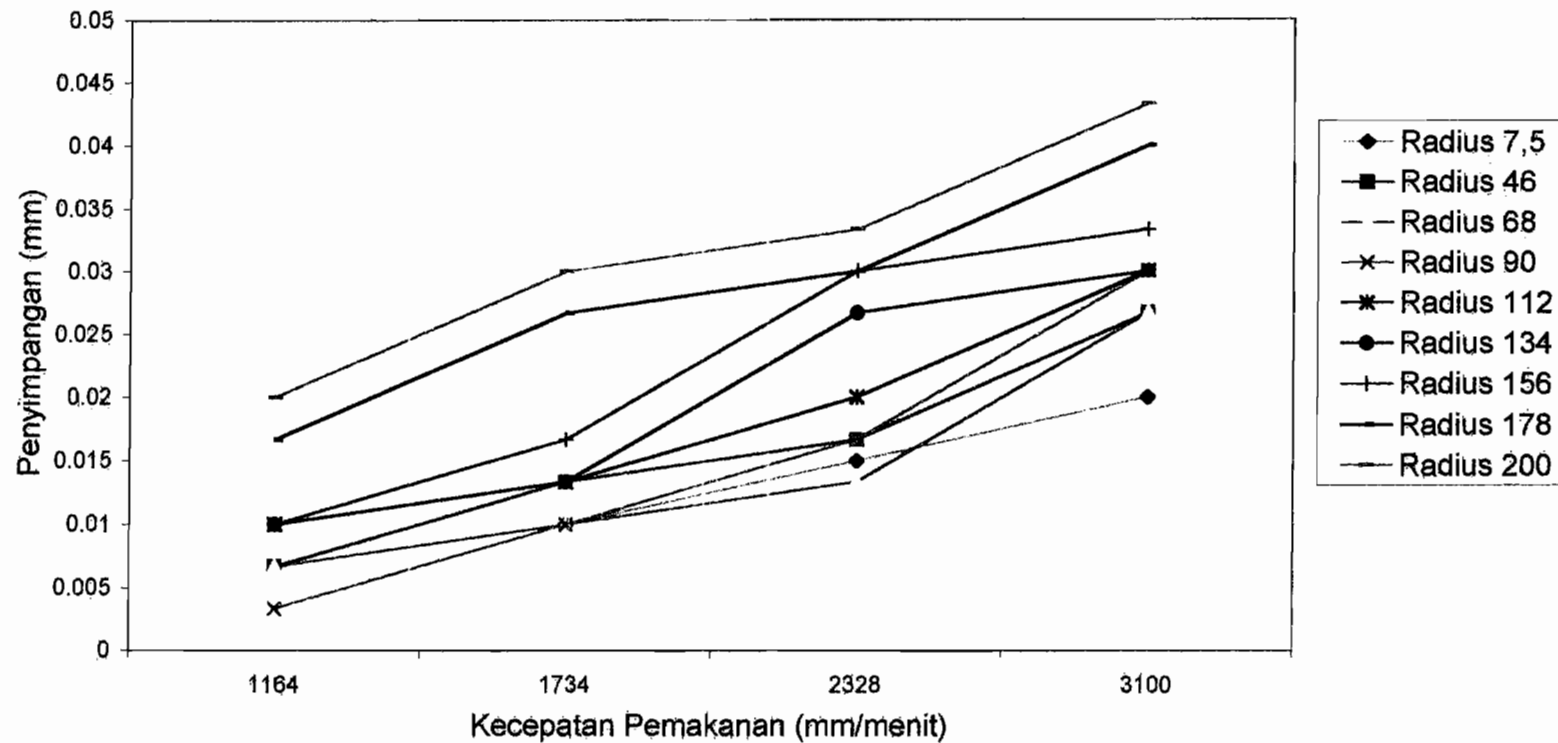
Penelitian mengenai pengaruh kecepatan pemakanan terhadap penyimpangan kesilindrisan alur melingkar dengan menggunakan empat kecepatan pemakanan dengan tingkat yang berbeda, maka didapatkan bahwa hasil penyimpangan kesilindrisan alur pemotongan gerakan melingkar cukup bervariasi. Dari hasil yang diperoleh maka dapat diperbandingkan penyimpangan kesilindrisan yang dihasilkan oleh tiap kecepatan pemakanan. Data-data mengenai hal tersebut terdapat pada tabel 4.1 dan gambar 4.1

Hasil perhitungan berdasarkan data penelitian mengenai penyimpangan terbesar dan terkecil yang dihasilkan dari setiap radius alur pemotongan melingkar terlihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3.

