



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

28 555/H/07



RSM
621.942
Suk
9-1

2007

TUGAS AKHIR - RM 1562

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI
PADA PROSES BUBUT CNC TANPA TAILSTOCK
TERHADAP KESILINDRISAN PRODUK YANG DIHASILKAN**

CHANDRA BUDI SUKMONO
NRP 2101 109 010

Dosen Pembimbing
Hardjono, MSc

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	22-2-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Ftp.	060722



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - RM 1562

ANALYSIS THE EFFECT OF HIGH SPEED CUTTING AT MACHINING PROCESS CNC LATHE WITHOUT TAILSTOCK TO CILINDRICITY OF PRODUCT

CHANDRA BUDI SUKMONO
NRP 2101 109 010

Adviser Lecturer
Hardjono, MSc

DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE TECHNOLOGY
Surabaya 2007

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI
PADA PROSES BUBUT CNC TANPA TAILSTOCK TERHADAP
KESILINDRISAN PRODUK YANG DIHASILKAN**

TUGAS AKHIR



OLEH

CHANDRA BUDI SUKMONO

2101.109.010

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2007**

**ANALYSIS THE EFFECT OF HIGH SPEED CUTTING
AT MACHINING PROCESS CNC LATHE WITHOUT
TAILSTOCK TO CILINDRICITY OF PRODUCT**

FINAL PROJECT



FROM

CHANDRA BUDI SUKMONO

2101.109.010

**DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE TECHNOLOGY
SURABAYA
2007**

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI
PADA PROSES BUBUT CNC TANPA TAILSTOCK
TERHADAP KESILINDRISAN PRODUK YANG DIHASILKAN**

Nama Mahasiswa : CHANDRA BUDI SUKMONO
NRP : 2101 109 010
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : HARDJONO, MSc

Abstrak

Teknologi kecepatan potong tinggi (High Speed Cutting) pada mesin bubut CNC tanpa menggunakan penumpu tail stock adalah merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas. Cara tersebut diharapkan tidak berpengaruh pada bentuk geometri benda kerja yang dihasilkan khususnya kesilindrisannya.

Untuk menjawab permasalahan diatas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan mempelajari pengaruh dari penggunaan kecepatan potong tinggi (High Speed Cutting) pada mesin bubut CNC tanpa menggunakan penumpu tail stock terhadap kesilindrisan hasil proses bubut dengan menggunakan benda kerja ST 42. Adapun data – data yang akan dianalisa adalah kecepatan potong (V), gerak makan (f) dan kedalaman potong (a) pada kondisi yang bervariasi.

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa parameter pemotongan yang meliputi gerak makan, kecepatan potong dan kedalaman potong berpengaruh terhadap harga kesilindrisan produk. Dengan meningkatkan gerak makan dan kedalaman potong maka harga kesilindrisan yang dihasilkan makin besar sedangkan dengan meningkatkan kecepatan potong maka harga kesilindrisannya akan berkurang.

Kata kunci : High Speed Cutting, kesilindrisan (cylindicity).

**ANALYSIS THE EFFECT OF HIGH SPEED CUTTING
AT MACHINING PROCESS CNC LATHE WITHOUT
TAILSTOCK TO CYLINDRICITY OF PRODUCT**

Student Name : CHANDRA BUDI SUKMONO
NRP : 2101 109 010
Department : Mechanical Engineering FTI-ITS
Adviser Lecturer : HARDJONO, MSc

Abstrak

High speed cutting technology at cnc lathe without using tailstock is to one represent of the way to improve productivity. The way expected not have an influence workpiece geometry from specially cilindricity.

To answer above problems hence done research with aim to study the effect of usage of high speed cutting at cnc lathe without using tailstock to cylindrical result of machining process using workpice St 42. As for data to be analysed are cutting speed, feeding and depth of cut at condition which vary.

Form result analyse showing that cutting parameter covering feeding, cutting speed and depth of cut have an effect on to cylindrical will increase and more while improved cutting speed hence cylindrical will decrease.

Key Words : High Speed Cutting, Cylindricity.

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI
PADA PROSES BUBUT CNC TANPA TAILSTOCK
TERHADAP KESILINDRISAN PRODUK YANG
DIHASILKAN**

TUGAS AKHIR

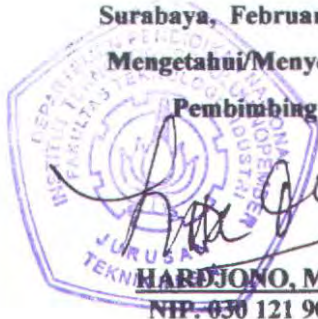
Oleh :

CHANDRA BUDI SUKMONO
NRP. 2101 109 010

Surabaya, Februari 2007

Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing



HARDJONO, MSc
NIP. 030 121 904

Handwritten signature and date: 8/11/07

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI
PADA PROSES BUBUT CNC TANPA TAILSTOCK
TERHADAP KESILINDRISAN PRODUK YANG
DIHASILKAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Teknik Manufaktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

CHANDRA BUDI SUKMONO

Nrp. 2101 109 010

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- 
1. Hardjono, MSc(Pembimbing)
 2. Ir. Bambang Adhi Marsono(Penguji I)
 3. Dr. Ing. Suhardjono, MSc(Penguji II)
 4. Ir. Hari Subiyanto, MSc(Penguji III)

**SURABAYA
FEBRUARI, 2007**

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul :

ANALISA PENGARUH KECEPATAN POTONG TINGGI PADA PROSES BUBUT CNC TANPA TAILSTOCK TERHADAP KESILINDRISAN PRODUK YANG DIHASILKAN

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah merupakan salah satu syarat kelulusan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Hardjono MSc, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, perhatian, semangat dan kesabaran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ing Herman Sasongko, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FTI – ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. Atok Setiyawan, M. Eng. Sc selaku Ketua Program Ekstensi Teknik Mesin FTI – ITS Surabaya.
4. Bapak Dr. Ir. Prabowo, M. Eng selaku Dosen Wali penulis selama menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin.
5. Bapak Dr. Ir. Nur Yuniarto selaku koordinator Laboratorium Bidang Studi Manufaktur Teknik Mesin ITS
6. Bapak Ir. Bambang Adhi Marsono, Dr. Ing. Suhardjono, MSc dan Ir. Hari Subiyanto, Msc, selaku dosen penguji tugas akhir.
7. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Mesin ITS serta berbagai pihak yang telah membantu dalam memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis sebagai landasan penulisan tugas akhir ini.

8. Bapak Matroni dan Sugiyanto ST atas bantuannya di Work Shop Jurusan Teknik Mesin ITS.
9. Seluruh Karyawan Jurusan Teknik Mesin ITS.
10. Bapak Ong Ciptoyoso, Mas Lita, Mas Abdul dan Mas Junaedi yang telah banyak membantu selama penulis melakukan percobaan di Bengkel Industri Plampitan.
11. Papa dan mama yang telah yang telah memberikan doa, dukungan serta kasih sayangnya yang tiada pernah berhenti.
12. Seluruh keluarga di Blitar Ibu, Bude Tien, Bule Endah, Bude Prap & Pade Sam, Om Hari, Om Andi, Mas Doni, Mbak Dini terima kasih atas dorongan, semangat dan doanya.
13. Keluarga Bapak Lelep Aris atas dorongan dan doanya.
14. Mrr. Diayuni P.A yang telah memberikan bantuan, dorongan, perhatian dan kasih sayangnya.
15. Rekan – rekan VDK Team : Sariebat, Atenk, Emput, Ondhe, Kucink, Arsyad, Unta, Lumbie, Emprit, Etam, Pak Upec, Cupang, Gondho, Gayas, Bodonk, Iqbal, Eko, Kencret, Bang Jay, Oyie, Koh Wem, Lodeh atas semangat, hiburan serta dorongannya serta angkatan M 44 semua. Rekan – rekan penulis lainnya : Abah, Wawa, Master, Takur, Dono, Tjionk, Gobank, Pitoyo, Sarije dan rekan – rekan Perum Sidodadi Indah.
16. Keluarga Bapak Kuswanto atas dorongan dan semangatnya.
17. Rekan – rekan senasib seperjuangan di Teknik Mesin ITS
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan yang dikarenakan terbatasnya ilmu dan kemampuan yang dimiliki penulis, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amien....

DAFTAR ISI

	Hal
Judul	i
Abstrak	iii
Halaman Pengesahan	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xiv
Daftar Tabel	xvii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2

1.4	Tujuan Penelitian	2
1.5	Manfaat Penelitian	2
BAB II : KAJIAN PUSTAKA		3
2.1	Kajian Terdahulu	3
2.2	Definisi CNC	4
2.3	Methodode Pemrograman	5
2.4	Sistem Koordinat Mesin CNC Lathe	6
2.5	Titik Nol dan Titik Referensi	6
2.6	Pengertian Proses Pemesinan	8
2.7	Elemen Dasar Proses Bubut	8
2.8	Gaya Potong	10
2.9	Kecepatan Potong Tinggi	14
2.10	Kesilindrisan (<i>Cylindricity</i>)	16
2.11	Cairan Pendingin	17
2.12	Penyimpangan Selama Proses Pemesinan	17
2.13	Gaya-gaya Yang Berpengaruh Terhadap Ketelitian Pemesinan	18
2.14	Pengujian Kekerasan Brinell	19
2.14.1	Prosedur Pengujian	19
2.14.2	Variabel Pengujian	19
2.15	Analisa Statistik Model Regresi Berganda	20

2.16	Pengujian Parameter β_1 Dalam Regresi	21
2.16.1	Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak	21
2.16.2	Pengujian Parameter β_1 Secara Individu	22
2.17	Pengujian kecocokan Model	20
2.17.1	Koefisien Determinasi Berganda	23
2.17.2	Analisa residual	24
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Material dan Peralatan Penelitian	25
3.2	Perencanaan Eksperimen	28
3.3	Prosedur Penelitian	31
3.3.1	Diagram Alir	31
3.3.2	Penjelasan Diagram Alir	32
3.4	Pengambilan Data	33
3.4.1	Uji Kekerasan	33
3.4.2	Uji Kesilindrisan	34
3.4.3	Data Percobaan	35
BAB IV : ANALISA DATA		39
4.1	Tinjaun Umum Analisa Data	39
4.2	Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm	39
4.2.1	Analisa Regresi Berganda	39

4.2.2	Pengujian Parameter β_1 Secara Serempak	40
4.2.3	Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_1 Secara Individu	42
4.2.4	Pengujian Kecocokan Model	43
4.3	Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm	45
4.3.1	Analisa Regresi Berganda	45
4.3.2	Pengujian Parameter β_1 Secara Serempak	46
4.3.3	Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_1 Secara Individu	47
4.3.4	Pengujian Kecocokan Model	48
4.4	Analisa Regresi Kesilindrisan Dengan L/D Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm	50
4.4.1	Analisa Regresi Berganda	50
4.4.2	Pengujian Parameter β_1 Secara Serempak	51
4.4.3	Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_1 Secara Individu	53
4.4.4	Pengujian Kecocokan Model	54
4.5	Analisa Regresi Kesilindrisan Dengan L/D Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm	56
4.5.1	Analisa Regresi Berganda	56
4.5.2	Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak	57
4.5.3	Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_1 Secara Individu	58
4.5.4	Pengujian Kecocokan Model	59

4.6 Grafik	62
4.7 Analisa Grafik	65
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
Daftar Pustaka	69
Lampiran A	
Lampiran B	
Lampiran C	
Lampiran D	

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Sistem Mesin Perkakas CNC	5
Gambar 2.2 Sistem Koordinat Mesin CNC Lathe	6
Gambar 2.3 Titik Nol Dan Titik Referensi	7
Gambar 2.4 Proses Bubut	9
Gambar 2.5 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Proses Bubut	11
Gambar 2.6 Pengaruh Sudut K_r Terhadap Gaya Pemotongan F_y, F_x, F_z	12
Gambar 2.7 Kekerasan Pahat Pada Temperatur Tinggi	15
Gambar 2.8 Daerah Kerja Berbagai Jenis Material Pahat	16
Gambar 2.9 Daerah Toleransi Silindris	16
Gambar 3.1 Dimensi Spesimen Percobaan	25



Gambar 3.2	Mesin CNC Lathe Yang Digunakan	25
Gambar 3.3	Pahat dan Pemegang Pahat	26
Gambar 3.4	Meja Senter	27
Gambar 3.5	Dial Indikator	28
Gambar 3.6	Penyangga	28
Gambar 3.7	Diagram Alir Percobaan	31
Gambar 3.8	Posisi Spesimen Pada Proses Pemesinan	32
Gambar 3.9	Posisi Titik Uji Kekerasan	33
Gambar 3.9	Posisi Spesimen Pada Proses Pemesinan	34
Gambar 3.10	Susunan Alat Uji Kesilindrisan	35
Gambar 3.11	Posisi Titik Pengukuran	35
Gambar 4.1	Grafik Residual Terhadap Data Observasi Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm	44
Gambar 4.2	Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm	44
Gambar 4.3	Grafik Residual Terhadap Data Observasi Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm	49
Gambar 4.4	Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm	50
Gambar 4.5	Grafik Residual Terhadap Data Observasi Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Dan L / D Bervariasi	55
Gambar 4.6	Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Dan L / D Bervariasi	55

Gambar 4.7	Grafik Residual Terhadap Data Observasi Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm Dan L / D Bervariasi	60
Gambar 4.8	Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Dan L / D Bervariasi	61
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Gerak Makan Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,2 mm dan Kecepatan Potong Konstan)	62
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Kecepatan Potong Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,2 mm dan Gerak Makan Konstan)	62
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Gerak Makan Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,4 mm dan Kecepatan Potong Konstan)	63
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Kecepatan Potong Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,4 mm dan Gerak Makan Konstan)	63
Gambar 4.13	Grafik Hubungan L/D Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,2 mm)	64
Gambar 4.14	Grafik Hubungan L/D Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,4 mm)	64
Gambar 4.15	Bentuk Geometri Hasil Proses Bubut Tanpa Tailstock	65

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Faktor Koreksi C_k	13
Tabel 2.2 Faktor Koreksi C_γ	13
Tabel 2.3 Faktor Koreksi C_{VB}	14
Tabel 2.4 Faktor Koreksi C_v	14
Tabel 2.5 Anova	22
Tabel 3.1 Setting Variabel Percobaan	29
Tabel 3.2 Data Pengujian Kekerasan	34
Tabel 3.3 Data Pengujian Kesilindrisan Untuk $a = 0,2$ mm	36
Tabel 3.4 Data Pengujian Kesilindrisan Untuk $a = 0,4$ mm	37
Tabel 3.5 Harga Kesilindrisan Berdasarkan Perbandingan L/D Untuk $a = 0,2$ mm	37

Tabel 3.6	Harga Kesilindrisan Berdasarkan Perbandingan L/D Untuk $\alpha = 0,4$ mm	38
Tabel 4.1	Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm	40
Tabel 4.2	Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm	41
Tabel 4.3	Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm	45
Tabel 4.4	Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm	46
Tabel 4.5	Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Pada L / D Bervariasi	51
Tabel 4.6	Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm L / D Bervariasi	52
Tabel 4.7	Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm Pada L / D Bervariasi	56
Tabel 4.8	Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm L / D Bervariasi	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya permintaan untuk memperbesar produktivitas dengan biaya produksi rendah, maka dilakukan proses pemesinan dengan cara menggunakan teknologi kecepatan potong tinggi. Teknologi kecepatan potong tinggi (*High Speed Cutting*) pada mesin bubut CNC tanpa menggunakan penumpu tail stock adalah merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi waktu set-up. Peningkatan produktivitas dengan cara ini tentu saja akan menurunkan ketelitian dimensi dan ketelitian geometri produk khususnya kebulatan maupun kesilindrisannya.

Karakteristik geometri merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam penentuan kualitas produk. Hal ini erat sekali kaitannya dengan fungsi dari produk itu sendiri. Bila produk itu mempunyai karakteristik yang sesuai maka akan berpengaruh terhadap kekuatan dan umurnya.

Oleh sebab itu maka pada pembahasan tugas akhir ini akan menganalisa mengenai pengaruh kecepatan potong tinggi (*High Speed Cutting*) pada proses bubut tanpa penumpu tailstock di mesin CNC Lathe terhadap karakteristik geometri produk yang dihasilkan khususnya kesilindrisan (*cilindricity*).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimanakah pengaruh parameter kecepatan potong tinggi (*high speed cutting*) pada proses pemotongan tanpa penumpu tailstock pada Mesin CNC Lathe terhadap karakteristik geometri produk khususnya kesilindrisan (*cilindricity*) dengan kondisi pemotongan yang bervariasi.