Tabel 4.1: Data Penyimpangan Kesilindrisan pada Tiap Kecepatan Pemakanan

D	Var	Besarnya Penyimpangan Tiap Derajat											
		f=3100 mm/menit			f=2328 mm/menit			f=1734 mm/menit			f=1164 mm/menit		
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
15	A	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	C	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
92	A	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00
	B	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
	C	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00
136	A	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
	B	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00
	C	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00
180	A	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
	C	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
224	A	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00
	B	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	C	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
268	A	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
	B	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
	C	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
312	A	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
	B	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00
	C	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
356	A	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01
	B	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00
	C	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
400	A	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00
	B	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00
	C	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00

### Penyimpangan Kesilindrisan Pada Semua Alur Melingkar

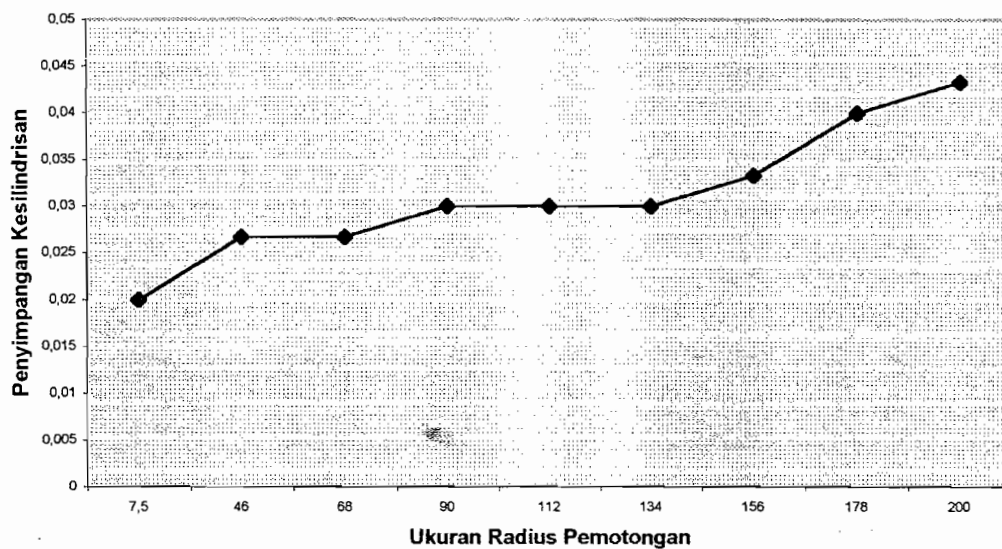


Gambar 4.1  
 Grafik Penyimpangan Kesilindrisan pada Semua Alur  
 Pemotongan Gerakan Melingkar



Tabel 4.2: Data Penyimpangan Kesilindrisan Terbesar Dari Semua Radius Alur Pemotongan Melingkar

Penyimpangan Kesilindrisan Terbesar Dari Setiap Radius								
r=7,5	r=46	r=68	r=90	r=112	r=134	r=156	r=178	r=200
0,02	0,0267	0,0267	0,03	0,03	0,03	0,0333	0,04	0,0433

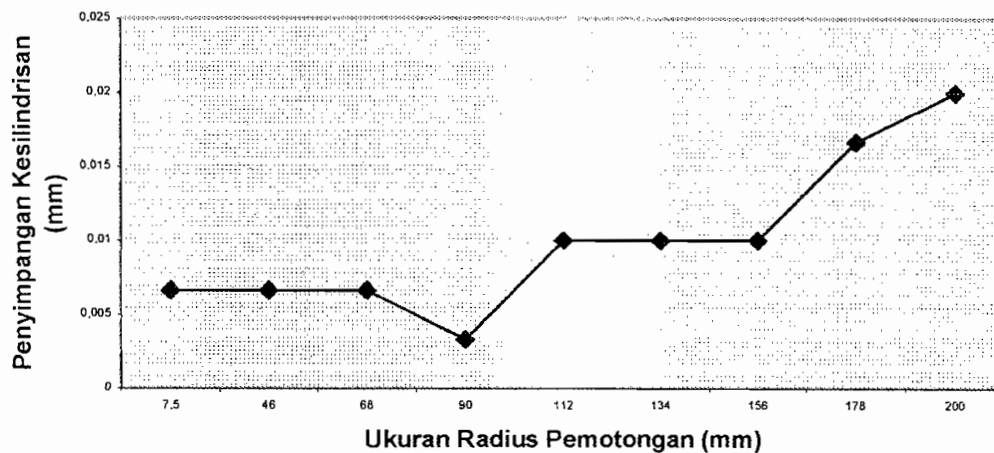


Gambar 4.2

Grafik Penyimpangan Kesilindrisan Terbesar Pada Semua Radius Pemotongan Gerakan Melingkar

Tabel 4.3: Data Penyimpangan Kesilindrisan Terkecil Dari Semua Radius Alur Pemotongan Melingkar

Penyimpangan Kesilindrisan Terkecil Dari Setiap Radius								
r=7,5	r=46	r=68	r=90	r=112	r=134	r=156	r=178	r=200
0,006	0,006	0,006	0,0033	0,01	0,01	0,01	0,01667	0,02



Gambar 4.3

Grafik Penyimpangan Kesilindrisan Terkecil pada Semua Radius alur Pemotongan Gerakan Melingkar

## B. Pembahasan

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa ada penyimpangan kesilindrisan dari semua diameter alur pemotongan melingkar yang telah dibuat oleh mesin CNC DMC 63V. Hal ini sesuai dengan hipotesa sebagai asumsi awal bahwa penyimpangan kesilindrisan yang dibuat oleh mesin DMC 63V dalam membuat alur melingkar adalah tidak nol. Penyimpangan terbesar terdapat pada kecepatan pemakanan tertinggi yaitu 0,043 milimeter terletak pada radius 200 milimeter dan penyimpangan kesilindrisan terkecil terdapat pada kecepatan terendah yaitu 0,006 milimeter terletak pada radius alur terkecil.

Berdasarkan penelitian ini faktor yang menyebabkan adanya penyimpangan kesilindrisan tersebut ialah kecepatan pemakanan. Dalam gambar 4.1 terlihat bahwa naiknya nilai kecepatan pemakanan diikuti oleh kenaikan nilai

penyimpangan kesilindrisan dari pemotongan. Hal ini normal terjadi karena secara teori dapat dijelaskan dengan Persamaan 2.1 pada bab 2, yaitu:

$$\Delta X = FR \times \frac{Y}{D} \times \Delta t$$

$$\Delta Y = FR \times \frac{X}{D} \times \Delta t$$

Dengan memasukkan nilai  $FR=3100$  mm/menit dan  $\Delta t=0,0002$  menit maka kita dapat mengetahui secara teori mengenai besarnya penyimpangan kesilindrisan akibat jarak pergeseran aksis X dan Y yang berupa  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  dalam membuat alur pemotongan melingkar.

Pada pemotongan diameter 15 milimeter di sudut  $37^\circ$  besarnya nilai  $X=4,514$  dan  $Y=5,989$ . Maka didapatkan hasil bahwa  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  yang berupa pergeseran aksis menuju titik selanjutnya ialah 0,140 milimeter dan 0,186 milimeter. Hasil perhitungan pada kecepatan asutan selanjutnya pada diameter 15 tertera pada tabel berikut ini.

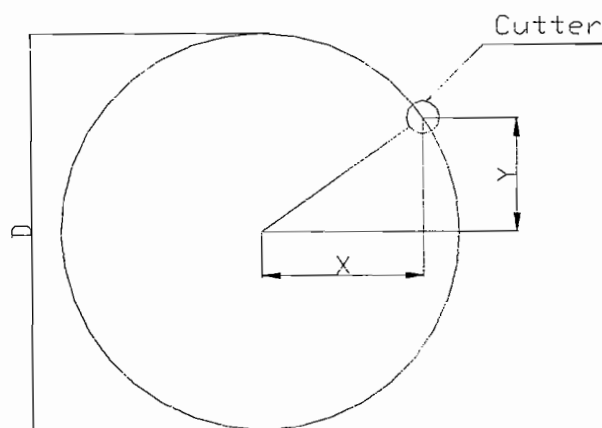
Tabel 4.4: Besar Pergerakan aksis pada tiap kecepatan asutan

<b>Kecepatan Asutan (mm/menit)</b>	<b><math>\Delta X</math> (mm)</b>	<b><math>\Delta Y</math> (mm)</b>
3100	0,187	0,248
2328	0,140	0,186
1734	0,104	0,138
1164	0,07	0,093

Dari tabel 4.4 terlihat bahwa semakin kecil kecepatan pemakanan maka semakin kecil pula harga dari  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$ . Jika harga  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  semakin besar maka penyimpangan yang dihasilkan akan menjadi lebih besar pula.

Jika pergerakan  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  semakin besar akibat meningkatnya kecepatan pemakanan maka semakin kasar pula alur pembentukannya untuk membuat alur pemotongan gerak melingkar. Hal inilah yang membuat pengukuran kesilindrisan menunjukkan angka penyimpangan yang besar pula. Demikian pula sebaliknya jika kecepatan pemakanan rendah maka nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  kecil yang hasilnya alur pemotongan menjadi lebih halus sehingga penyimpangan kesilindrisan menjadi lebih kecil.

Pada gambar 4.1 terlihat hal yang cukup menarik. Perubahan ukuran radius alur pemotongan juga mempengaruhi penyimpangan kesilindrisan. Semakin besar ukuran radius alur pemotongan gerakan melingkar, semakin besar penyimpangan kesilindrisan yang terjadi. Hal ini juga dapat dijelaskan secara teori dengan menggunakan Persamaan 2.1 pada bab 2.



Gambar 4.4  
Gambar Posisi Alat Potong pada Alur Melingkar

Dengan menggunakan asumsi seperti gambar 4.4 di atas bahwa alat potong berada di posisi  $37^\circ$  dan kecepatan pemakanan 3100 milimeter/menit pada pemotongan alur melingkar radius 7,5 milimeter maka diperoleh nilai  $\Delta X=0,187$

milimeter dan  $\Delta Y=0,248$  milimeter. Jika pemotongan berlangsung pada alur melingkar radius 200 milimeter dengan kecepatan pemakanan yang sama,  $\Delta t$  sama dan posisi yang sejajar ke arah horisontal dari posisi alat potong pada radius 7,5 milimeter maka ditemukan posisi  $X=199,95$  milimeter dan  $Y=4,51$  milimeter pada radius 200 milimeter. Maka dengan memasukkan nilai  $X$  dan  $Y$  pada radius 200 milimeter tersebut ke Persamaan 2.1 maka akan ditemukan nilai  $\Delta X=0,248$  dan  $\Delta Y=0,309$  milimeter.