1.3 Batasan Masalah

1. Mesin CNC Lathe yang digunakan adalah model GT-250A buatan YCM, Taiwan produksi tahun 2005
2. Penelitian dilakukan di Bengkel Industri Plampitan, Surabaya – Jawa Timur
3. Percobaan menggunakan pahat insert berbahan keramik
4. Material yang digunakan adalah baja karbon St 42 dengan $\varnothing 75 \times 160$ mm dan panjang benda kerja yang dicekam 70 mm.
5. Pengukuran Kesilindrisan dengan metode senter meja dan dilakukan di Laboratorium Metrologi Bidang Studi Teknik Manufaktur Teknik Mesin ITS Surabaya
6. Sifat material dianggap homogen

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan kecepatan potong tinggi pada proses pemotongan tanpa penumpu tailstock pada Mesin CNC Lathe terhadap karakteristik geometri produk yang dihasilkan khususnya kesilindrisan dengan kondisi pemotongan yang bervariasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- Diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui pola hubungan antara variabel kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong terhadap kesilindrisan benda kerja yang dihasilkan dari proses bubut CNC.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh adanya penelitian yang dilakukan oleh Rosehan (Staf Pengajar Fakultas Tarumanagara) dengan judul “*Pengaruh Kecepatan Potong Tinggi Terhadap Kualitas Permukaan Benda Kerja Pada Proses Bubut*”.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah :

- o Mesin bubut CNC Mazak Turn 8N, Kontrol type Maztrol Tplus
- o Pahat *negative wiper insert*, kode CNMG 120408-WF *new grade* 4015
- o Alat ukur kekasaran permukaan *Surftest* 211, merk Mitutoyo
- o Alat ukur dimensi, *outside micrometers*
- o Material benda kerja S50C, baja dengan kekerasan 177 BHN

Dari penelitian tersebut disimpulkan :

- o Sudut geser membesar seiring dengan peningkatan kecepatan potong dan berakibat mengecilnya tebal geram (t) pada kecepatan potong tinggi.
- o Kekasaran permukaan (Ra) pada kecepatan potong antara 600 m/min sampai 1350 m/min menurun sangat tajam dan tidak bergantung pada geometri pahat.
- o Korelasi antara Ra vs Vc pada kecepatan potong antara 600 m/min sampai 1350 m/min dengan kekerasan material 177 BHN adalah
$$Ra = 61601 Vc^{-1.6503}$$

Berdasarkan penelitian itu, maka penulis ingin mengembangkan penelitian tersebut tetapi lebih menitikberatkan pada pengaruh kecepatan potong tinggi terhadap kualitas geometri benda kerja khususnya kesilindrisan.

2.2 Definisi CNC

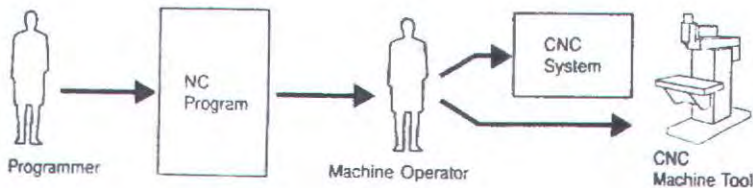
Computer Numerical Control atau yang biasanya disebut dengan CNC adalah merupakan suatu sistem NC yang dilengkapi dengan micro komputer dengan program-program yang tersimpan dalam memorinya, untuk melaksanakan fungsi – fungsi utama dari NC. Adapun fungsi – fungsi utama yang tersedia dalam sistem CNC meliputi :

- ▼ Pengendalian mesin perkakas
 Pengendalian mesin perkakas merupakan salah satu fungsi utama dari CNC, yaitu mengubah program part menjadi gerakan – gerakan aktual dari aksis – aksis pergerakannya dan fungsi – fungsi pembantu yang diperlukan dalam proses pemotongan.
- ▼ Kompensasi dalam proses
 Kompensasi dalam proses merupakan fungsi yang terdekat dengan machine control unit, yang mencakup koreksi – koreksi yang harus dilakukan oleh mesin perkakas bila terjadi penyimpangan – penyimpangan selama proses berlangsung.
- ▼ Merubah program dan operasi proses
 Fleksibilitas dari NC *software* ini adalah tersedianya fasilitas – fasilitas yang memudahkan pemrograman maupun operasinya.
- ▼ Diagnosa
 Sistem CNC biasanya dilengkapi dengan fasilitas *self – diagnostic* yang dapat membantu teknisi perawatan memecahkan masalah – masalah yang mungkin timbul dalam sistem mesin perkakas CNC.

Secara garis besar proses pemesinan dengan menggunakan mesin perkakas CNC memiliki sistem kerja dalam pengoperasiannya, meliputi :

- ✓ Analisa proses
- ✓ Perancangan program
- ✓ Pemrograman CNC
- ✓ Pengoperasian Mesin CNC

Sistem kerja dalam mesin perkakas CNC ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Sistem Mesin Perkakas CNC

2.3 Metode Pemrograman

Didalam program CNC harus dinyatakan jalannya pahat potong dalam setiap blok. Pada dasarnya ada dua metode untuk menyatakan jalannya gerakan pahat potong, yaitu meliputi metode absolut dan metode inkremental.

- **Metode Absolut**

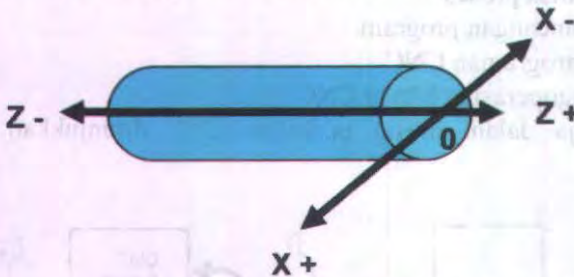
Titik – titik posisi yang harus dicapai oleh pahat potong selalu dinyatakan atau diukur berdasarkan titik nol dari sistem koordinat mesin perkakas yang bersangkutan.

- **Metode Inkremental**

Titik – titik posisi yang harus dicapai oleh pahat potong selalu didasarkan atau diukur dari titik posisi sebelumnya.

2.4 Sistem Koordinat Mesin CNC Lathe

Pada mesin CNC Lathe terdapat dua sumbu utama gerakan ditandai dengan sumbu Z dan sumbu X.



Gambar 2.2 Sistem Koordinat Mesin CNC Lathe

- **Sumbu Z**
Pada mesin CNC Lathe, sumbu Z sejajar dengan spindle dan gerakan positif menggerakkan pahat potong menjauhi benda kerja
- **Sumbu X**
Pada mesin CNC Lathe, sumbu X adalah searah dengan arah gerakan pahat potong dan gerakan positif menggerakkan pahat potong menjauhi benda kerja.

2.5 Titik Nol dan Titik Referensi

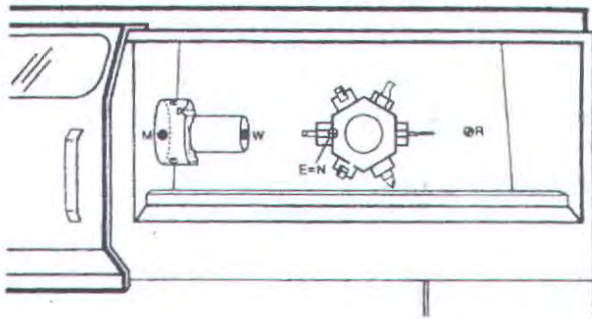
Dalam pembuatan program CNC pembuat program harus menentukan posisi pahat potong relatif terhadap titik nol (*zero point*) dari sistem koordinat mesin perkakas yang bersangkutan. Dimana pada mesin perkakas CNC mempunyai dua metode untuk menspesifikasikan titik nol tersebut.

Kemungkinan pertama adalah untuk mesin perkakas yang telah mempunyai titik nol, dalam hal ini titik nol selalu dilokasikan pada posisi yang sama dari meja kerja mesin. Penetapan titik nol demikian ini disebut dengan istilah *fixed zero*.

Yang kedua dan kebanyakan yang ditampilkan oleh mesin perkakas CNC mutakhir penetapan titik nol tergantung keinginan

operator dalam berbagai posisi pada meja kerja mesin, penampilan ini disebut dengan *floating point*.

Selain titik nol mesin mesin perkakas CNC mempunyai sejumlah titik-titik referensi yang akan mendukung didalam operasi proses maupun dalam pemrograman, gambar 2.3 memperlihatkan posisi titik-titik tersebut pada sistem mesin CNC Lathe.



Gambar 2.3 Titik nol dan titik referensi

- **Titik Nol Mesin (M)**

Titik nol ini dispesifikasikan oleh pabrik pembuat mesin perkakas CNC. Titik ini adalah titik nol dari sistem koordinat mesin dan merupakan titik awal (*starting point*) dari semua sistem koordinat lainnya

- **Titik Nol Benda Kerja (W)**

Titik ini menetapkan titik nol dari sistem koordinat benda kerja dalam hubungannya dengan titik nol dari mesin (M). Titik nol benda kerja dapat dipilih bebas sesuai keinginan operator atau pembuat program dengan metode pemindahan/pergeseran titik nol, namun disarankan dalam hal ini perlu mempertimbangkan terhadap sistem pemberian ukuran dimensi dari gambar kerja.

- **Titik Referensi Setting Pahat Potong (E/N)**
Titik ini dilokasikan pada titik tertentu pada pemegang pahat. Titik ini dipakai sebagai referensi pengukuran pahat yang datanya dimasukkan kedalam memori data pahat potong dari sistem kontrol.
- **Titik Referensi (R)**
Titik referensi ini dimaksudkan mengkalibrasikan dan mengontrol sistem pengukuran dari jalannya peluncuran dan pahat. Setelah menghidupkan mesin titik referensi R harus dicapai. Posisi titik referensi R berbeda-beda untuk setiap mesin dan ditetapkan oleh pabrik pembuatnya.

2.6 Pengertian Proses Pemesinan

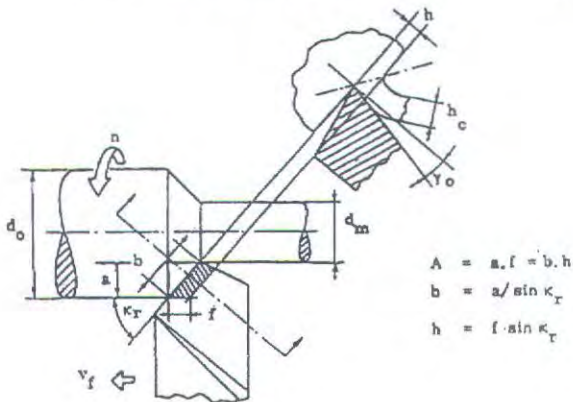
Mesin bubut merupakan salah satu mesin perkakas industri yang digunakan untuk memotong benda kerja berbentuk silinder dengan pahat bermata potong tunggal. Selain memotong, mesin bubut dapat pula digunakan untuk membuat ulir, menghaluskan permukaan, membuat profil, untuk membuat lubang dalam dan sebagainya.

Prinsip kerja mesin bubut, yaitu benda kerja dipegang oleh pencekam yang terdapat pada poros utama (*spindle*). Benda kerja ini bergerak berputar pada poros utama, sedangkan pahat ditempatkan pada kedudukan pahat yang bergerak translasi melakukan gerak potong (*feed*). Pada mesin bubut CNC gerak potong, putaran spindle, kecepatan potong konstan dan kedalaman potong diatur melalui kontrol terprogram, sehingga mesin dapat melakukan proses pemotongan dengan tingkat presisi tinggi.

2.7 Elemen Dasar Proses Bubut

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.4 kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut:

Benda Kerja	d_o	= diameter mula	[mm]
	d_m	= diameter akhir	[mm]
	l_t	= panjang pemesinan	[mm]
Pahat	κ_r	= sudut potong utama	[$^{\circ}$]
	γ_o	= sudut geram	[$^{\circ}$]
Mesin Bubut	a	= kedalaman potong	[mm]
		$a = (d_o - d_m)/2$	[mm]
	f	= gerak makan	[mm/put]
	n	= putaran poros utama	[rpm]



Gambar 2.4 Proses Bubut

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut :

- Kecepatan Potong :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

dimana d = diameter rata-rata

$$d = (d_o + d_m)/2 \approx d_o \text{ [mm]}$$

- Kecepatan Makan :

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm/min]}$$

- Waktu Pemotongan :

$$t_c = l_s / v_f \text{ [min]}$$

- Kecepatan Penghasilan Geram :

$$Z = f \cdot a \cdot v \text{ [cm}^3\text{/min]}$$

2.8 Gaya Potong

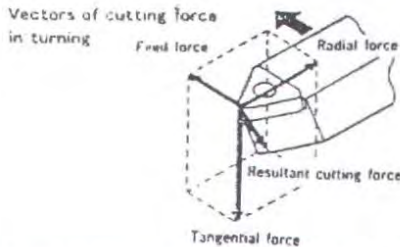
Gaya F adalah resultan dari gaya-gaya yang bekerja pada pahat dan arahnya tergantung pada bentuk geometri pahat. Gaya ini dapat diuraikan berdasarkan koordinat cartesian sebagai berikut :

- Gaya tangensial (gaya potong utama : $F_v = F_y$) yang arahnya tangensial terhadap permukaan potong benda kerja.
- Gaya aksial (gaya pemakanan : F_z) yang arahnya aksial terhadap benda kerja.
- Gaya radial F_x , yang arahnya radial terhadap benda kerja.

Perbandingan masing-masing komponen gaya diatas adalah sebagai berikut :

$$F_y : F_x : F_z = 4 : 2 : 1$$

Gaya-gaya yang bekerja pada pahat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.5 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Proses Bubut

Dengan memperhatikan rumus teoritiknya, rumus empirik gaya potong dapat diperkirakan bentuknya sebagai berikut :

$$F_v = F_y = k_s \cdot A \quad (\text{N}) \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

- k_s = gaya potong spesifik (N/mm^2)
- $A = b \cdot h = a \cdot f$ = penampang geram sebelum terpotong (mm^2)
- $b = a/\sin K_r$, dan $h = f \sin K_r$ (mm)
- a = kedalaman potong (mm)
- f = gerak makan (mm/put).

Berdasarkan bentuk rumus gaya potong teoritik, gaya potong spesifik k_s dipengaruhi oleh pahat (jenis dan geometrinya), benda kerja (jenis dan kondisi fisik/pengerjaannya).

Hubungan ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$k_s = k_{s1.1} \cdot h^{-z} \quad (\text{N}/\text{mm}^2) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- $k_{s1.1}$ = tahanan potong spesifik material untuk lebar geram b dan tebal geram h masing-masing = 1 mm untuk sudut potong utama K_r tertentu (90°).

h = tebal geram sebelum dipotong (mm).

z = pangkat tebal geram, rata-rata berharga = 0,2.

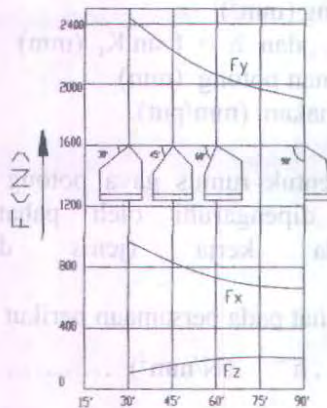
Untuk menentukan harga k_s , dimana kondisi pemotongan tidak sesuai dengan kondisi pemotongan di atas, maka dapat dipakai rumus pendekatan yang sering digunakan dalam praktek, yaitu :

$$k_s = k_{s1.1} \cdot f^{-z} \cdot C_k \cdot C_\gamma \cdot C_{VB} \cdot C_v \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

C_k, C_γ, C_{VB} dan C_v adalah faktor koreksi yang harganya dicari dari beberapa hasil percobaan sebagai berikut :

- Pengaruh Sudut Potong Utama (K_r)
Semakin kecil harga sudut K_r , harga $k_{s1.1}$ akan semakin membesar, sehingga gaya potong F_y dan gaya radial F_x akan membesar dan sebaliknya gaya makan F_z akan menurun seperti pada gambar 2.2. Faktor koreksi (C_k) akibat pengecilan sudut K_r adalah seperti tabel 2.6



Gambar 2.6 Pengaruh Sudut K_r Terhadap Gaya Pemotongan

F_y, F_x, F_z

Tabel 2.1 Faktor Koreksi C_k

K_r	Jenis Pahat	
	Karbida	Keramik
90°	1,000	1,000
80°	1,014	1,016
60°	1,041	1,059
55°	1,057	1,083
50°	1,077	1,110
45°	1,002	1,149

➤ Pengaruh Sudut Geram (γ_0)

Semakin kecil sudut geram maka harga $k_{s1.1}$ akan semakin besar. Sebagai gambaran umum, setiap perubahan sudut geram sebesar 1° akan mengubah harga $k_{s1.1}$ sebesar 1%. Dengan turunnya sudut geram maka faktor koreksi ini akan menyebabkan $k_{s1.1}$ juga naik. Hubungan sudut geram dengan faktor koreksinya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.2 Faktor Koreksi C_γ

γ_0	C_γ	γ_0	C_γ
15°	0,91	0°	1,06
10°	0,96	- 6°	1,12
6°	1		

➤ Pengaruh Panjang Keausan Tepi (VB)

Setiap kenaikan panjang keausan tepi sebesar 0,1 mm akan menaikkan gaya potong sebesar 4%. Kenaikkan gaya potong ini disebabkan naiknya faktor koreksi C_{VB} , sedangkan pengaruh VB terhadap faktor koreksi C_{VB} dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Faktor Koreksi C_V

VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}
0,1 mm	1,04	0,3 mm	1,12	0,5 mm	1,2	0,7 mm	1,28
0,2 mm	1,08	0,4 mm	1,16	0,6 mm	1,24	0,8 mm	1,32
VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}

- Pengaruh Kecepatan Potong (v)
Kecepatan potong yang sangat rendah akan menaikkan $k_{s1.1}$, sedangkan kecepatan potong yang sangat tinggi akan menurunkan $k_{s1.1}$. Hubungan kecepatan potong dengan faktor koreksi (C_V) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Faktor Koreksi C_V

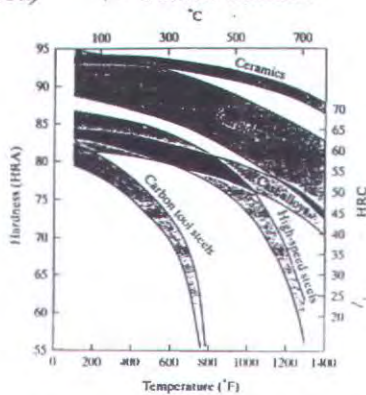
V (m/min)	C_V	Digunakan bagi sejenis pahat tertentu dalam pemotongan baja
30 s/d 50	1,11	bagi pahat HSS
50 s/d 100	1,06	bagi pahat Karbida
100 s/d 200	1,0	
dias 200	0,94	bagi pahat Keramik

Dari rumus di atas dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya kedalaman potong dan gerak makan maka gaya tangential dan gaya radial akan semakin besar yang akan menimbulkan lenturan baik pada pahat maupun pada benda kerja. Kekakuan benda kerja akan sangat berpengaruh terhadap lenturan yang terjadi selama proses pemotongan akan berakibat terhadap bentuk geometrinya.