Berdasarkan perbandingan nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  pada radius 7,5 milimeter dengan radius 200 milimeter maka terlihat bahwa nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  pada radius 200 milimeter lebih besar daripada nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  pada radius 7,5 milimeter. Hal ini berarti alur pemotongan pada radius 200 milimeter lebih kasar daripada alur pemotongan melingkar pada radius 7,5 milimeter. Alur pemotongan gerakan melingkar yang lebih besar itulah yang membuat penyimpangan kesilindrisan pada radius 200 milimeter lebih besar daripada penyimpangan kesilindrisan pada radius 7,5 milimeter dengan alur pemotongan yang lebih kecil.

Dengan kata lain semakin besar nilai  $\Delta X$  dan  $\Delta Y$  maka semakin besar penyimpangan kesilindrisan yang terjadi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Pengerjaan pemotongan gerakan melingkar dengan menggunakan mesin CNC DMC 63V ternyata menghasilkan penyimpangan kesilindrisan. Penyimpangan kesilindrisan terbesar yaitu 0,0433 milimeter pada kecepatan pemakanan terbesar dan ukuran radius terbesar. Sedangkan penyimpangan kesilindrisan terkecil yaitu 0,006 milimeter terdapat pada kecepatan pemakanan terkecil pada ukuran radius alur terkecil.
2. Kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap penyimpangan kesilindrisan pada pemotongan gerak melingkar. Semakin tinggi nilai kecepatan pemakanan semakin besar penyimpangan kesilindrisan.
3. Ukuran radius alur pemakanan berpengaruh terhadap penyimpangan kesilindrisan. Semakin besar ukuran radius alur pemotongan, semakin besar penyimpangan kesilindrisan.

#### B. Saran

Adapun saran-saran dari penulis dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Sebaiknya mahasiswa selaku peneliti melakukan dan mengamati langsung proses dari penelitian, sehingga akan mengetahui dengan pasti

- permasalahan-permasalahan dan kesulitan-kesulitan yang dialami selama penelitian berlangsung.
2. Selama pengujian dengan mesin CNC karena biaya sewa mesin yang mahal, peneliti harus benar-benar paham dasar-dasar mesin tersebut, pengenalan dapat dilakukan melalui *Computer Training Simulation (CTS)*, sehingga pada waktu menjalankan mesin tidak mengalami kebingungan yang akan membuat banyak waktu terbuang percuma.
  3. Proses pembuatan program tidak harus menggunakan CTS tetapi dapat juga dengan menggunakan program CAM, dengan CAM akan lebih cepat dan mudah karena program akan terbuat dengan sendirinya, apabila tersedia laboratorium CAD - CAM hal ini akan sangat membantu terutama dalam pembuatan bentuk-bentuk yang rumit.
  4. Sebelum menjalankan mesin pastikan bahwa semua peralatan yang diperlukan tersedia dan dalam kondisi yang baik, sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, 1999, *Die and Mould Making Applicationi Guide*, Sandvik Coromant
- Ashley, S, 1995, *High Speed Machining Goes Mainstream*, Cracow: Mechanical Engineering.
- Amstead. BH. Ostwald, Philip F and Began L, 1992, *Manufacturing Processed*, Erlangga Jakarta
- Choi, J.P, 2000, *Roundness Error Prediction and Its Compesation using a Volumetric Error Model Including Spindle Error Motions of a Machine Tool*, Seol: YONSEI University, Mechanical Engineering Department.
- Curran, K., 1987, *CNC Operation and Programming*, Zurich: Prentice Hall International Editions.
- Grover, Michael P, 1998, *Fundamental of Modern Facturing: Material Process System*, Prentice Hall.
- Hollebradanse, J.J.M, 1998, *Teknik Pemrograman dan Aplikasi CNC*, B.V Uitgeverij Nijgh and Rijswijk Van Ditmar, Netherlands.
- Kibbe, Richard R, 1997, *Machine Tool Practice*, Prentice Hall
- Krar, S., Gill, A. 1990, *CNC Technology and Programing*, McGraw Hill Inc., United States of America.
- Lynch, Mike, 1995, *CNC Advanced Techniques*, McGraw Hill Inch. USA
- Sato, Sugiarto, H. 1994, *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*, PT. Padnya Paramita Bandung.
- Saruwatari, K., 2000, *Introduction of Control Technologies for High Quality Die or Mold Machining*, Tokyo: OKUMA Corporation, IT Products Department, FA System Division.
- <http://www.heidenhain.com> diakses pada tanggal 15 Maret 2003
- <http://www.machinetools.com> diakses pada tanggal 1 Maret 2003



**LAMPIRAN 1**  
**PROGRAM PEMBUATAN ALUR PEMONGAN**  
**PADA MESIN CNC DMC 63V**

**A. Program Setting Awal dan Bor**

```
0 BEGIN PGM ARI MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-260 Y-260 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+260 Y+260 Z+0
3 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
4 CYCL DEF 7.1 X+0
5 CYCL DEF 7.2 Y+0
6 CYCL DEF 7.3 Z+0
7 TOOL CALL 2 Z S1900
8 L Z+100 R0 F MAX M13
9 CYCL DEF 200 DRILLING ~
    Q200=2 ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-15 ;DEPTH ~
    Q206=50 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=0.5 ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=0 ;DWELL TIME AT TOP ~
    Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~
    Q204=50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~
    Q211=0 ;DWELL TIME AT DEPTH
```

10 L X+80 Y-150 R0 F MAX M99

11 L Y+150 R0 F MAX M99

12 L X-80 R0 F MAX M99

13 L Y-150 R0 F MAX M99

14 L Z+100 R0 F MAX M30

15 END PGM ARI MM

0 BEGIN PGM ARI1 MM

1 BLK FORM 0.1 Z X-260 Y-260 Z-30

2 BLK FORM 0.2 X+260 Y+260 Z+0

3 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT

4 CYCL DEF 7.1 X+0

5 CYCL DEF 7.2 Y+0

6 CYCL DEF 7.3 Z+0

7 TOOL CALL 2 Z S1900

8 L Z+100 R0 F MAX M13

9 CYCL DEF 200 DRILLING ~

Q200=2 ;SET-UP CLEARANCE ~

Q201=-10 ;DEPTH ~

Q206=50 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~

Q202=0.5 ;PLUNGING DEPTH ~

Q210=0 ;DWELL TIME AT TOP ~

Q203=+0 ;SURFACE COORDINATE ~

Q204=50 ;2ND SET-UP CLEARANCE ~

Q211=0 ;DWELL TIME AT DEPTH

```
10 L X+0 Y+0 R0 F MAX M99
11 L X+41 R0 F MAX M99
12 L X+63 R0 F MAX M99
13 L X+85 R0 F MAX M99
14 L X+107 R0 F MAX M99
15 L X+129 R0 F MAX M99
16 L X+151 R0 F MAX M99
17 L X+173 R0 F MAX M99
18 L X+195 Y+0 R0 F MAX M99
19 L Z+100 R0 F MAX M30
20 END PGM ARI1 MM
```

### **B. Program Untuk Alur 15 Milimeter**

```
0 BEGIN PGM ARI15 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-30 Y-30 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+30 Y+30 Z+1
3 TOOL CALL 14 Z S3200
4 L Z+100 R0 F MAX M13
5 L X+0 Y+0 R0 F MAX
6 L Z+10 R0 F1000
7 L Z+0 R0 F500
```

8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+7.5 RL F1200  
11 CR Y+7.5 X+0 R+7.5 DR+ RL F1200  
12 CR X-7.5 Y+0 R+7.5 DR+ RL F1200  
13 CR Y-7.5 X+0 R+7.5 DR+ RL F1200  
14 CR X+7.5 Y+0 R+7.5 DR+ RL F1200  
15 L X+0 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI15 MM

### **C. Program Untuk Alur 92 Milimeter**

0 BEGIN PGM ARI\_92 MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 14 Z S3200  
4 L Z+100 R0 F MAX M13  
5 L X+41 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1

9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+46 RL F1200  
11 CR Y+46 X+0 R+46 DR+ RL F1200  
12 CR X-46 Y+0 R+46 DR+ RL F1200  
13 CR Y-46 X+0 R+46 DR+ RL F1200  
14 CR X+46 Y+0 R+46 DR+ RL F1200  
15 L X+41 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI\_92 MM

#### **D. Program Untuk Alur 136 Milimeter**

0 BEGIN PGM ARI\_136 MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 14 Z S3200  
4 L Z+100 R0 F MAX M13  
5 L X+63 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100

10 L X+68 RL F1200  
11 CR Y+68 X+0 R+68 DR+ RL F1200  
12 CR X-68 Y+0 R+68 DR+ RL F1200  
13 CR Y-68 X+0 R+68 DR+ RL F1200  
14 CR X+68 Y+0 R+68 DR+ RL F1200  
15 L X+63 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI\_136 MM

**E. Program Untuk Alur 180 Milimeter**

0 BEGIN PGM ARI\_180 MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 14 Z S3200  
4 L Z+100 R0 F MAX M13  
5 L X+85 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+90 RL F1200

```
11 CR Y+90 X+0 R+90 DR+ RL F1200
12 CR X-90 Y+0 R+90 DR+ RL F1200
13 CR Y-90 X+0 R+90 DR+ RL F1200
14 CR X+90 Y+0 R+90 DR+ RL F1200
15 L X+85 Y+0 R0 F1200
16 LBL 0
17 CALL LBL 1 REP 9/9
18 L Z+100 R0 F MAX M30
19 END PGM ARI_180 MM
```

#### **F. Program Untuk Alur 224 Milimeter**

```
0 BEGIN PGM ARI_224 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1
3 TOOL CALL 14 Z S3200
4 L Z+100 R0 F MAX M13
5 L X+107 Y+0 R0 F MAX
6 L Z+10 R0 F1000
7 L Z+0 R0 F500
8 LBL 1
9 L IZ-1 R0 F100
10 L X+112 RL F1200
11 CR Y+112 X+0 R+112 DR+ RL F1200
```

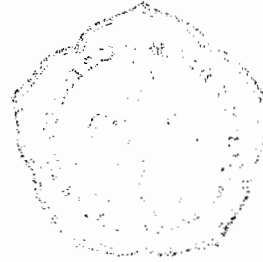
```
12 CR X-112 Y+0 R+112 DR+ RL F1200
13 CR Y-112 X+0 R+112 DR+ RL F1200
14 CR X+112 Y+0 R+112 DR+ RL F1200
15 L X+107 Y+0 R0 F1200
16 LBL 0
17 CALL LBL 1 REP 9/9
18 L Z+100 R0 F MAX M30
19 END PGM ARI_224 MM
```