2.9 Kecepatan Potong Tinggi

Untuk kecepatan potong tinggi dikelompokkan menjadi tiga tingkatan, yaitu :

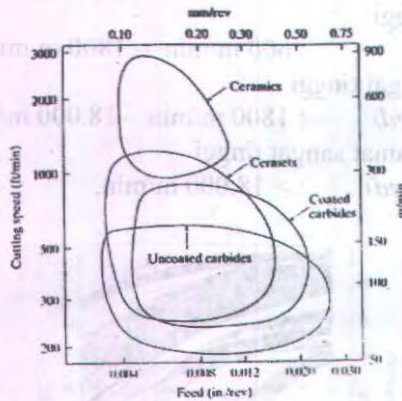
1. Kecepatan tinggi
(*high speed*) : 600 m/min – 1800 m/min
2. Kecepatan sangat tinggi
(*very high speed*) : 1800 m/min – 18.000 m/min
3. Kecepatan teramat sangat tinggi
(*ultra high speed*) : > 18.000 m/min.



Gambar 2.7 Kekerasan Pahat Pada Temperatur Tinggi

Kecepatan potong yang tinggi tersebut dapat dicapai berkat kekerasan pahat yang tetap relatif tinggi meskipun temperatur kerjanya cukup tinggi.

Kecepatan potong yang tinggi akan mengakibatkan tingginya temperatur geram pada lapisan tipis didekat permukaan kontak dengan pahat dan kekuatan logam akan lemah sehingga dapat menurunkan gaya pemotongan

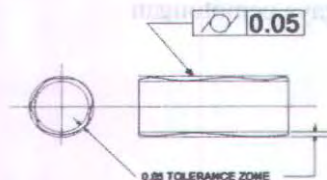


Gambar 2.8 Daerah Kerja Berbagai jenis Material Pahat

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa hanya material dari jenis karbida dan keramiklah yang tetap berfungsi dengan baik pada kecepatan potong atau temperatur kerja yang tinggi.

2.10 Kesilindrisan (*Cylindricity*)

Kesilindrisan adalah suatu kondisi dari sekeliling permukaan suatu benda kerja silindris dimana semua titik/elemen sepanjang permukaan silindris mempunyai jarak yang sama terhadap sumbu silindris. Daerah toleransi silindris dibatasi oleh dua silinder konsentris dimana penyimpangan setiap permukaan benda kerja harus terletak di dalamnya.



Gambar 2.9 Daerah toleransi kesilindrisan

2.11 Cairan Pendingin

Fungsi utama cairan pendingin pada proses pemotongan adalah sebagai pendingin pahat dan benda kerja dari temperatur pemotongan yang tinggi serta sebagai sarana pelumas permukaan kontak antara pahat dan benda kerja, serta untuk memudahkan aliran geram. Pada penggunaan kecepatan potong yang tinggi memerlukan cairan pendingin dengan daya pendingin yang besar.

2.12 Penyimpangan Selama Proses Pemesinan

Suatu benda kerja mempunyai karakteristik geometri yang ideal apabila mempunyai:

- Ukuran/dimensi yang tepat
- Bentuk yang sempurna
- Permukaan yang halus sekali

Dalam praktek tidaklah mungkin membuat suatu komponen dengan karakteristik geometri yang ideal. Suatu hal yang tidak dapat kita hindari adalah terjadinya penyimpangan-penyimpangan selama proses pembuatan sehingga akhirnya produk tidak mungkin mempunyai geometri yang ideal. Sumber dari penyimpangan itu antara lain:

- Penyetelan mesin perkakas
- Metode pengukuran
- Gerakan dari mesin perkakas
- Keausan dari pahat
- Temperatur pemotongan
- Gaya-gaya potong

Sistem pemotongan terdiri dari atas pahat dan benda kerja serta cara pemegangan dan konstruksi komponen pemegang kedua benda tersebut, termasuk mesin perkakas yang digunakan. Kecepatan penghasilan geram yang besar hampir selalu diikuti gaya pemotongan yang besar. Gaya ini akan mengakibatkan lenturan pada benda kerja maupun pada pahat yang dapat menyebabkan produk mempunyai ketelitian geometri yang rendah.

2.13 Gaya-gaya Yang Berpengaruh Terhadap Ketelitian Pemesinan

Gaya-gaya yang terjadi pada proses pemesinan akan mengakibatkan deformasi yang akan mengganggu ketelitian pemesinan. Sesuai dengan berbagai macam gaya yang terjadi selama proses pemesinan maka diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) kelompok, yaitu:

1. Deformasi karena gaya berat

Gaya berat dari benda kerja dan bagian-bagian dari mesin perkakas akan mempengaruhi kemampuan mesin perkakas dalam menerima beban berat tersebut.

2. Deformasi karena gaya potong

Selama proses pemotongan akan terjadi gaya potong yang menyebabkan defleksi baik pada benda kerja maupun pada pahat yang berakibat penyimpangan bentuk dari benda kerja. Pengaruh ini dapat dibatasi dengan mengatur kondisi pemotongan.

3. Forced vibration

Dalam mesin perkakas akan terjadi gaya-gaya periodik yang disebabkan oleh tidak balansnya bagian-bagian yang berputar dan penyimpangan ketelitian dari beberapa elemen penggerak. Hal ini akan menyebabkan getaran yang menghasilkan permukaan benda kerja yang bergelombang.

4. Chatter

Chatter terjadi karena adanya gaya potong yang berlebihan sehingga menyebabkan permukaan benda kerja menjadi kurang baik kualitasnya. Adanya chatter ini dapat mempengaruhi kekuatan dan umur dari pahat maupun benda kerja.

2.14 Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan Brinell dilakukan dengan penekanan bola baja yang telah dikeraskan berdiameter D dan beban P pada suatu spesimen. Diameter tapak tekan, d , pada permukaan spesimen setelah beban di bebaskan diukur. Angka kekerasan Brinell dari spesimen tersebut dihitung berdasarkan beban (P) dan luas permukaan tapak tekan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{HBN} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- HBN = Angka kekerasan Brinell (kg/mm^2).
- P = Beban (kg).
- D = Diameter bola indenter (mm).
- d = Diameter tapak tekan (mm).

2.14.1 Prosedur Pengujian

Permukaan spesimen harus cukup halus, rata dan berposisi tegak lurus terhadap arah pembebanan. Pengujian dilakukan berdasarkan DIN 50351 atau ASIM E 10. Adapun variabel pengujian harus memenuhi persyaratan tertentu .

2.14.2 Variabel Pengujian

- **Beban & Diameter Bola Indentor**

Untuk menghindari geometri tapak tekan yang beragam, pemakaian beban indentasi P , dan diameter indenter D harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

$$\frac{P}{D^2} = \text{Konstan, k.} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : $k = 30$, untuk BHN diatas 160.

$k = 15$, untuk BHN 80 sampai 160.

$k = 5$, untuk BHN 26 sampai 80.

$k = 1 - 2,5$, untuk material yang lunak.

Pemakaian P dan D yang tidak standar tersebut harus dicantumkan pada angka kekerasan.

- **Ketebalan Spesimen**

Ketebalan spesimen minimum adalah 10x kedalaman indentasi.

- **Waktu Penekanan**

Waktu penekanan biasa diambil 10 detik, 15 detik untuk logam ferrous dan 30 detik untuk logam yang lebih lunak. Pemakaian waktu penekanan selain 10 detik harus dicantumkan pada angka kekerasan.

- **Jarak Antara Indentasi**

Jarak antara indentasi yang satu terhadap yang lain dan antara tepi indentasi terhadap tepi spesimen harus lebih besar dari 2 d.

2.15 Analisa Statistik Model Regresi Berganda

Analisa statistik model regresi berganda adalah sebuah teknik statistik untuk membuat model dan menyelidiki pola hubungan antar 2 variabel atau lebih. Hubungan antara variabel - variabel ini digolongkan dengan sebuah model secara aritmatik yang disebut dengan persamaan regresi.

Secara umum hubungan fungsi antara variable respon dan variable bebas adalah sebagai berikut :

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana: Y = Variabel respon

X_1 = Variabel bebas (variabel prediktor)

Pada umumnya model regresi yang mempunyai 2 atau lebih variable bebas, maka dapat diasumsikan bahwa regresinya adalah regresi berganda :

$$\bar{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k \dots (2.7)$$

Dengan konstanta b_0 dan koefisien b_1, b_2, \dots, b_k dapat ditaksir berdasarkan n buah pasangan data $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ yang diperoleh dari pengamatan. Dalam tugas akhir ini ada 3 variabel bebas yaitu Kecepatan Potong (A), Gerak Makan (B) dan Kedalaman Potong (C) yang dihubungkan dengan Penyimpangan geometri sebagai variable dependen. Dengan demikian dapat ditulis bahwa $P = f(A, B, C)$ sehingga dalam bentuk matematis persamaan regresinya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Cd = \beta A^m B^n C^o \dots (2.8)$$

Dimana : β = konstanta

Cd = adalah penyimpangan geometri

m = koefisien kecepatan potong

n = koefisien gerak makan

o = koefisien kedalaman potong

2.16 Pengujian Parameter β_1 Dalam Regresi

Pengujian parameter β_1 dalam model regresi harus diuji apakah perubahan variable independen X_1 memberi sumbangan yang berarti terhadap variable dependen Y secara bersama-sama (serentak) maupun secara individu.

2.16.1 Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak

Pengujian untuk nyata regresi adalah sebuah pengujian untuk menentukan apakah ada hubungan antara variable tidak bebas Y dengan variable bebas X_1 .

Hipotesa pengujiannya adalah:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0, \text{ (untuk paling sedikit Satu)}$$

Dimana jika,

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_k = 0$ menyatakan bahwa paling sedikit satu dari variable bebas $X_1, X_2 \dots X_k$ memberikan sumbangan yang nyata pada model tersebut. Prosedur perhitungan pengujian ini adalah dengan membandingkan antara harga F_0

(F_{hitung}) dengan F_{tabel} ($F_{\alpha, k, n-k-1}$), prosedur ini dikenal dalam rangkaian table yang disebut ANOVA.

Tabel 2.5 ANOVA

Analisa varian untuk nyata regresi				
Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata kuadrat	F_0 (F_{hitung})
Regresi	SSR	k	MSR	MSR/MSE
Error	SSE	N-1-k	MSE	
Total	SSY	n-1		

Uji statistiknya adalah membandingkan antara harga F_0 (F_{hitung}) dengan F_{tabel}

($F_{\alpha, k, n-k-1}$) dimana jika :

$F_0 > F_{tabel}$: Tolak H_0 yang berarti paling sedikit variable bebas X_i , yang berpengaruh pada variable tidak bebas Y_i (respon) atau dikatakan model signifikan.

$F_0 < F_{tabel}$: Terima H_0 yang berarti paling sedikit variable bebas X_i , yang tidak berpengaruh pada variable tidak bebas Y_i (respon) atau dikatakan model tidak signifikan.

2.16.2 Pengujian koefisien - koefisien Regresi β_1 Secara Individu

Pengujian ini berguna untuk menentukan penting tidaknya variabel bebas dimasukkan kedalam model regresi,

dengan kata lain apakah koefisien dari variabel bebas berpengaruh terhadap respon / variabel tidak bebas.

Hipotesa untuk pengujian nyata beberapa koefisien secara individu adalah sebagai berikut :

Dimana jika

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

Dimana jika

$H_0 : \beta_i = 0$ tidak ditolak maka ini menunjukkan X_i dapat dihilangkan dari model tersebut.

Uji statistiknya dengan membandingkan nilai t_c dengan t_{table} , dimana :

$|t_0| > t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) ditolak berarti variable bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

$|t_0| < t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) diterima berarti variable bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

2.17 Pengujian Kecocokan Model

2.17.1 Koefisien Determinasi Berganda

Perbandingan variasi terhadap variasi totalnya dinyatakan dengan suatu koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui kesesuaian dari model yang dibuat. Jadi koefisien determinasi (R^2) adalah koefisien korelasi berganda antara variable dependen Y_i dengan himpunan variabel independen X_i .

Harga R^2 berada pada kisaran $0 \leq 1$.



2.17.2 Analisa Residual

Residual didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai pengamatan (Y) dengan nilai taksiran (\hat{Y}) setelah model yang sesuai ditetapkan. Secara matematis dapat dituliskan $e = Y_i - \hat{Y}_i$, oleh sebab itu dalam pengerjaan suatu model hendaknya asumsi terhadap residual harus dipenuhi terlebih dahulu, adapun asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu dan asumsi yang harus didapat pada residual adalah sebagai berikut : identik, independent, dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol.

Pada uji identik, residual diasumsikan mempunyai varians yang sama pada setiap X_i . Prosedur untuk dapat menentukan apakah residual memenuhi asumsi adalah dibuat plot antara e dengan Y prediksi dimana apabila 95% hasil plot berada dalam interval -2 dan 2 maka residual memenuhi asumsi identik.

Untuk mengetahui apakah ada tidaknya ketergantungan antara variable residual, maka diuji independent. Jika ada ketergantungan diantara variable independent dengan residual, maka garis pada plot antara residual dan prediksi tidak mendatar.

Untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, maka dilakukan uji normal, pengujian ini dilakukan dengan membuat plot antara probabilitas normal dengan residual.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Material dan Peralatan Penelitian

- Material uji yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon St 42 diameter awal 75 mm dengan panjang 160 mm.
 - Dimensi Spesimen :



Gambar 3.1 Dimensi Spesimen Percobaan

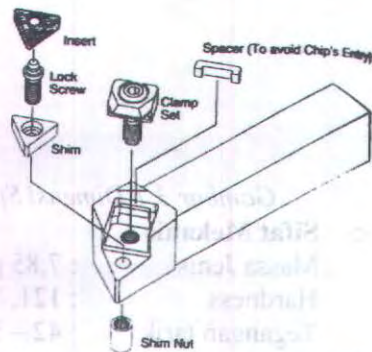
- Sifat Mekanis :
 - Massa Jenis : $7,85 \text{ g/cm}^3$
 - Hardness : $121,7 - 155,34 \text{ HB}$
 - Tegangan tarik : $42 - 54 \text{ kgf/mm}^2$
- Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 1. Mesin Bubut CNC (CNC Lathe)



Gambar 3.2 Mesin CNC Lathe Yang Digunakan

- Merk : YCM
- Type/model : GT-250 A
- Control Type : TXP-200i FANUC
- Spindle Speed : 45 – 4500 rpm
- Spindle motor : 15 Kw
- Produksi : YCM Supermax
- Buatan : Taiwan
- Tahun pembuatan : 2005

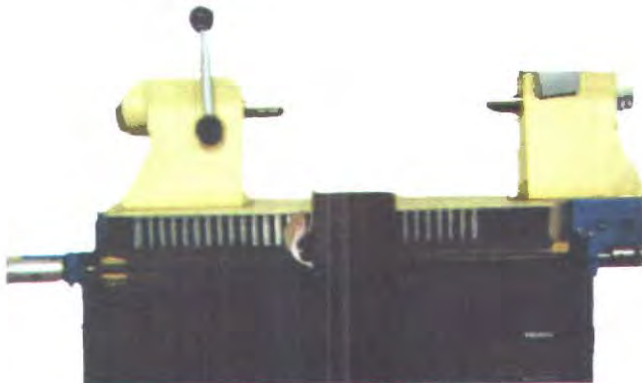
2. Pahat



Gambar 3.3 Pahat dan Pemegang Pahat

- merk : Kyocera
- material pahat : Alumina Ceramic
- type pahat : TNGA 160412 –T05
- type pemegang pahat : WTJN-N 25 25 M 16
- sudut potong utama (κ_r): 93^0
- sudut miring (λ_s) : -6^0
- sudut potong bantu (κ_r'): 27^0
- sudut geram (γ_0) : -6^0
- radius pahat (Γ_β) : 1,2 mm

3. Cairan Pendingin
 - Castrol Magna BMX 68 dengan perbandingan 1:40
4. Peralatan Uji Kekerasan
 - Merk : Herbery A. H. Behrens
 - Buatan : Jerman
 - Indentor : Bola baja dengan diameter 1 mm
 - Jangkauan Beban : 1 – 120 kg
 - Beban yang dipakai : 30 kg
5. Peralatan Uji Kesilindrisan
 - a. Meja Senter



Gambar 3.4 Meja Senter

- Merk : Mitutoyo
- No. Kode : 517-111
- Ukuran : 450 x 300 mm
- No. Seri : 911016

b. Dial Indikator



Gambar 3.5 Dial Indikator

- merk : Mitutoyo
 - no. kode : 2109F
 - type : BYC825
 - ketelitian : $1 \mu\text{m}$
- c. Penyangga



Gambar 3.6 Penyangga

- Merk : Kanetso
- Type : U.S.PAT 4251791
4329673

3.2 Perencanaan Eksperimen

Dalam penelitian ini ada tiga variabel yang akan diuji terhadap kesilindrisan benda kerja, dan masing-masing variabel memiliki dua dan empat taraf. Data yang dipakai dalam menentukan nilai dari variabel yang akan diuji ini berdasarkan rekomendasi setting mesin yang didapat dari buku panduan penggunaan mesin CNC Lathe tersebut. Setting variabel yang akan diamati sebagai berikut :

Tabel 3.1 Setting variabel percobaan

No	Parameter Pemotongan			
	Kedalaman Potong	Gerak Makan	Putaran Spindle	Kecepatan Potong
	a (mm)	f (mm/put)	n (rpm)	v (m/min)
1	0.2	0.05	2552	601
2	0.2	0.05	2679	631
3	0.2	0.05	2807	661
4	0.2	0.05	2934	691
5	0.2	0.1	2552	601
6	0.2	0.1	2679	631
7	0.2	0.1	2807	661
8	0.2	0.1	2934	691
9	0.2	0.15	2552	601
10	0.2	0.15	2679	631
11	0.2	0.15	2807	661
12	0.2	0.15	2934	691
13	0.2	0.2	2552	601
14	0.2	0.2	2679	631
15	0.2	0.2	2807	661

16	0.2	0.2	2934	691
17	0.4	0.05	2552	601
18	0.4	0.05	2679	631
19	0.4	0.05	2807	661
20	0.4	0.05	2934	691
21	0.4	0.1	2552	601
22	0.4	0.1	2679	631
23	0.4	0.1	2807	661
24	0.4	0.1	2934	691
25	0.4	0.15	2552	601
26	0.4	0.15	2679	631
27	0.4	0.15	2807	661
28	0.4	0.15	2934	691
29	0.4	0.2	2552	601
30	0.4	0.2	2679	631
31	0.4	0.2	2807	661
32	0.4	0.2	2934	691

Dengan pengolahan data secara statistik yaitu metode regresi berganda maka akan didapat suatu model regresi yang dapat menyatakan korelasi antara bentuk penyimpangan geometri benda kerja dan parameter pemotongannya.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Alir

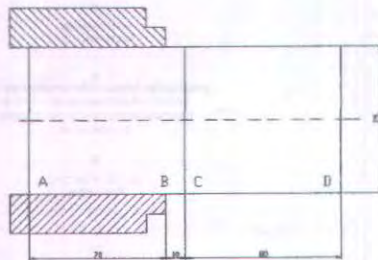
Diagram alir digunakan untuk memudahkan urutan dan langkah penelitian, di bawah ini digambarkan diagram alir percobaan dalam penelitian ini.



Gambar 3.7 Diagram Alir Percobaan

3.3.2 Penjelasan Diagram Alir

1. Studi Literatur dan Studi Lapangan
Untuk menunjang penelitian ini penulis melakukan studi literatur dari berbagai sumber buku pegangan dan melakukan observasi dilapangan untuk mencari mesin CNC yang mampu digunakan pada penelitian ini.
2. Menyiapkan material uji
 - Membuat potongan – potongan material dengan dimensi $d = 75$ mm dan $l = 160$ mm sebanyak 32 buah



Gambar 3.8 Posisi Spesimen Pada Proses Pemesinan

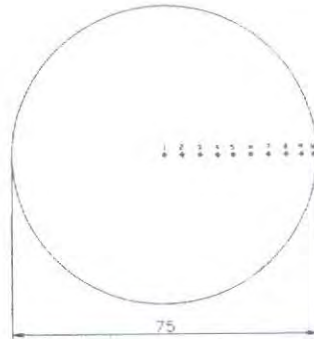
- Melakukan pengujian kekerasan terhadap material benda kerja.
3. Mempersiapkan mesin bubut CNC dan melakukan pembuatan struktur program untuk proses pemesinan benda kerja.
 4. Melakukan pengecekan terhadap struktur program, apakah program tersebut dapat berjalan sesuai yang dikehendaki atau tidak.
 5. Memasukkan variabel pemotongan sesuai dengan daftar tabel percobaan yang telah dibuat sebelumnya dan memasukkannya pada struktur program yang telah dicek. Proses pemotongan benda kerja yaitu sepanjang 80 mm pada setiap material uji.

6. Melakukan pengukuran kesilindrisan pada benda kerja hasil proses pemotongan dengan menggunakan metode senter meja.
7. Pengumpulan dan penganalisaan data hasil pengukuran kesilindrisan.
8. Penarikan kesimpulan

3.4 Pengambilan Data

3.4.1 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada bahan dilakukan pada 10 titik yang berbeda pada permukaan bahan, seperti pada gambar 3.9 berikut ini :



Gambar 3.9 Posisi Pengujian kekerasan Pada Bahan

Dari pengujian kekerasan pada bahan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data Pengujian Kekerasan

Posisi	Beban (kg)	Dial Indikator (mm)	d1 (mm)	d2 (mm)	d rata-rata (mm)	HBN
1	30	1	0,53	0,53	0,53	126
2	30	1	0,54	0,54	0,54	121
3	30	1	0,53	0,53	0,53	126
4	30	1	0,54	0,54	0,54	121
5	30	1	0,54	0,54	0,54	121
6	30	1	0,54	0,54	0,54	121
7	30	1	0,53	0,53	0,53	126
8	30	1	0,55	0,55	0,55	116
9	30	1	0,52	0,52	0,52	131
10	30	1	0,52	0,52	0,52	131
HBN rata²						124

Dari nilai kekerasan HBN rata - rata tersebut dapat dicari korelasi antara kekuatan tarik dan kekerasan^[8], yaitu :

$$\sigma_u = 2,93HBN^{1,03} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

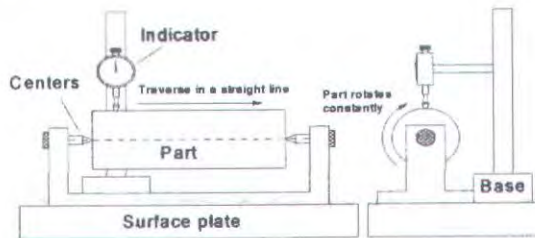
Sehingga diketahui nilai kekuatan tarik benda kerja sebesar 419,848 N/mm² atau 42,842 kgf/mm²

3.4.2 Uji Kesilindrisan

Adapun prosedur pengukuran dalam pengujian kesilindrisan ini adalah :

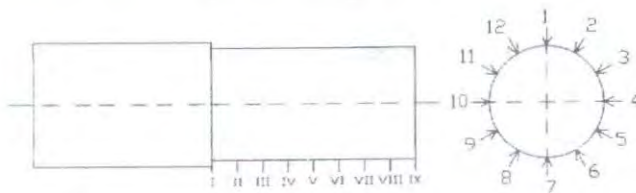
1. Mempersiapkan benda kerja hasil proses pemesinan
2. Mempersiapkan alat ukur berupa meja senter, dial indikator dan dudukan penyangga.

3. Merakit alat ukur dan benda kerja (seperti pada gambar 3.10.)



Gambar 3.10 Susunan Alat Uji Kesilindrisan

4. Atur posisi jam ukur pada posisi yang tepat dan jarum di-set pada titik tertentu (misal nol).
5. Putar benda uji 360° , pada setiap posisi yang berbeda 30° (12 posisi) harga yang ditunjukkan oleh dial indikator dicatat kemudian digeser pada 9 (sembilan) titik yang berbeda (seperti pada gambar 3.11.)



Gambar 3.11 Posisi Pengukuran

3.4.3 Data Percobaan

Data percobaan ini didapat dari hasil pengukuran benda uji hasil proses pemesinan dengan menggunakan mesin CNC Lathe "YCM" tipe GT-250 A. Proses pengukuran kesilindrisan dilakukan dengan menggunakan meja senter dan dial indikator dengan ketelitian $1 \mu\text{m}$.

3.4.3.1 Data Hasil Pengukuran Kesilindrisan Untuk $a = 0,2$ mm

Pengukuran kesilindrisan untuk benda uji hasil proses pemotongan dilakukan di Lab. Metrologi Teknik Mesin ITS, adapun data – data yang didapat adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Data Pengujian Kesilindrisan Untuk $a = 0,2$ mm

f (mm/put) v (m/min)	0,05	0,10	0,15	0,20
	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)			
601	111	138	152	160
631	93	114	128	140
661	85	110	126	133
691	83	103	123	129

3.4.3.2 Data Hasil Pengukuran Kesilindrisan Untuk $a = 0,4$ mm

Pengukuran kesilindrisan untuk benda uji hasil proses pemotongan dilakukan di Lab. Metrologi Teknik Mesin ITS, adapun data – data yang didapat adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Data Pengujian Kesilindrisan Untuk $a = 0,4 \text{ mm}$

f (mm/put) v (m/min)	0,05	0,10	0,15	0,20
	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)			
601	226	299	330	368
631	178	235	294	322
661	153	233	283	315
691	145	212	265	279

3.4.3.3 Harga Kesilindrisan Berdasarkan Perbandingan L/D

Tabel 3.5 Untuk $a = 0,2 \text{ mm}$ (dalam μm)

L/D		0.13	0.27	0.4	0.53	0.67	0.8	0.93	1.07	1.2
f (mm/put)	v (m/min)	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
0.05	601	5	9	18	27	39	51	65	85	111
	631	5	8	17	26	38	49	63	78	93
	661	5	6	17	26	37	48	61	73	85
	691	5	6	15	24	36	46	58	70	83
0.1	601	6	11	21	33	47	62	81	103	138
	631	6	11	20	31	45	59	75	93	114
	661	5	10	20	29	44	58	73	90	110
	691	5	9	19	25	41	57	71	84	103
0.15	601	6	13	25	39	56	73	92	115	152
	631	6	12	23	36	52	68	86	107	128
	661	6	11	23	35	50	66	84	104	126
	691	6	11	22	34	49	65	82	101	123
0.2	601	7	14	28	48	68	83	104	133	160
	631	7	13	26	41	59	77	98	117	140
	661	6	11	24	39	59	75	94	114	133
	691	6	11	24	38	55	72	89	109	129

3.4.3.4 Harga Kesilindrisan Berdasarkan Perbandingan L/D

Tabel 3.6 Untuk $a = 0,4 \text{ mm}$ (dalam μm)

L/D		0.13	0.27	0.4	0.53	0.67	0.8	0.93	1.07	1.2
f (mm/put)	v (m/min)	Perryimpangan Kesilindrisan (μm)								
0.05	601	10	23	34	52	74	98	133	164	226
	631	10	15	33	50	69	92	118	147	178
	661	9	14	31	48	69	92	116	128	153
	691	9	14	30	47	68	87	98	116	145
0.1	601	12	25	45	69	100	133	166	227	299
	631	11	21	42	65	93	123	156	193	235
	661	11	20	42	63	91	120	152	184	233
	691	10	19	39	61	87	115	145	171	212
0.15	601	14	31	61	96	132	163	205	256	330
	631	13	27	53	82	121	155	196	239	294
	661	13	25	51	79	112	148	186	231	283
	691	12	24	48	79	107	141	178	222	265
0.2	601	15	36	65	101	146	192	242	291	368
	631	15	30	61	96	138	182	229	275	322
	661	14	30	60	92	138	175	221	257	315
	691	14	27	57	89	128	169	201	239	279

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Tinjauan Umum Analisa Data

Pembahasan data pada eksperimen ini adalah mencari pola hubungan matematis dan menyelidiki pola hubungan antara 3 variabel bebas yaitu Kecepatan Potong, gerak makan dan kedalaman potong terhadap variabel respon yaitu Kesilindrisan.

Data percobaan yang diperoleh dianalisa dengan metode analisa *Regresi Berganda*, setelah didapatkan taksiran persamaan regresinya lalu diuji parameter persamaan secara serentak maupun individu dan dianalisa residunya. Dari model yang didapatkan persamaan regresi non linier hubungan pengaruh Kecepatan Potong, Gerak Makan dan Kedalaman Potong terhadap variabel respon yaitu kesilindrisan. Untuk mempercepat dan mempermudah perhitungan maka digunakan bantuan perangkat software minitab yang merupakan software khusus untuk statistika.

4.2 Analisa Regresi Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm

4.2.1 Analisa Regresi Berganda

Untuk Mengetahui hubungan empiris antara Kecepatan Potong, gerak makan dan kedalaman potong terhadap variabel respon yaitu Kesilindrisan. seperti yang diterangkan pada tinjauan pustaka maka diasumsikan model regresinya adalah regresi berganda, dimana data percobaan yang didapat dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 4.1 Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm

Regression Analysis: ln_cd versus ln_a; ln_f; ln_v

The regression equation is

$$\ln_{cd} = 16.7 + 0.306 \ln_f - 1.75 \ln_v$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	16.739	1.353	12.37	0.000
ln_f	0.30567	0.02088	14.64	0.000
ln_v	-1.7453	0.2090	-8.35	0.000

S = 0.04348 R-Sq = 95.6% R-Sq(adj) = 94.9%

Dari persamaan regresi, diperoleh nilai R-Square = 95,6 %, hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi tersebut dapat menjelaskan 95,6 % dari data yang ada.

Kemudian ditransformasikan ke persamaan sebenarnya :

$$\beta_0 = \ln(\beta) = 16,7, \text{ maka } \beta = 17894429,12$$

$$\beta_1 = 0,306 \quad \text{maka } m = 0,306$$

$$\beta_2 = -1,75 \quad \text{maka } n = -1,75$$

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 17894429,12 \cdot f^{0,306} \cdot v^{-1,75}$$

4.2.2 Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak

Pengujian ini berguna untuk menentukan apakah ada hubungan antara variable tidak bebas Y (kesilindrisan) dengan variable bebas X_i (Kecepatan Potong, Gerak Makan dan Kedalaman Potong). Model regresi perlu diuji dengan analisa variasi regresi penuh dan uji β_1 serentak untuk mengetahui apakah model regresi diterima atau ditolak. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan F ratio dan F tabel ($F_{\alpha, k, n-k-1}$).

Untuk pengujian ini hipotesanya adalah :

1. $H_0 : \beta_i = 0$
2. $H_0 : \beta_i \neq 0$
3. Taraf Signifikan (α) = 0.05
4. Wilayah kritik : $F_{hitung} > F_{tabel} ; F_{hitung} > (F_{0.05,2,13})$
5. Statistik uji :

Dari software minitab didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2 Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong
0,2 mm

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	0.53706	0.26853	142.01	
Residual Error	13	0.02458	0.00189		
Total	15	0.56164			

6. Kesimpulan :

Dari F_{tabel} ($F_{0.05,2,13}$) didapatkan F_{tabel} sebesar 3,81 sehingga dapat disimpulkan $F_0(142,01) > F_{tabel}(3,81) = \text{tolak } H_0$, yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variable tidak bebas Y_i (respon) atau dikatakan model signifikan
Hipotesa uji serentak :

$F_0 > F_{tabel}$: Tolak H_0 yang berarti paling sedikit variable bebas X_i berpengaruh pada variable tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model signifikan.

$F_0 < F_{tabel}$: Terima H_0 yang berarti paling sedikit variable bebas X_i tidak berpengaruh pada variable tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model tidak signifikan.

4.2.3 Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_i Secara Individu.

Pengujian ini berguna untuk menentukan penting tidaknya variabel bebas dimasukkan ke dalam model regresi dengan kata lain apakah koefisien dari variable bebas berpengaruh terhadap respon (variabel tidak bebas).

Hipotesa untuk pengujian koefisien - koefisien regresi secara individu adalah sebagai berikut :

$|t_0| > t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) ditolak berarti variable bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

$|t_0| < t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) diterima berarti variable bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

Dari tabel anova dapat dilihat bahwa untuk gerak makan didapatkan bahwa $t_0(t_{hitung})$ sebesar 14,64 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;15}$) didapatkan 1,753 sehingga $t_0(14,64) > t_{tabel}$ (1,753) maka dapat dikatakan variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut. Untuk kecepatan potong didapatkan $t_0(t_{hitung})$ sebesar -8,35 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;15}$) didapatkan 1,753 sehingga t_0 (-6,06) $< t_{tabel}$ (1,753) maka dapat dikatakan variable bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

4.2.4 Pengujian Kecocokan Model

4.2.4.1 Koefisien Determinasi Berganda

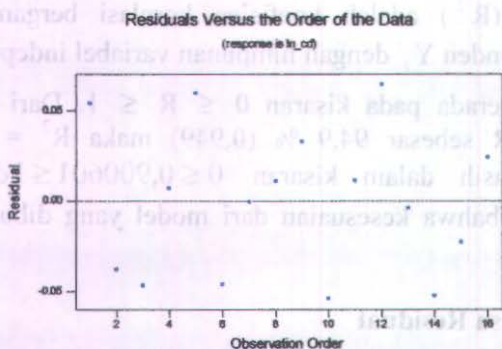
Perbandingan variasi terhadap variasi totalnya dinyatakan dengan suatu koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui kesesuaian dari model yang dibuat. Jadi koefisien

determinasi (R^2) adalah koefisien korelasi berganda antara variabel dependen Y_i dengan himpunan variabel independen X_i . Harga R^2 berada pada kisaran $0 \leq R \leq 1$. Dari tabel 4.5. didapatkan R sebesar 94,9 % (0,949) maka $R^2 = 0,900601$ sehingga masih dalam kisaran $0 \leq 0,900601 \leq 1$ dan dapat disimpulkan bahwa kesesuaian dari model yang dibuat sebesar 94,9 %.