### **G. Program Untuk Alur 268 Milimeter**

```
0 BEGIN PGM ARI_268 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1
3 TOOL CALL 14 Z S3200
4 L Z+100 R0 F MAX M13
5 L X+129 Y+0 R0 F MAX
6 L Z+10 R0 F1000
7 L Z+0 R0 F500
8 LBL 1
9 L IZ-1 R0 F100
10 L X+134 RL F1200
11 CR Y+134 X+0 R+134 DR+ RL F1200
12 CR X-134 Y+0 R+134 DR+ RL F1200
```



13 CR Y-134 X+0 R+134 DR+ RL F1200  
14 CR X+134 Y+0 R+134 DR+ RL F1200  
15 L X+129 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI\_268 MM



#### **H. Program Untuk Alur 312 Milimeter**

0 BEGIN PGM ARI\_312 MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 14 Z S3200  
4 L Z+100 R0 F MAX M13  
5 L X+151 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+156 RL F1200  
11 CR Y+156 X+0 R+156 DR+ RL F1200  
12 CR X-156 Y+0 R+156 DR+ RL F1200  
13 CR Y-156 X+0 R+156 DR+ RL F1200

14 CR X+156 Y+0 R+156 DR+ RL F1200  
15 L X+151 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI\_312 MM

**I. Program Untuk Alur 356 Milimeter**

0 BEGIN PGM ARI\_356 MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 14 Z S3200  
4 L Z+100 R0 F MAX M13  
5 L X+173 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+178 RL F1200  
11 CR Y+178 X+0 R+178 DR+ RL F1200  
12 CR X-178 Y+0 R+178 DR+ RL F1200  
13 CR Y-178 X+0 R+178 DR+ RL F1200  
14 CR X+178 Y+0 R+178 DR+ RL F1200

15 L X+173 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI\_356 MM

**J. Program Untuk Alur 400 Milimeter**

0 BEGIN PGM ARI\_400 MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 14 Z S3200  
4 L Z+100 R0 F MAX M13  
5 L X+195 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+200 RL F1200  
11 CR Y+200 X+0 R+200 DR+ RL F1200  
12 CR X-200 Y+0 R+200 DR+ RL F1200  
13 CR Y-200 X+0 R+200 DR+ RL F1200  
14 CR X+200 Y+0 R+200 DR+ RL F1200  
15 L X+195 Y+0 R0 F1200

16 LBL 0  
17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M30  
19 END PGM ARI\_400 MM

**K. Program Finishing untuk Semua Alur**

0 BEGIN PGM ARI\_F MM  
1 BLK FORM 0.1 Z X-230 Y-230 Z-30  
2 BLK FORM 0.2 X+230 Y+230 Z+1  
3 TOOL CALL 21 Z S7749  
4 L Z+100 R0 F MAX M3  
5 L X+0 Y+0 R0 F MAX  
6 L Z+10 R0 F1000  
7 L Z+0 R0 F500  
8 LBL 1  
9 L IZ-1 R0 F100  
10 L X+7.5 RL F1200  
11 CR Y+7.5 X+0 R+7.5 DR+ RL F3100  
12 CR X-7.5 Y+0 R+7.5 DR+ RL F2328  
13 CR Y-7.5 X+0 R+7.5 DR+ RL F1734  
14 CR X+7.5 Y+0 R+7.5 DR+ RL F1164  
15 L X+0 Y+0 R0 F1200  
16 LBL 0

17 CALL LBL 1 REP 9/9  
18 L Z+100 R0 F MAX M3  
19 L X+41 Y+0 R0 F MAX  
20 L Z+10 R0 F1000  
21 L Z+0 R0 F500  
22 LBL 2  
23 L IZ-1 R0 F100  
24 L X+46 RL F1200  
25 CR Y+46 X+0 R+46 DR+ RL F3100  
26 CR X-46 Y+0 R+46 DR+ RL F2328  
27 CR Y-46 X+0 R+46 DR+ RL F1734  
28 CR X+46 Y+0 R+46 DR+ RL F1164  
29 L X+41 Y+0 R0 F1200  
30 LBL 0  
31 CALL LBL 2 REP 9/9  
32 L Z+100 R0 F MAX  
33 L X+63 Y+0 R0 F MAX  
34 L Z+10 R0 F1000  
35 L Z+0 R0 F500  
36 LBL 3  
37 L IZ-1 R0 F100  
38 L X+68 RL F1200  
39 CR Y+68 X+0 R+68 DR+ RL F3100