4.2.4.2 Analisa Residual

Residual didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai pengamatan (Y) dengan nilai taksiran (\hat{Y}) setelah model yang sesuai ditetapkan. Secara matematis dapat dituliskan $e = Y_i - \hat{Y}_i$, oleh sebab itu dalam pengerjaan suatu model hendaknya asumsi terhadap residual harus dipenuhi terlebih dahulu, adapun asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu dan asumsi yang harus didapat pada residual adalah sebagai berikut : identik, independent, dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol.

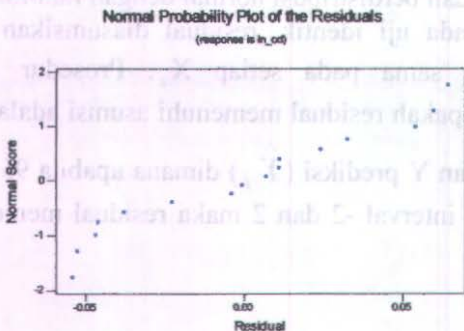
Pada uji identik, residual diasumsikan mempunyai varians yang sama pada setiap X_i . Prosedur untuk dapat menentukan apakah residual memenuhi asumsi adalah dibuat plot antara e dengan Y prediksi (\hat{Y}_i) dimana apabila 95 % hasil plot berada dalam interval -2 dan 2 maka residual memenuhi asumsi identik.



Gambar 4.1 Grafik Residual Terhadap Data Observasi pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm

Terlihat plot residual dan observasi data pada taraf kepercayaan 95%. Dari grafik diatas dapat dikatakan model regresi memenuhi syarat identik.

Untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, maka dilakukan uji normal, pengujian ini dilakukan dengan membuat plot antara probabilitas normal dengan residual.



Gambar 4.2 Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm

Terlihat pada hasil observasi terletak disekitar garis lurus maka dapat dikatakan bahwa residual berdistribusi normal.

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 17894429,12 \cdot f^{0,306} \cdot v^{-1,75}$$

4.3 Analisa Regresi Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm

4.3.1 Analisa Regresi Berganda

Untuk mengetahui hubungan empiris antara kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong terhadap variabel respon yaitu kesilindrisan. seperti yang diterangkan pada tinjauan pustaka diasumsikan model regresinya adalah regresi berganda, dimana data percobaan yang didapat dapat dilihat dari tabel 3.4.

Tabel 4.3 Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm

Regression Analysis: ln_cd versus ln_a; ln_f; ln_v

The regression equation is

$$\ln_{cd} = 20.7 + 0.451 \ln_f - 2.20 \ln_v$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	20.732	1.784	11.62	0.000
ln_f	0.45065	0.02753	16.37	0.000
ln_v	-2.1977	0.2756	-7.98	0.000

S = 0.05733

R-Sq = 96.2%

R-Sq(adj) = 95.6%

Dari persamaan regresi, diperoleh nilai R-Square = 96,2 %, hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi tersebut dapat menjelaskan 96,2 % dari data yang ada.

Kemudian ditransformasikan ke persamaan sebenarnya :

$$\beta_0 = \ln(\beta) = 20,7, \text{ maka } \beta = 977002725,8$$

$$\beta_1 = 0,451 \text{ maka } m = 0,451$$

$$\beta_2 = -2,20 \text{ maka } n = -2,20$$

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 977002725,8 \cdot f^{0,451} \cdot v^{-2,20}$$

4.3.2 Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak

Pengujian ini berguna untuk menentukan apakah ada hubungan antara variable tidak bebas Y (kesilindrisan) dengan variable bebas X_i (Kecepatan Potong, Gerak Makan dan Kedalaman Potong). Model regresi perlu diuji dengan analisa variasi regresi penuh dan uji β_1 serentak untuk mengetahui apakah model regresi diterima atau ditolak. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan F ratio dan F table ($F_{\alpha, k, n-k-1}$).

Untuk pengujian ini hipotesanya adalah :

1. $H_0 : \beta_i = 0$
2. $H_0 : \beta_i \neq 0$
3. Taraf Signifikan (α) = 0.05
4. Wilayah kritik : $F_{hitung} > F_{tabel} ; F_{hitung} > (F_{0.05, 2, 13})$
5. Statistik uji :

Dari software minitab didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4 Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1.08979	0.54490	165.80	0.000
Residual Error	13	0.04272	0.00329		
Total	15	1.13252			

6. Kesimpulan :

Dari F_{tabel} ($F_{0.05, 2, 13}$) didapatkan F_{tabel} sebesar 3,81 sehingga dapat disimpulkan $F_0(165,80) > F_{tabel}(3,81) = \text{tolak } H_0$, yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) atau dikatakan model signifikan.
Hipotesa uji serentak :

- $F_0 > F_{tabel}$: Tolak H_0 yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model signifikan.
- $F_0 < F_{tabel}$: Terima H_0 yang berarti paling sedikit variable bebas X_i tidak berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model tidak signifikan.

4.3.3 Pengujian Koefisien - koefisien Regresi β_1 Secara Individu.

Pengujian ini berguna untuk menentukan penting tidaknya variabel bebas dimasukkan ke dalam model regresi dengan kata lain apakah koefisien dari variabel bebas berpengaruh terhadap respon (variabel tidak bebas).

Hipotesa untuk pengujian koefisien - koefisien regresi secara individu adalah sebagai berikut :

$|t_0| > t_{tabel}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) ditolak berarti variable bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

$|t_0| < t_{tabel}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) diterima berarti variable bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

Dari tabel anova dapat dilihat bahwa untuk gerak makan didapatkan bahwa $t_0(t_{hitung})$ sebesar 16,73 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;15}$) didapatkan 1,753 sehingga $t_0(16,73) > t_{tabel}$ (1,753) maka dapat dikatakan variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut. Untuk kecepatan potong didapatkan $t_0(t_{hitung})$ sebesar -7,98 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;15}$) didapatkan 1,753

sehingga $t_0 (-7,98) < t_{tabel} (1,753)$ maka dapat dikatakan variabel bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

4.3.4 Pengujian Kecocokan Model

4.3.4.1 Koefisien Determinasi Berganda

Perbandingan variasi terhadap variasi totalnya dinyatakan dengan suatu koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui kesesuaian dari model yang dibuat. Jadi koefisien determinasi (R^2) adalah koefisien korelasi berganda antara variable dependen Y_i dengan himpunan variable independen X_i .

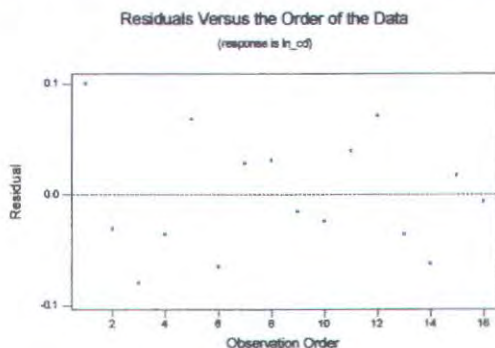
Harga R^2 berada pada kisaran $0 \leq R \leq 1$. Dari tabel 4.5. didapatkan R sebesar 95,6 % (0,956) maka $R^2 = 0,913936$ sehingga masih dalam kisaran $0 \leq 0,913936 \leq 1$ dan dapat disimpulkan bahwa kesesuaian dari model yang dibuat sebesar 95,6 %.

4.3.4.2 Analisa Residual

Residual didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai pengamatan (Y) dengan nilai taksiran (\hat{Y}) setelah model yang sesuai ditetapkan. Secara matematis dapat dituliskan $e = Y_i - \hat{Y}_i$, oleh sebab itu dalam pengerjaan suatu model hendaknya asumsi terhadap residual harus dipenuhi terlebih dahulu, adapun asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu dan asumsi yang harus didapat pada residual adalah sebagai berikut : identik, independent, dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol.

Pada uji identik, residual diasumsikan mempunyai varians yang sama pada setiap X_i . Prosedur untuk dapat menentukan apakah residual memenuhi asumsi adalah dibuat plot

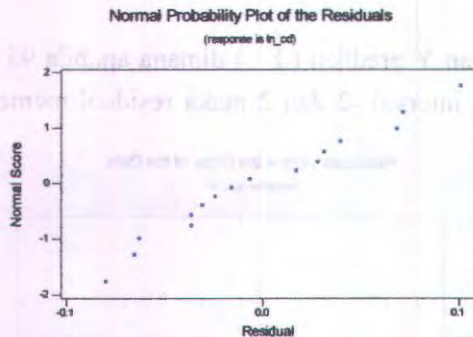
antara e dengan Y prediksi (\hat{Y}_i) dimana apabila 95 % hasil plot berada dalam interval -2 dan 2 maka residual memenuhi asumsi identik.



Gambar 4.3 Grafik Residual Terhadap Data Observasi pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm

Terlihat plot residual dan observasi data pada taraf kepercayaan 95%. Dari grafik diatas dapat dikatakan model regresi memenuhi syarat identik.

Untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, maka dilakukan uji normal, pengujian ini dilakukan dengan membuat plot antara probabilitas normal dengan residual.



Gambar 4.4 Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm

Terlihat pada hasil observasi terletak disekitar garis lurus maka dapat dikatakan bahwa residual berdistribusi normal.

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 977002725,8 \cdot f^{0,451} \cdot v^{-2,20}$$

4.4 Analisa Regresi L / D Bervariasi Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm

4.4.1 Analisa Regresi Berganda

Untuk Mengetahui hubungan empiris antara kecepatan potong, gerak makan dan L / D terhadap variabel respon yaitu kesilindrisan. seperti yang diterangkan pada tinjauan pustaka diasumsikan model regresinya adalah regresi berganda, dimana data percobaan yang didapat dapat dilihat dari tabel 3.5.

Tabel 4.5 Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Pada L / D Bervariasi
Regression Analysis: Ln_Cd versus Ln_f; Ln_v; Ln_L/D

The regression equation is

$$\text{Ln_Cd} = 12,8 + 0,314 \text{ Ln_f} - 1,18 \text{ Ln_v} + 1,43 \text{ Ln_L/D}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	12,751	1,386	9,20	0,000
Ln_f	0,31353	0,02139	14,66	0,000
Ln_v	-1,1785	0,2141	-5,50	0,000
Ln_L/D	1,42798	0,01631	87,56	0,000

S = 0,1336

R-Sq = 98,3%

R-Sq(adj) = 98,2%

Dari persamaan regresi, diperoleh nilai R-Square = 98,3 %, hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi tersebut dapat menjelaskan 98,3 % dari data yang ada.

Kemudian ditransformasikan ke persamaan sebenarnya :

$$\beta_0 = \ln(\beta) = 12,8, \text{ maka } \beta = 362217,4496$$

$$\beta_1 = 0,314 \quad \text{maka } m = 0,314$$

$$\beta_2 = -1,18 \text{ maka } n = -1,18$$

$$\beta_3 = 1,43 \text{ maka } o = 1,43$$

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk Kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$\text{Cd} = 362217,4496 \cdot f^{0,314} \cdot v^{-1,18} \cdot L/D^{1,43}$$

4.4.2 Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak

Pengujian ini berguna untuk menentukan apakah ada hubungan antara variabel tidak bebas Y (kesilindrisan) dengan variabel bebas X_i (kecepatan potong, gerak makan & L/D). Model regresi perlu diuji dengan analisa variasi regresi penuh dan uji β_1 serentak untuk mengetahui apakah model regresi diterima

atau ditolak. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan F ratio dan F tabel ($F_{\alpha, k, n-k-1}$).

Untuk pengujian ini hipotesanya adalah :

1. $H_0 : \beta_i = 0$

2. $H_0 : \beta_i \neq 0$

3. Taraf Signifikan (α) = 0.05

4. Wilayah kritik : $F_{hitung} > F_{tabel} ; F_{hitung} > (F_{0.05, 2, 13})$

5. Statistik uji :

Dari software minitab didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6 Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm L/D Bervariasi

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	141,282	47,094	2637,02	
Residual Error	140	2,500	0,018		
Total	143	143,782			

6. Kesimpulan :

Dari $F_{tabel} (F_{0.05, 3, 140})$ didapatkan F_{tabel} sebesar 2,60 sehingga dapat disimpulkan $F_0(2637,02) > F_{tabel} (2,60) = \text{tolak } H_0$, yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) atau dikatakan model signifikan.

Hipotesa uji serentak :

$F_0 > F_{tabel}$: Tolak H_0 yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model signifikan.

$F_0 < F_{tabel}$: Terima H_0 yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i tidak berpengaruh pada variabel tidak

bebas Y_i (respon) yang dikatakan model tidak signifikan.

4.4.3 Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_1 Secara Individu.

Pengujian ini berguna untuk menentukan penting tidaknya variabel bebas dimasukkan ke dalam model regresi dengan kata lain apakah koefisien dari variabel bebas berpengaruh terhadap respon (variabel tidak bebas).

Hipotesa untuk pengujian nyata beberapa koefisien regresi secara individu adalah sebagai berikut :

$|t_0| > t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) ditolak berarti variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

$|t_0| < t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) diterima berarti variabel bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

Dari tabel anova dapat dilihat bahwa untuk gerak makan didapatkan bahwa $t_0(t_{hitung})$ sebesar 14,66 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;143}$) didapatkan 1,645 sehingga $t_0(14,66) > t_{tabel}$ (1,645) maka dapat dikatakan variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut. Untuk kecepatan potong didapatkan $t_0(t_{hitung})$ sebesar -5,50 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;143}$) didapatkan 1,645 sehingga t_0 (-5,50) $< t_{tabel}$ (1,645) maka dapat dikatakan variabel bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut. Untuk L / D didapatkan bahwa $t_0(t_{hitung})$ sebesar 87,56 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05;143}$) didapatkan 1,645 sehingga

$t_0(87,56) > t_{tabel}(1,645)$ maka dapat dikatakan variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

4.4.4 Pengujian Kecocokan Model

4.4.4.1 Koefisien Determinasi Berganda

Perbandingan variasi terhadap variasi totalnya dinyatakan dengan suatu koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui kesesuaian dari model yang dibuat. Jadi koefisien determinasi (R^2) adalah koefisien korelasi berganda antara variable dependen Y_i dengan himpunan variable independen X_i .

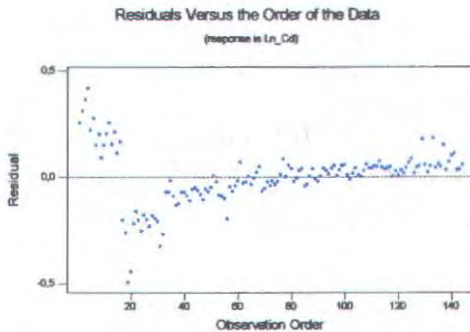
Harga R^2 berada pada kisaran $0 \leq R \leq 1$. Dari tabel 4.9. didapatkan R sebesar 98,2 % (0,982) maka $R^2 = 0,964324$ sehingga masih dalam kisaran $0 \leq 0,964324 \leq 1$ dan dapat disimpulkan bahwa kesesuaian dari model yang dibuat sebesar 98,2 %.

4.4.4.2 Analisa Residual

Residual didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai pengamatan (Y) dengan nilai taksiran (\hat{Y}) setelah model yang sesuai ditetapkan. Secara matematis dapat dituliskan $e = Y_i - \hat{Y}_i$, oleh sebab itu dalam pengerjaan suatu model hendaknya asumsi terhadap residual harus dipenuhi terlebih dahulu, adapun asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu dan asumsi yang harus didapat pada residual adalah sebagai berikut : identik, independent, dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol.

Pada uji identik, residual diasumsikan mempunyai varians yang sama pada setiap X_i . Prosedur untuk dapat menentukan apakah residual memenuhi asumsi adalah dibuat plot antara e dengan Y prediksi (\hat{Y}_i) dimana apabila 95 % hasil plot

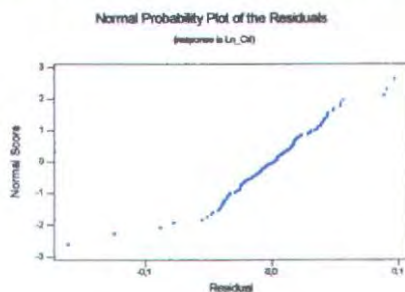
berada dalam interval -2 dan 2 maka residual memenuhi asumsi identik



Gambar 4.5 Grafik Residual Terhadap Data Observasi Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Dan L / D Bervariasi

Terlihat plot residual dan observasi data pada taraf kepercayaan 95%. Dari grafik diatas dapat dikatakan model regresi memenuhi syarat identik.

Untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, maka dilakukan uji normal, pengujian ini dilakukan dengan membuat plot antara probabilitas normal dengan residual.



Gambar 4.6 Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,2 mm Dan L / D Bervariasi

Terlihat pada hasil observasi terletak disekitar garis lurus maka dapat dikatakan bahwa residual berdistribusi normal.

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk Kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 362217,4496 \cdot f^{0,314} \cdot v^{-1,18} \cdot L / D^{1,43}$$

4.5 Analisa Regresi L / D Bervariasi Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm

4.5.1 Analisa Regresi Berganda

Untuk Mengetahui hubungan empiris antara kecepatan potong, gerak makan dan L / D terhadap variabel respon yaitu Kesilindrisan. seperti yang diterangkan pada tinjauan pustaka diasumsikan model regresinya adalah regresi berganda, dimana data percobaan yang didapat dapat dilihat dari tabel 3.6.

Tabel 4.7 Taksiran Model Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm Pada L / D Bervariasi

Regression Analysis: Ln_Cd versus Ln_f; Ln_v; Ln_L/D

The regression equation is

$$\text{Ln_Cd} = 15,1 + 0,453 \text{ Ln_f} - 1,37 \text{ Ln_v} + 1,42 \text{ Ln_L/D}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	15,057	1,170	12,87	0,000
Ln_f	0,45339	0,01805	25,11	0,000
Ln_v	-1,3708	0,1807	-7,59	0,000
Ln_L/D	1,41893	0,01377	103,08	0,000

S = 0,1128

R-Sq = 98,8%

R-Sq(adj) = 98,8%

Dari persamaan regresi, diperoleh nilai R-Square = 98,8 %, hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi tersebut dapat menjelaskan 98,8 % dari data yang ada.

Kemudian ditransformasikan ke persamaan sebenarnya :

$$\beta_0 = \ln(\beta) = 15,1, \text{ maka } \beta = 3612822,931$$

$$\beta_1 = 0,453 \text{ maka } m = 0,453$$

$$\beta_2 = -1,37 \text{ maka } n = -1,37$$

$$\beta_3 = 1,42 \text{ maka } o = 1,42$$

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk Kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 3612822,931 \cdot f^{0,453} \cdot v^{-1,37} \cdot L / D^{1,42}$$

4.5.2 Pengujian Parameter β_1 Secara Serentak

Pengujian berguna untuk menentukan apakah ada hubungan antara variabel tidak bebas Y (kesilindrisan) dengan variabel bebas X_i (Kecepatan Potong, Gerak Makan & L/D). Model regresi perlu diuji dengan analisa variasi regresi penuh dan uji β_1 serentak untuk mengetahui apakah model regresi diterima atau ditolak. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan F ratio dan F tabel ($F_{\alpha, k, n-k-1}$).

Untuk pengujian ini hipotesanya adalah :

1. $H_0 : \beta_i = 0$

2. $H_0 : \beta_i \neq 0$

3. Taraf Signifikan (α) = 0.05

4. Wilayah kritik : $F_{hitung} > F_{tabel} ; F_{hitung} > (F_{0,05,2,13})$

5. Statistik uji :

Dari software minitab didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 Analisa Regresi Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm L / D Bervariasi

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F
P				
Regression	3	143,928	47,976	3771,22
0,000				
Residual Error	140	1,781	0,013	
Total	143	145,709		

6. Kesimpulan :

Dari F_{tabel} ($F_{0,05,3,140}$) didapatkan F_{tabel} sebesar 2,60 sehingga dapat disimpulkan $F_0(3771,22) > F_{tabel}(2,60) = \text{tolak } H_0$, yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) atau dikatakan model signifikan.

Hipotesa uji serentak :

$F_0 > F_{tabel}$: Tolak H_0 yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model signifikan.

$F_0 < F_{tabel}$: Terima H_0 yang berarti paling sedikit variabel bebas X_i tidak berpengaruh pada variabel tidak bebas Y_i (respon) yang dikatakan model tidak signifikan.

4.5.3 Pengujian Koefisien-koefisien Regresi β_1 Secara Individu.

Pengujian ini berguna untuk menentukan penting tidaknya variabel bebas dimasukkan ke dalam model regresi dengan kata lain apakah koefisien dari variabel bebas berpengaruh terhadap respon (variabel tidak bebas).

Hipotesa untuk pengujian koefisien - koefisien secara individu adalah sebagai berikut :

$|f_0| > t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) ditolak berarti variable bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

$|f_0| < t_{table}$: Hipotesa nol ($H_0 : \beta_i = 0$) diterima berarti variable bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

Dari tabel anova dapat dilihat bahwa untuk gerak makan didapatkan bahwa $t_0(t_{hitung})$ sebesar 25,11 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05,143}$) didapatkan 1,645 sehingga $t_0(25,11) > t_{tabel}(1,645)$ maka dapat dikatakan variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut. Untuk kecepatan potong didapatkan $t_0(t_{hitung})$ sebesar -7,59 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05,143}$) didapatkan 1,645 sehingga $t_0(-7,59) < t_{tabel}(1,645)$ maka dapat dikatakan variabel bebas X_i tidak memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut. Untuk L / D didapatkan bahwa $t_0(t_{hitung})$ sebesar 103,08 dan pada t_{tabel} ($t_{0,05,143}$) didapatkan 1,645 sehingga $t_0(103,08) > t_{tabel}(1,645)$ maka dapat dikatakan variabel bebas X_i memberi pengaruh yang nyata pada model tersebut.

4.5.4 Pengujian Kecocokan Model

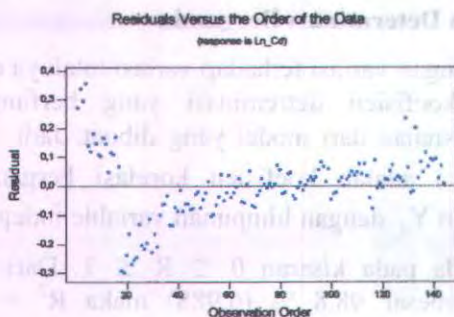
4.5.4.1 Koefisien Determinasi Berganda

Perbandingan variasi terhadap variasi totalnya dinyatakan dengan suatu koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui kesesuaian dari model yang dibuat. Jadi koefisien determinasi (R^2) adalah koefisien korelasi berganda antara variable dependen Y_i dengan himpunan variable independen X_i . Harga R^2 berada pada kisaran $0 \leq R \leq 1$. Dari tabel 4.9. didapatkan R sebesar 98,8 % (0,988) maka $R^2 = 0,976144$ sehingga masih dalam kisaran $0 \leq 0,976144 \leq 1$ dan dapat disimpulkan bahwa kesesuaian dari model yang dibuat sebesar 98,8 %.

4.5.4.2 Analisa Residual

Residual didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai pengamatan (Y) dengan nilai taksiran (\hat{Y}) setelah model yang sesuai ditetapkan. Secara matematis dapat dituliskan $e = Y_i - \hat{Y}_i$, oleh sebab itu dalam pengerjaan suatu model hendaknya asumsi terhadap residual harus dipenuhi terlebih dahulu, adapun asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu dan asumsi yang harus didapat pada residual adalah sebagai berikut : identik, independent, dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol.

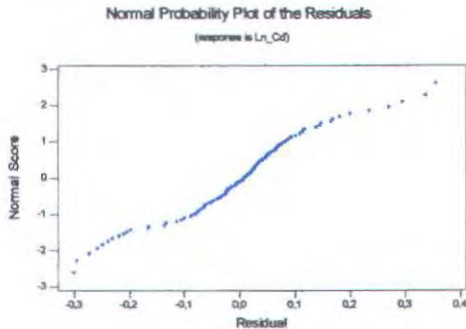
Pada uji identik, residual diasumsikan mempunyai varians yang sama pada setiap X_i . Prosedur untuk dapat menentukan apakah residual memenuhi asumsi adalah dibuat plot antara e dengan Y prediksi (\hat{Y}_i) dimana apabila 95 % hasil plot berada dalam interval -2 dan 2 maka residual memenuhi asumsi identik



Gambar 4.7 Grafik Residual Terhadap Data Observasi Pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm Dan L/D Bervariasi

Terlihat plot residual dan observasi data pada taraf kepercayaan 95%. Dari grafik diatas dapat dikatakan model regresi memenuhi syarat identik.

Untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal, maka dilakukan uji normal, pengujian ini dilakukan dengan membuat plot antara probabilitas normal dengan residual.



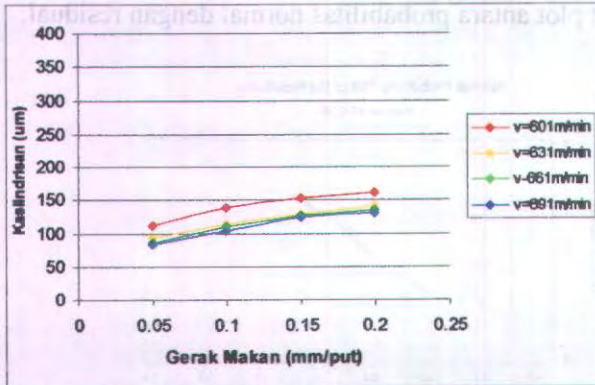
Gambar 4.8 Grafik Residual Terhadap Probabilitas Normal pada Kesilindrisan Untuk Kedalaman Potong 0,4 mm Dan L / D Bervariasi

Terlihat pada hasil observasi terletak disekitar garis lurus maka dapat dikatakan bahwa residual berdistribusi normal.

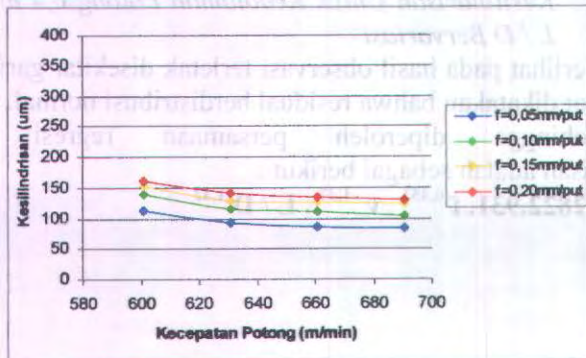
Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk Kesilindrisan adalah sebagai berikut :

$$Cd = 3612822,931 \cdot f^{0,453} \cdot v^{-1,37} \cdot L / D^{1,42}$$

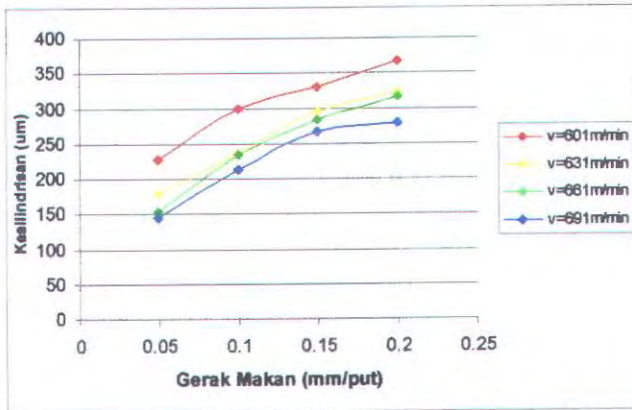
4.6 Grafik



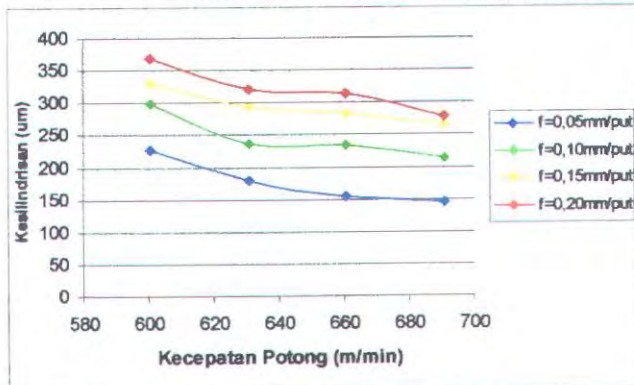
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Gerak Makan Terhadap Kesilindrisa (Kedalaman Potong 0,2 mm dan Kecepatan Potong Konstan)



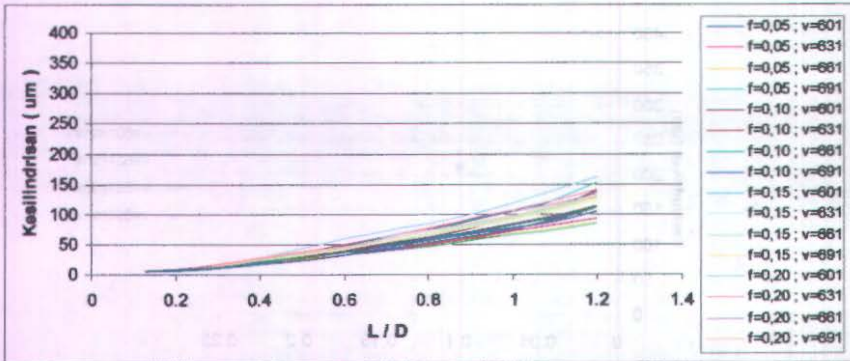
Gambar 4.10. Grafik Hubungan Kecepatan Potong Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,2 mm dan Gerak Makan Konstan)



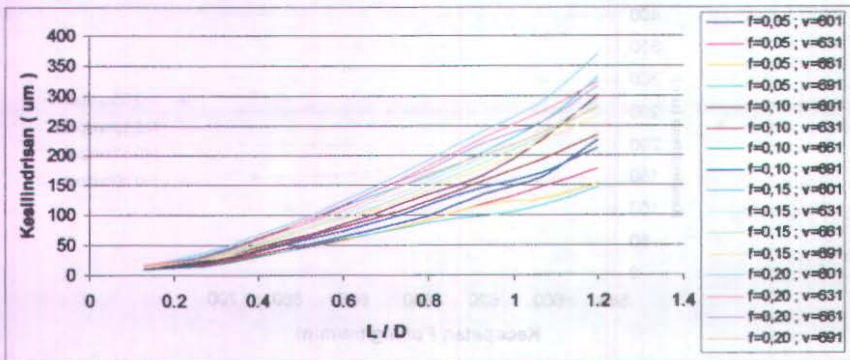
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Gerak Makan Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,4 mm dan Kecepatan Potong Konstan)



Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kecepatan Potong Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,4 mm dan Gerak Makan Konstan)



Gambar 4.13. Grafik Hubungan L /D Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,2 mm)



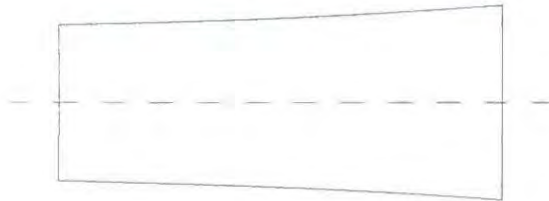
Gambar 4.14. Grafik Hubungan L /D Terhadap Kesilindrisan (Kedalaman Potong 0,4 mm)

4.6 Analisa Grafik

Dari gambar 4.9 dan 4.11 terlihat bahwa penyimpangan kesilindrisan semakin naik dengan semakin bertambahnya gerak makan dan kedalaman potong. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya kedalaman potong dan gerak makan maka gaya tangensial F_y yang terjadi akan semakin membesar. Akibatnya gaya radial F_x ikut membesar yang menyebabkan lenturan pada benda kerja semakin besar pula. Lenturan dari benda kerja ini mengakibatkan penyimpangan kesilindrisan membesar hal ini menyebabkan benda kerja menjadi semakin tidak silindris.

Dari gambar 4.10 dan 4.12 terlihat bahwa penyimpangan kesilindrisan akan semakin menurun dengan bertambahnya kecepatan potong. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya kecepatan potong maka temperatur pemotongan akan semakin naik akibatnya kekuatan logam akan melemah sehingga gaya potong akan menurun pula.

Lenturan dari benda kerja juga berpengaruh terhadap kesilindrisan, hal itu dapat dilihat di gambar 4.13 dan 4.14. Semakin panjang benda kerja maka penyimpangan kesilindrisan yang dihasilkannya juga semakin besar.



Gambar 4.15 Bentuk Geometri Hasil Bubut Tanpa Tailstock

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisa regresi maka didapat permodelan yang menunjukkan hubungan antara parameter pemotongan (gerak makan (f) dan kecepatan potong (v)) dengan kesilindrisan yang dihasilkan, yaitu :
 - Untuk $a = 0,2$ mm
$$C_d = 17894429,12 \cdot f^{0,306} \cdot v^{-1,75}$$
 - Untuk $a = 0,4$ mm
$$C_d = 977002725,8 \cdot f^{0,451} \cdot v^{-2,20}$$
2. Berdasarkan analisa regresi maka didapat permodelan yang menunjukkan hubungan antara gerak makan (f), kecepatan potong (v) dan L/D dengan kesilindrisan yang dihasilkan, yaitu :
 - Untuk $a = 0,2$ mm
$$C_d = 362217,4496 \cdot f^{0,314} \cdot v^{-1,18} \cdot L/D^{1,43}$$
 - Untuk $a = 0,4$ mm
$$C_d = 3612822,931 \cdot f^{0,453} \cdot v^{-1,37} \cdot L/D^{1,42}$$
3. Dari persamaan regresi tersebut dapat diterangkan bahwa gerak makan mempunyai pengaruh yang besar terhadap kesilindrisan benda kerja dibandingkan dengan kecepatan potong. Untuk kedalaman potong yang semakin besar, maka semakin besar pula kesilindrisan yang dihasilkan.
4. Pada kondisi parameter diatas dengan batasan $L/D = 0,13$ sampai dengan $L/D = 1,2$ disimpulkan bahwa dengan semakin besarnya harga L/D maka kesilindrisan yang terjadi juga semakin besar.

5. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa parameter pemotongan yang meliputi gerak makan, kecepatan potong dan kedalaman potong berpengaruh terhadap harga kesilindrisan produk. Dengan meningkatkan gerak makan dan kedalaman potong maka harga kesilindrisan yang dihasilkan makin besar sedangkan dengan meningkatkan kecepatan potong maka harga kesilindrisannya akan berkurang.