- 40 CR X-68 Y+0 R+68 DR+ RL F2328
- 41 CR Y-68 X+0 R+68 DR+ RL F1734
- 42 CR X+68 Y+0 R+68 DR+ RL F1164
- 43 L X+63 Y+0 R0 F1200
- 44 LBL 0
- 45 CALL LBL 3 REP 9/9
- 46 L Z+100 R0 F MAX M3
- 47 L X+85 Y+0 R0 F MAX
- 48 L Z+10 R0 F1000
- 49 L Z+0 R0 F500
- 50 LBL 4
- 51 L IZ-1 R0 F100
- 52 L X+90 RL F1200
- 53 CR Y+90 X+0 R+90 DR+ RL F3100
- 54 CR X-90 Y+0 R+90 DR+ RL F2328
- 55 CR Y-90 X+0 R+90 DR+ RL F1734
- 56 CR X+90 Y+0 R+90 DR+ RL F1164
- 57 L X+85 Y+0 R0 F1200
- 58 LBL 0
- 59 CALL LBL 4 REP 9/9
- 60 L Z+100 R0 F MAX M3
- 61 L X+107 Y+0 R0 F MAX
- 62 L Z+10 R0 F1000

63 L Z+0 R0 F500  
64 LBL 5  
65 L IZ-1 R0 F100  
66 L X+112 RL F1200  
67 CR Y+112 X+0 R+112 DR+ RL F3100  
68 CR X-112 Y+0 R+112 DR+ RL F2328  
69 CR Y-112 X+0 R+112 DR+ RL F1734  
70 CR X+112 Y+0 R+112 DR+ RL F1164  
71 L X+107 Y+0 R0 F1200  
72 LBL 0  
73 CALL LBL 5 REP 9/9  
74 L Z+100 R0 F MAX M3  
75 L X+129 Y+0 R0 F MAX  
76 L Z+10 R0 F1000  
77 L Z+0 R0 F500  
78 LBL 6  
79 L IZ-1 R0 F100  
80 L X+134 RL F1200  
81 CR Y+134 X+0 R+134 DR+ RL F3100  
82 CR X-134 Y+0 R+134 DR+ RL F2328  
83 CR Y-134 X+0 R+134 DR+ RL F1734  
84 CR X+134 Y+0 R+134 DR+ RL F1164  
85 L X+129 Y+0 R0 F1200

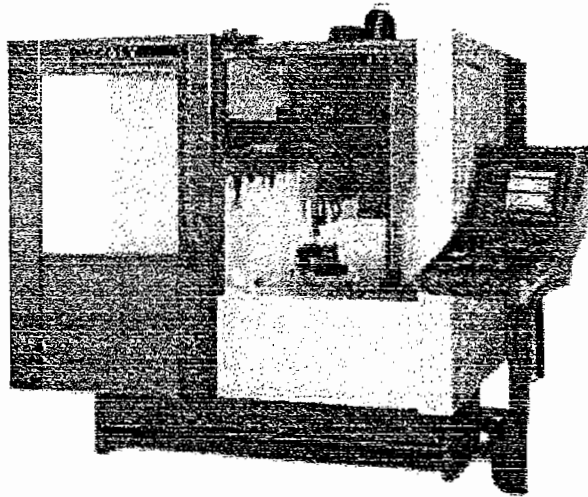
86 LBL 0  
87 CALL LBL 6 REP 9/9  
88 L Z+100 R0 F MAX M3  
89 L X+151 Y+0 R0 F MAX  
90 L Z+10 R0 F1000  
91 L Z+0 R0 F500  
92 LBL 7  
93 L IZ-1 R0 F100  
94 L X+156 RL F1200  
95 CR Y+156 X+0 R+156 DR+ RL F3100  
96 CR X-156 Y+0 R+156 DR+ RL F2328  
97 CR Y-156 X+0 R+156 DR+ RL F1734  
98 CR X+156 Y+0 R+156 DR+ RL F1164  
99 L X+151 Y+0 R0 F1200  
100 LBL 0  
101 CALL LBL 7 REP 9/9  
102 L Z+100 R0 F MAX M3  
103 L X+173 Y+0 R0 F MAX  
104 L Z+10 R0 F1000  
105 L Z+0 R0 F500  
106 LBL 8  
107 L IZ-1 R0 F100  
108 L X+178 RL F1200



109 CR Y+178 X+0 R+178 DR+ RL F3100  
110 CR X-178 Y+0 R+178 DR+ RL F2328  
111 CR Y-178 X+0 R+178 DR+ RL F1734  
112 CR X+178 Y+0 R+178 DR+ RL F1164  
113 L X+173 Y+0 R0 F1200  
114 LBL 0  
115 CALL LBL 8 REP 9/9  
116 L Z+100 R0 F MAX M3  
117 L X+195 Y+0 R0 F MAX  
118 L Z+10 R0 F1000  
119 L Z+0 R0 F500  
120 LBL 9  
121 L IZ-1 R0 F100  
122 L X+200 RL F1200  
123 CR Y+200 X+0 R+200 DR+ RL F3100  
124 CR X-200 Y+0 R+200 DR+ RL F2328  
125 CR Y-200 X+0 R+200 DR+ RL F1734  
126 CR X+200 Y+0 R+200 DR+ RL F1164  
127 L X+195 Y+0 R0 F1200  
128 LBL 0  
129 CALL LBL 9 REP 9/9  
130 L Z+100 R0 F MAX M30  
131 END PGM ARI\_F MM

## LAMPIRAN 2

### SPEKIFIKASI MESIN CNC DMC 63V



#### Power mesin

Daya motor	= 17,5 HP
Tegangan	= 400 Volt
Arus motor	= 45 A
Frekuensi motor	= 50 / 60 Hz

#### Spindel

Putaran Maksimal	= 10.000 Rpm
Putaran pada diameter Maksimal	= 6.500 Rpm
Diameter Maksimal alat potong	= 140 mm

#### Meja

Dimensi meja	= 800 x 500 mm
Beban Maksimal meja	= 500 kg
Ketinggian maksimal	= 240 mm

Langkah pergerakan sumbu

Pergerakan sumbu X = 630 mm

Pergerakan sumbu Y = 500 mm

Pergerakan sumbu Z = 500 mm

Format program dengan bahasa HEIDENHAIN pada mesin DMC 63V

<b>N</b>	<b>L</b>	<b>FK</b>	<b>CHF</b>	<b>RND</b>	<b>C</b>	<b>CC</b>	<b>CR</b>	<b>CT</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>R</b>	<b>F</b>	<b>M</b>
----------	----------	-----------	------------	------------	----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Keterangan :

N : Nomor blok

L : Gerakan garis lurus

FK : Gerakan bebas tanpa diketahui koordinat yang dituju

CHF : Champer antara 2 garis lurus

RND : Lingkaran pada sudut

C :Bagaian dari program gerak melingkar

CC : Center dari gerakan melingkar atau kutub untuk koordinat polar

CR :Gerakan melingkar dengan radius yang diketahui

CT : Gerakan melingkar dengan pertemuan tangensial

X : Gerakan arah koordinat sumbu X, dalam satuan mm

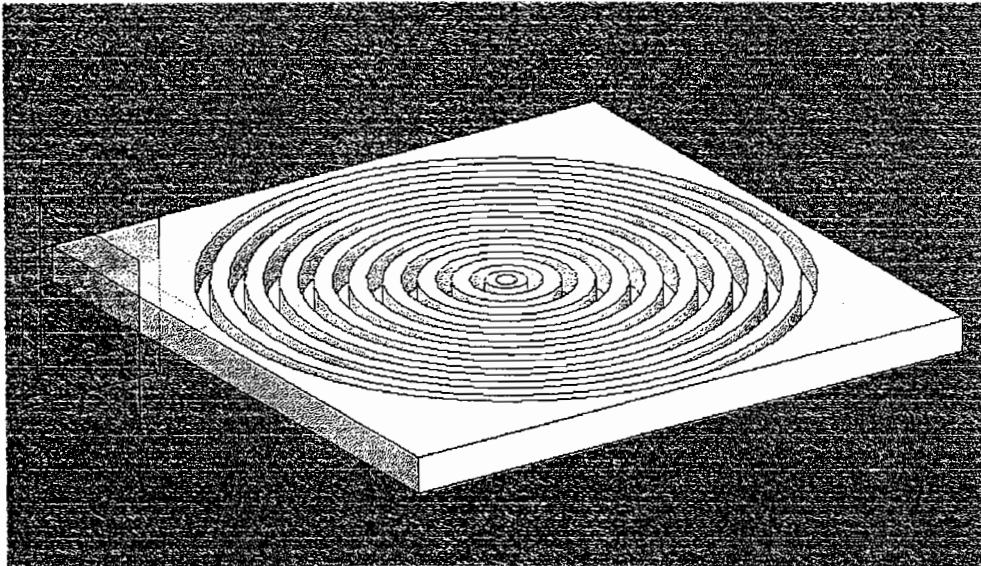
Y : Gerakan arah koordinat sumbu Y, dalam satuan mm

Z : Gerakan arah koordinat sumbu Z, dalam satuan mm

- R : Kompensasi radius cutter, **RO** bila tanpa kompensasi radius, **RL** bila kompensasi radius kiri, dan **RR** bila kompensasi radius kanan
- F : feeding dalam satuan mm per menit
- M : Fungsi tambahan



**LAMPIRAN 3**  
**GAMBAR BENDA HASIL PEMOTONGAN**  
**GERAKAN MELINGKAR**





**LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR**

Nomor : 290 / FT\_USD / TM / Pebruari / 2003

Diberikan kepada :  
Nama Mahasiswa : Raymondus Ari Susanto  
Nomor Mahasiswa : 985214102  
NIRM : 980051123109120102  
Jurusan : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK  
Matakuliah : Mesin CNC dan CAD / CAM  
Judul / naskah soal :

Gerakan Melengkar DMC 63 V

Teliti Kesilindrisan Gerakan Melingkar Mesin DMC 63 V Bahan Aluminium. Diameter Alat Iris 10 milimeter

Tanggal dimulai : 8 Pebruari 2003  
Pembimbing Utama : RB. Dwiseno Wihadi, S.T.,M.Si.  
Pembimbing Kedua : -

NO	TGL.	URAIAN	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1	21-02-2003	Bab I	Revisi tujuan & Permasalahan	
2	28-02-2003	Bab I, II, III	Revisi Dasar Teori	
3	14-03-2003	Bab I, II, III, flowchart	Revisi flowchart	
4	21-03-2003	Bab I, II, III	acc. pemotongan benda uji.	
5	25-04-2003	Bab IV	Revisi	
6	27-06-2003	Bab I - V	Revisi bab IV dan V	
7	4-07-2003	Bab I - V	acc seminar	
8	14-07-2003	Supplementary Pages, bab I - V	acc pendadaran	