5.2 Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kesilindrisan produk pada kondisi permesinan dan material yang berlainan serta jumlah sampel percobaan yang lebih banyak agar didapat model persamaan yang lebih mendekati kondisi yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Griffith, G.K. 1994. **Geometric Dimensioning and Tolerancing Applications and Inspection**. Second Edition : Prentice Hall
- Hines, W.W., and Montgomery, D.C. 1989. **Probabilitas dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen**. UI Press. : Jakarta.
- Hollebrandse, J.J. 1988. **Teknik Pemrograman dan Aplikasi CNC**. PT Rosda Jayaputra : Jakarta.
- Jutz Hermann, and Scharkus Eduard. 1984. **Westerman Table For The Metal Trade**. Wiley Eastern Limited : New Delhi.
- Kyocera. 2005. **Cermet Innovation**. Ceratip : Japan.
- Kalpakjian, S. 1995. **Manufakturing Engineering and Technology**. Addison Wesley Publishing Company : Chicago.
- Rosehan. 2001. **Pengaruh Kecepatan Potong Tinggi Terhadap Kualitas Permukaan Benda Kerja pada Proses Bubut**. Poros. Vol. 4 No. 2.
- Rochim Taufiq, dan Sri Hardjoko W. 1985. **Spesifikasi Geometris Metrologi Industri dan Kontrol Kualitas**. FTI ITB : Bandung.
- Rochim Taufiq. 1993. **Teori & Teknologi Proses Pemesinan**. FTI ITB : Bandung.
- Spiegel Murray R. 1988. **Statistika**. Erlangga : Jakarta.
- Tim Anugerah Sistema Perkasa. 2006. **Panduan Operasional CNC Bubut YCM Supermax**. YCM.

POSISI TITIK PENGUKURAN KESILINDRISAN



Posisi Membujur

Posisi Melingkar

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

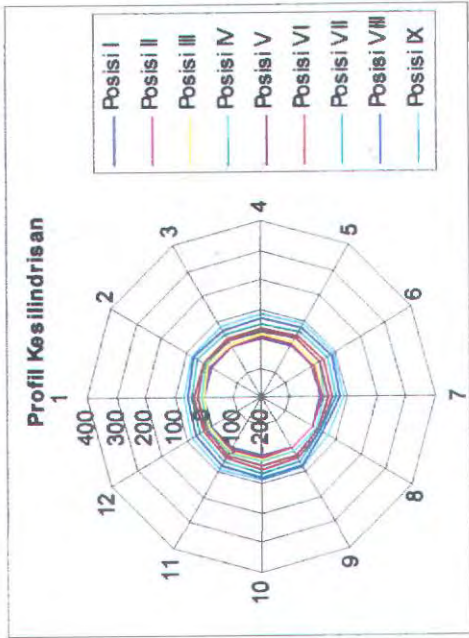
Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	8	14	33	37	60	65	70
2	0	6	16	23	34	40	60	66	74
3	1	7	17	25	34	41	61	75	84
4	2	8	17	20	33	48	63	77	94
5	0	9	18	26	35	49	65	68	85
6	3	8	18	27	39	51	65	80	96
7	5	9	17	27	37	50	65	85	111
8	2	8	17	25	27	45	64	79	92
9	1	8	16	24	35	50	63	77	79
10	0	7	14	25	33	48	63	77	90
11	1	8	16	26	30	40	64	79	94
12	0	0	14	20	34	39	61	69	75

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	5	9	21	34	46	55	70	85
2	0	0	5	14	21	34	49	64	81
3	0	7	14	22	33	46	58	71	89
4	5	8	17	26	38	49	63	78	93
5	4	5	11	21	33	45	57	68	88
6	0	2	10	16	27	33	42	53	75
7	4	6	9	21	34	46	54	70	83
8	3	5	9	25	35	44	51	72	86
9	5	8	17	26	38	49	61	75	90
10	2	7	15	24	32	44	60	69	87
11	0	0	7	18	26	37	56	66	77
12	0	6	10	23	33	48	59	71	89

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	0	10	19	34	39	54	69
2	0	5	15	21	28	37	55	70	75
3	0	2	9	20	24	31	51	65	78
4	1	5	15	19	30	35	48	69	80
5	3	5	14	25	36	41	58	71	82
6	5	6	17	26	37	48	61	73	85
7	2	6	14	17	28	38	55	67	80
8	0	1	11	15	24	29	35	40	64
9	0	3	11	16	34	44	56	69	79
10	2	6	17	24	37	48	60	73	85
11	3	6	14	20	32	44	57	69	82
12	0	5	10	17	21	35	49	65	78



Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	4	14	21	34	42	51	60	77
2	0	0	10	16	28	36	45	58	73
3	3	5	14	23	36	46	58	70	83
4	1	4	11	21	33	40	56	67	72
5	5	6	15	24	36	47	57	70	80
6	2	6	14	24	36	42	55	70	83
7	0	2	15	23	33	39	56	69	81
8	0	2	6	17	25	29	37	60	75
9	0	0	4	16	24	29	35	53	61
10	2	6	12	24	36	44	58	69	83
11	1	4	12	22	31	39	53	68	80
12	0	2	11	19	34	41	49	61	78

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	4	16	24	32	61	69	94	114
2	3	10	20	33	45	62	81	102	138
3	0	3	12	30	42	59	74	99	110
4	0	0	9	18	27	40	64	95	111
5	1	10	15	24	36	49	60	92	127
6	1	9	12	24	33	45	61	92	116
7	0	7	15	25	39	59	64	91	106
8	6	12	21	33	47	62	81	103	138
9	3	12	20	31	45	62	77	99	127
10	2	9	19	29	42	59	73	94	120
11	0	4	16	25	36	60	70	89	111
12	1	8	16	25	32	59	70	94	115

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	8	19	28	34	65	85	104
2	0	5	13	22	33	46	69	84	109
3	2	10	18	29	45	59	75	93	114
4	6	11	20	31	45	57	76	90	110
5	1	9	17	27	39	45	67	87	105
6	0	5	14	21	30	45	66	81	99
7	0	3	10	21	29	41	65	79	95
8	3	9	19	28	42	55	75	93	110
9	0	8	16	26	38	51	74	92	110
10	4	11	20	31	45	59	75	92	114
11	0	7	16	26	41	50	69	89	110
12	0	6	14	23	34	36	66	84	106

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	3	11	23	29	34	52	69
2	0	0	0	9	19	31	34	50	67
3	0	5	17	21	37	47	62	77	94
4	3	10	20	29	44	58	73	90	110
5	1	8	16	21	34	41	62	77	89
6	2	10	18	28	41	55	71	87	102
7	5	10	20	29	44	57	73	90	110
8	1	7	17	25	41	47	68	87	105
9	1	8	16	19	38	47	69	89	104
10	1	8	14	17	35	41	57	70	89
11	5	9	18	29	43	58	73	89	106
12	0	2	12	16	29	44	55	68	91

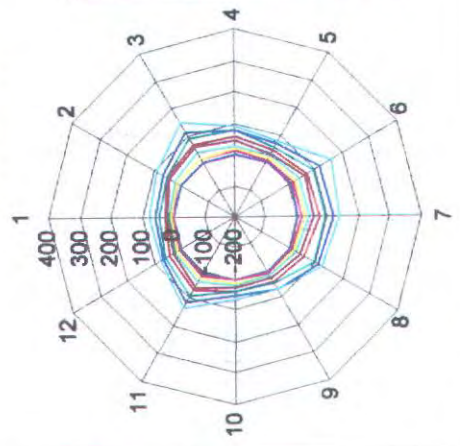
Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	6	15	24	39	49	66	78
2	0	3	17	21	35	48	61	78	94
3	4	9	19	25	41	54	69	85	102
4	0	2	10	18	34	39	45	54	86
5	0	0	3	10	26	36	39	45	71
6	0	0	4	11	25	30	36	47	75
7	5	9	18	25	41	57	71	89	103
8	2	8	19	24	41	55	65	84	101
9	0	4	12	21	39	45	46	77	95
10	0	6	17	20	41	55	64	79	99
11	1	9	19	23	41	57	69	83	103
12	0	1	4	12	21	35	43	59	79

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	6	12	17	29	44	58	75
2	0	10	16	24	44	49	51	73	88
3	2	12	22	38	55	71	90	113	148
4	0	10	19	26	45	61	75	79	91
5	0	6	15	24	33	47	51	68	77
6	6	13	25	39	56	73	92	115	152
7	3	11	24	37	54	70	91	114	136
8	0	9	21	29	38	53	88	101	122
9	0	7	14	21	29	40	48	62	73
10	0	3	11	19	25	36	40	52	66
11	4	13	25	39	56	72	92	115	138
12	0	8	13	27	33	47	55	62	79

Profil Kesilindrisan

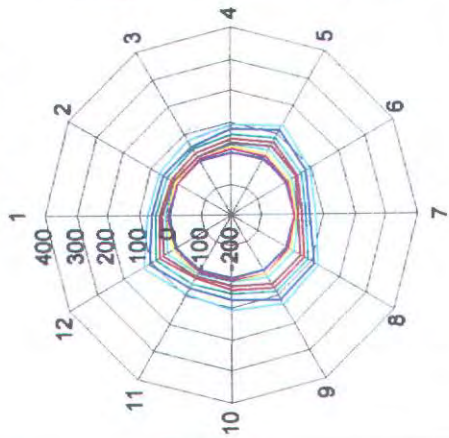


- Posisi I
- Posisi II
- Posisi III
- Posisi IV
- Posisi V
- Posisi VI
- Posisi VII
- Posisi VIII
- Posisi IX

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	6	13	16	23	33	45	55	69
2	0	0	4	11	16	24	37	49	66
3	0	4	12	17	21	34	44	52	75
4	0	10	19	25	34	44	58	75	88
5	4	12	23	36	52	68	86	107	128
6	0	8	17	24	36	46	58	77	91
7	0	0	4	10	15	25	39	51	68
8	2	9	21	33	50	66	84	105	125
9	3	10	22	35	52	67	85	107	127
10	0	4	11	15	25	38	54	69	101
11	0	6	13	18	29	35	49	64	89
12	6	12	22	36	52	66	86	106	128

Profil Keselindrisan



- Posisi I
- Posisi II
- Posisi III
- Posisi IV
- Posisi V
- Posisi VI
- Posisi VII
- Posisi VIII
- Posisi IX

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	5	14	18	23	28	35	59	78
2	6	11	23	35	50	66	84	104	126
3	2	9	21	33	47	63	80	101	120
4	0	7	17	29	45	61	79	99	118
5	0	5	19	25	39	55	68	82	97
6	4	11	23	34	50	66	84	104	124
7	0	8	21	30	45	62	80	101	122
8	0	7	17	30	45	61	79	100	120
9	3	10	22	35	49	65	83	102	123
10	0	5	14	18	23	32	49	64	105
11	0	3	11	15	21	30	44	65	101
12	0	0	8	15	22	28	34	55	73

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	4	11	21	35	44	58	74
2	0	6	11	17	25	36	47	66	85
3	4	11	22	34	49	65	82	101	123
4	0	5	14	28	41	62	75	89	91
5	0	3	12	25	38	60	72	88	89
6	4	10	22	34	49	65	82	101	121
7	0	4	10	16	29	41	51	78	99
8	0	0	6	14	25	38	52	66	84
9	0	5	19	27	33	48	69	88	111
10	6	11	22	34	49	65	82	101	121
11	2	10	20	32	47	63	79	99	118
12	0	0	5	12	24	36	49	61	79

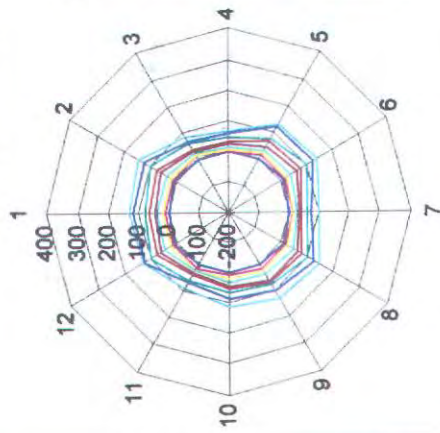
Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	6	14	28	36	45	61	72
2	0	7	16	26	42	49	58	73	89
3	3	12	25	48	65	80	100	131	150
4	0	9	19	35	51	75	99	122	140
5	0	10	21	38	54	81	101	129	147
6	7	14	28	48	68	83	104	133	160
7	4	13	26	47	67	82	102	133	153
8	0	10	21	38	54	79	99	124	141
9	0	0	7	14	28	35	44	58	69
10	0	7	16	28	43	51	59	75	94
11	5	14	27	48	66	83	103	133	155
12	0	6	15	25	40	44	57	69	82

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0.20 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	10	18	35	42	64	78	114	129
2	5	14	26	40	59	77	98	125	140
3	0	8	12	23	31	37	58	66	85
4	0	0	5	12	21	34	44	59	65
5	0	10	18	33	42	64	78	114	129
6	3	12	24	39	58	74	95	122	139
7	0	8	12	24	31	38	58	69	99
8	7	13	26	41	59	77	98	125	140
9	0	11	23	38	55	64	77	95	132
10	0	2	18	34	44	52	67	81	109
11	0	8	15	23	33	37	58	66	87
12	4	12	25	41	59	75	98	122	127

Profil Kesilindrisan

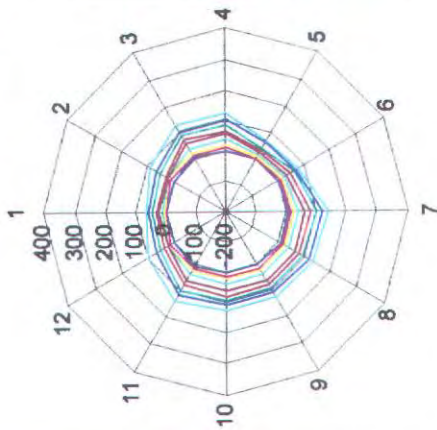


- Posisi I
- Posisi II
- Posisi III
- Posisi IV
- Posisi V
- Posisi VI
- Posisi VII
- Posisi VIII
- Posisi IX

Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	5	14	21	29	42	58	66
2	0	8	17	23	26	34	48	63	88
3	2	10	22	37	56	72	91	100	131
4	0	8	19	35	55	67	85	103	125
5	0	0	4	13	20	28	40	57	67
6	0	5	9	16	31	42	55	63	78
7	6	11	23	39	59	75	94	114	133
8	3	11	24	38	58	73	93	113	132
9	0	9	21	36	55	73	90	106	123
10	0	8	20	35	55	74	89	103	122
11	4	11	23	39	57	75	94	113	133
12	0	8	17	23	27	36	51	67	95

Profil Kesilindrisan



- Posisi I
- Posisi II
- Posisi III
- Posisi IV
- Posisi V
- Posisi VI
- Posisi VII
- Posisi VIII
- Posisi IX

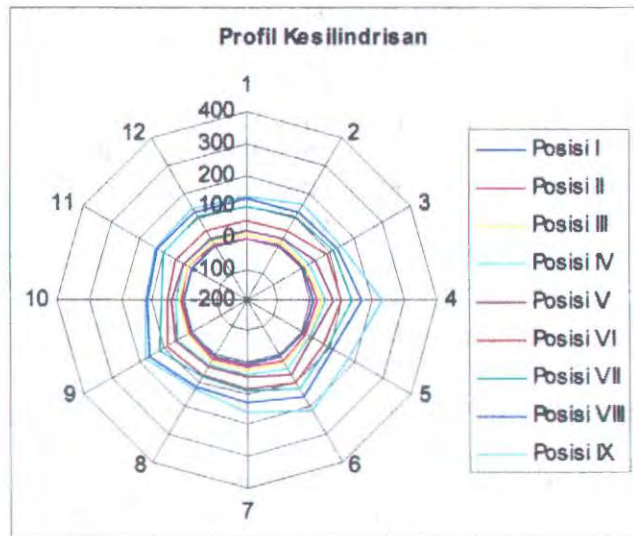
Data: $a = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	9	18	26	48	67	79	92	107
2	4	11	24	38	55	70	89	109	112
3	0	10	21	37	52	73	88	107	105
4	2	10	22	37	52	71	87	101	129
5	0	8	17	26	48	67	89	95	124
6	0	0	5	14	26	37	49	61	75
7	0	4	14	28	45	64	71	88	124
8	1	10	23	34	52	70	89	108	127
9	6	11	24	37	55	72	89	109	129
10	0	9	18	26	48	67	79	92	107
11	0	5	14	22	39	58	84	92	119
12	3	11	23	36	50	72	81	106	129

Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	12	22	25	54	103	125	132
2	0	3	19	28	32	57	109	128	154
3	4	15	19	30	48	95	120	133	147
4	10	23	34	52	74	98	133	164	226
5	3	15	29	29	35	84	91	115	168
6	5	23	32	52	74	98	127	154	210
7	5	12	26	35	41	79	88	124	155
8	3	10	21	36	45	74	81	119	123
9	0	6	15	49	55	88	121	154	171
10	0	5	10	25	33	46	65	112	119
11	1	8	14	27	32	58	100	123	135
12	0	4	10	25	28	57	107	125	138

Profil Kesilindrisan

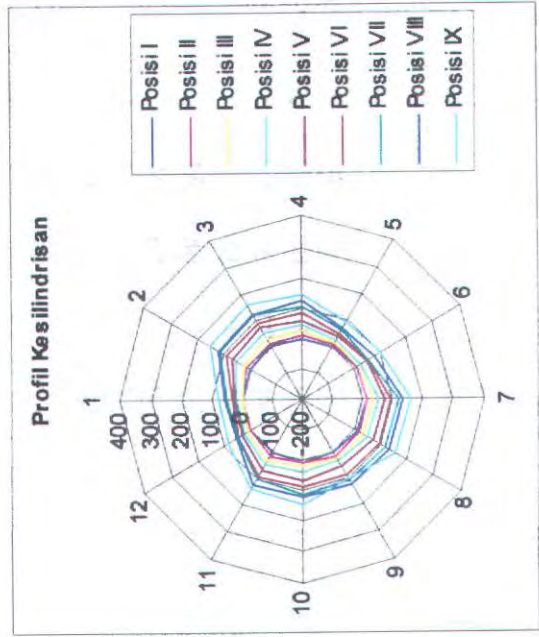


Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	14	19	25	39	49	61	84
2	0	4	25	28	39	42	59	71	95
3	0	0	12	17	21	34	54	79	89
4	2	5	29	35	47	51	78	87	99
5	5	11	26	44	56	81	111	147	162
6	0	9	17	22	34	54	91	123	132
7	8	14	31	48	62	91	112	145	174
8	10	15	33	50	69	92	118	147	178
9	3	8	31	49	57	82	99	132	149
10	0	6	22	31	41	67	95	129	147
11	4	4	12	26	52	54	96	131	152
12	0	2	11	18	34	46	78	96	121

Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

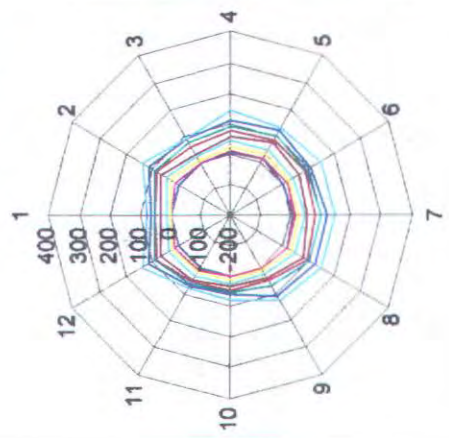
Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	0	18	26	32	49	56	78
2	0	10	21	48	66	87	111	119	149
3	5	14	31	48	69	92	116	125	153
4	0	12	24	41	55	83	105	122	146
5	1	4	12	21	37	42	58	66	89
6	3	3	15	26	45	49	52	75	94
7	9	14	31	48	69	92	116	128	153
8	7	13	31	45	67	91	112	128	149
9	1	11	25	33	52	84	102	115	99
10	3	5	19	35	64	82	111	115	142
11	0	13	30	45	61	88	96	123	138
12	0	0	4	21	29	41	46	52	85



Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0.05 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	0	14	34	48	52	67	78
2	0	9	29	44	61	85	89	110	139
3	0	0	4	21	34	55	74	88	91
4	3	12	24	41	58	78	92	108	144
5	9	14	30	47	68	84	94	116	130
6	0	9	19	38	54	85	90	105	141
7	4	11	27	44	51	79	95	115	144
8	9	14	30	47	68	87	98	114	145
9	0	0	7	25	38	45	61	100	124
10	0	0	9	24	31	44	49	56	78
11	0	4	13	28	41	49	58	62	69
12	1	11	26	38	64	86	92	107	134

Profil Kesilindrisan



- Posisi I
- Posisi II
- Posisi III
- Posisi IV
- Posisi V
- Posisi VI
- Posisi VII
- Posisi VIII
- Posisi IX

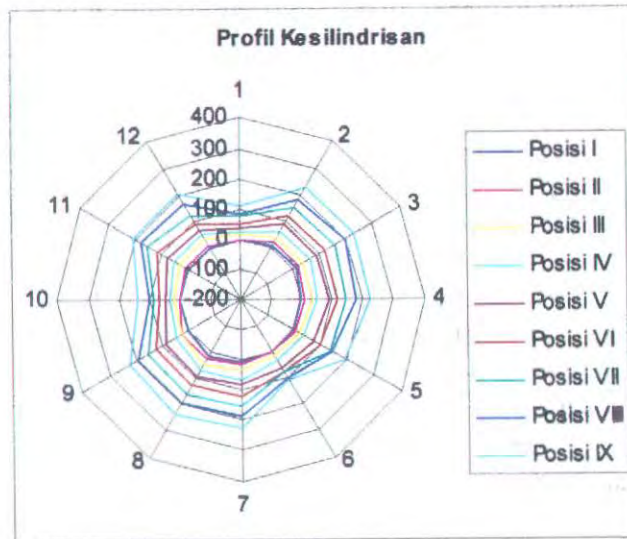
Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	11	25	41	62	79	105	145
2	4	23	41	59	87	129	164	200	239
3	12	25	45	69	100	133	163	207	241
4	0	8	24	32	54	74	79	151	184
5	0	18	38	54	91	128	154	187	238
6	8	25	45	69	100	133	166	227	299
7	1	22	39	65	98	128	165	199	231
8	0	9	17	25	31	108	129	146	207
9	0	11	22	31	39	49	65	78	95
10	0	5	19	25	34	45	67	81	121
11	12	24	45	69	97	133	166	207	247
12	5	13	27	39	78	99	145	182	224

Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	15	21	39	51	74	85	111
2	4	19	38	59	90	118	149	182	229
3	11	21	40	65	93	123	156	193	229
4	0	10	38	49	88	119	142	179	224
5	0	7	21	39	71	98	133	145	188
6	0	0	14	29	57	68	79	95	105
7	2	11	34	61	79	119	147	182	222
8	11	21	42	65	93	121	156	191	235
9	1	18	26	47	85	119	149	191	221
10	0	0	16	29	45	61	84	99	135
11	0	5	29	51	74	110	149	176	201
12	0	2	33	49	62	88	126	166	199

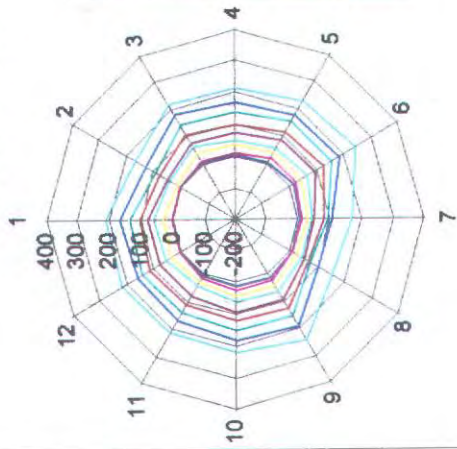
Profil Kesilindrisan



Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	1	28	59	78	101	134	166	208
2	0	0	16	37	44	76	89	127	169
3	1	15	38	61	80	107	140	179	215
4	0	7	34	49	71	95	135	165	209
5	4	18	37	52	85	114	146	173	220
6	11	20	42	63	91	119	152	179	233
7	0	8	29	42	49	75	89	105	167
8	0	5	24	38	45	67	71	98	145
9	11	20	42	63	91	120	152	184	233
10	6	19	40	60	89	115	148	179	218
11	0	7	29	41	77	109	135	164	210
12	0	3	35	53	75	117	141	158	216

Profil Kesilindrisan

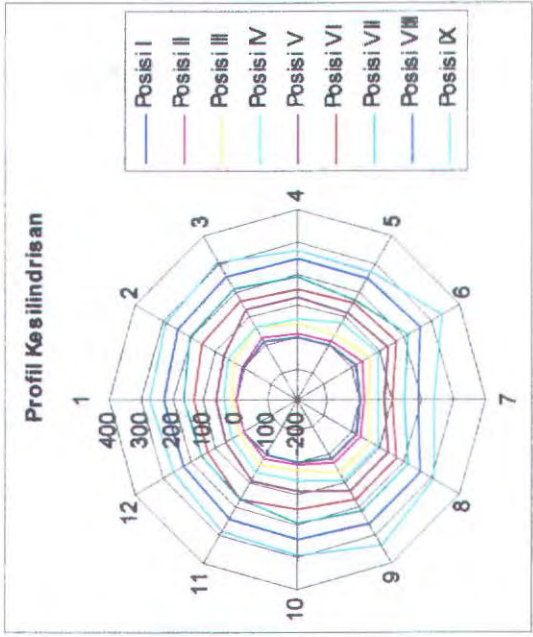


Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,10 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	4	39	58	61	88	114	139
2	0	5	21	45	61	99	125	167	200
3	10	19	39	60	84	115	145	171	212
4	4	15	39	51	78	100	135	160	208
5	5	18	39	61	87	112	145	171	210
6	2	14	27	31	67	89	135	152	199
7	0	0	15	28	44	65	84	99	146
8	0	6	30	46	68	107	135	159	201
9	0	5	25	45	60	107	139	161	198
10	9	19	39	61	85	115	145	169	212
11	0	4	29	51	74	100	139	166	208
12	1	7	25	57	81	107	135	163	210

Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	9	35	62	134	162	225	271
2	0	5	33	54	74	155	195	241	288
3	8	29	59	65	130	161	201	253	303
4	0	12	41	55	128	154	188	245	273
5	0	11	37	81	116	149	164	242	266
6	14	33	61	96	132	163	205	256	330
7	0	10	26	57	76	99	137	181	235
8	9	29	60	96	132	162	205	250	300
9	13	31	61	96	130	163	205	256	329
10	0	7	24	57	88	145	190	243	292
11	0	13	33	68	91	162	164	232	277
12	0	0	11	43	68	129	157	219	257

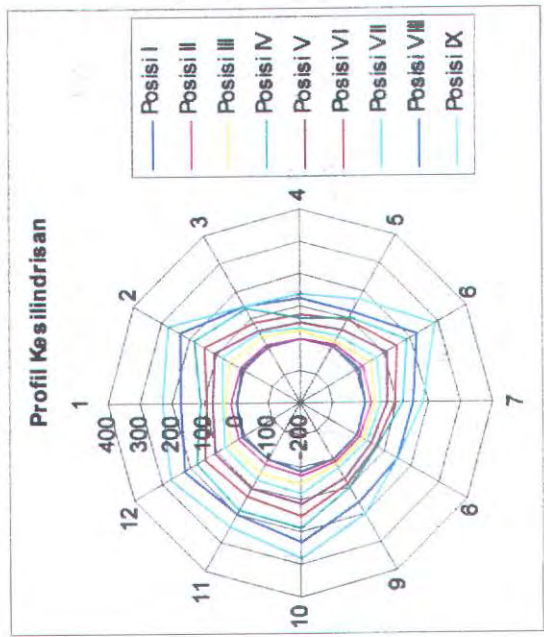


Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	11	35	64	96	137	161	266
2	0	15	35	66	102	124	147	186	271
3	13	27	53	82	121	155	196	239	291
4	0	23	37	69	114	141	165	207	233
5	0	14	22	46	68	81	104	136	155
6	0	19	33	67	79	122	143	205	234
7	5	25	50	82	121	155	195	224	294
8	13	27	53	78	119	155	196	239	278
9	0	11	24	38	71	84	99	167	182
10	0	8	35	38	54	77	81	182	230
11	5	25	51	72	121	144	182	235	290
12	0	4	22	57	111	128	154	211	249

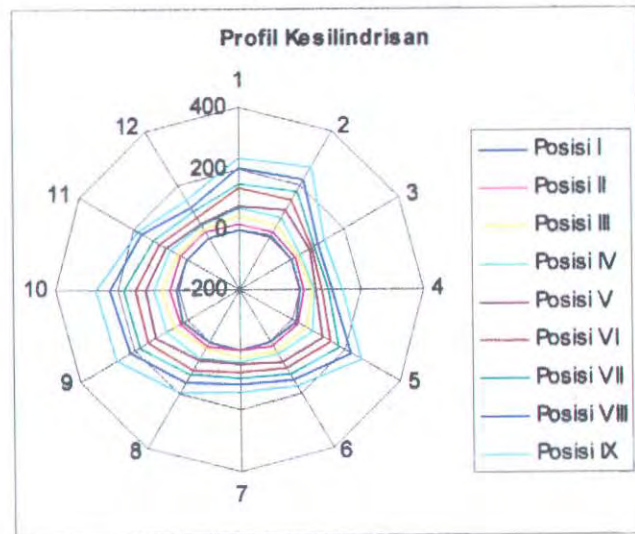
Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	17	35	44	76	91	115	174	233
2	13	21	51	79	112	148	184	231	272
3	0	14	37	52	61	89	135	148	153
4	0	0	22	30	49	77	62	127	136
5	0	11	20	37	65	91	108	122	168
6	8	25	51	75	111	148	179	219	281
7	0	20	33	48	67	92	117	152	184
8	0	11	24	39	49	71	75	144	150
9	0	7	17	29	67	85	100	156	199
10	13	25	47	79	112	148	186	231	283
11	0	20	49	76	106	133	179	195	246
12	7	23	50	77	110	145	178	221	270



Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,15 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	19	41	68	78	134	149	205	238
2	5	23	45	76	100	140	178	222	265
3	0	12	22	34	62	77	85	98	124
4	0	9	37	42	49	69	88	102	133
5	9	22	48	79	107	141	178	220	255
6	0	11	36	47	72	95	122	141	168
7	0	0	25	38	44	71	89	110	133
8	0	9	21	55	67	101	125	149	188
9	12	24	44	75	107	141	178	212	261
10	6	21	48	79	105	139	178	222	265
11	0	18	33	54	75	99	124	169	184
12	0	15	29	41	48	75	95	113	141

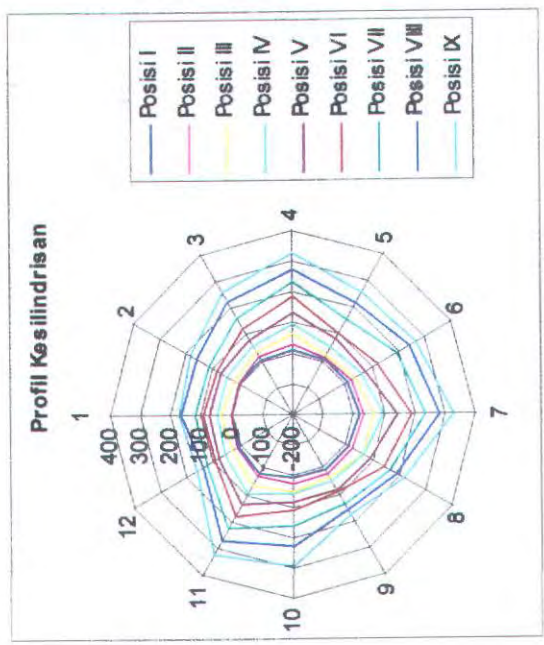


Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 601 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	31	67	81	106	141	164	183
2	0	27	42	74	98	147	186	231	278
3	10	33	63	101	144	192	240	287	355
4	15	36	65	100	146	190	242	291	368
5	0	24	52	75	107	146	199	237	319
6	0	8	45	61	85	116	148	177	193
7	0	0	36	52	78	99	133	165	178
8	0	18	24	47	56	77	106	134	164
9	15	36	65	98	146	192	242	290	357
10	0	14	33	64	75	91	125	157	180
11	0	19	41	73	88	105	143	174	221
12	9	34	62	99	146	188	241	288	352

Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 631 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	5	34	49	75	91	121	164	175
2	0	0	21	48	69	85	114	158	182
3	0	14	33	57	81	127	166	223	259
4	9	29	59	96	135	182	229	270	319
5	0	10	23	45	78	99	154	210	249
6	0	18	32	52	77	118	189	234	266
7	15	30	61	96	138	182	228	275	322
8	0	22	59	63	88	137	164	183	208
9	0	12	33	47	78	88	135	155	172
10	1	24	47	55	83	105	157	223	291
11	14	28	60	95	133	181	227	271	321
12	0	11	26	55	81	94	126	138	167



Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 661 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	11	46	78	107	128	188	213	268
2	9	28	59	91	135	172	220	251	308
3	0	13	31	54	98	145	187	236	271
4	0	0	15	26	77	89	123	139	167
5	0	8	27	33	56	109	164	185	199
6	14	30	60	92	138	175	221	257	314
7	8	27	58	92	136	172	220	257	307
8	0	15	31	66	108	122	168	182	214
9	0	9	22	43	69	88	121	138	166
10	0	21	35	69	88	147	189	245	288
11	10	30	59	92	138	175	219	249	315
12	0	15	43	57	95	117	164	201	244

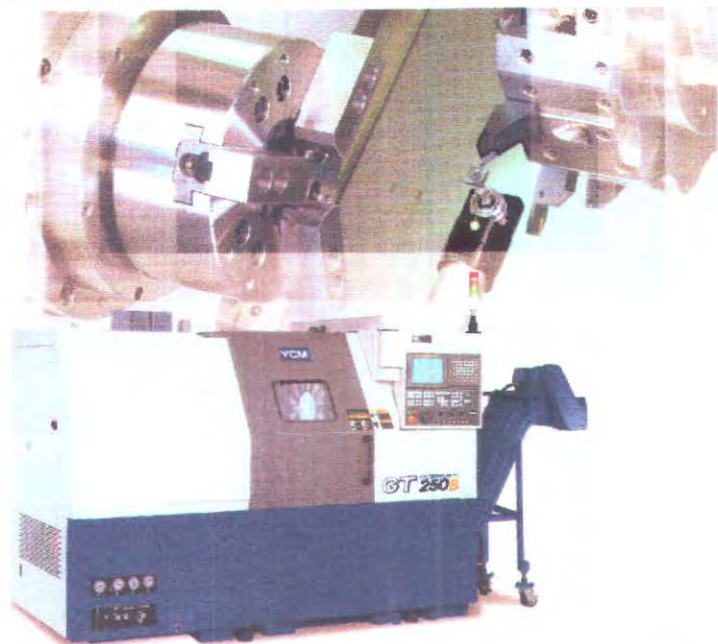
Data: $a = 0,4 \text{ mm}$ $f = 0,20 \text{ mm/put}$ $v = 691 \text{ m/min}$

Posisi Melingkar	Penyimpangan Kesilindrisan (μm)								
	Posisi Membujur								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	0	0	21	32	47	74	88	123	188
2	0	0	14	28	46	69	89	112	171
3	0	11	45	67	104	151	184	216	259
4	9	26	56	88	126	161	200	238	311
5	0	17	45	63	109	143	199	231	265
6	10	27	57	89	128	169	201	239	279
7	0	19	44	81	119	142	198	211	245
8	0	12	31	52	77	81	104	129	189
9	0	21	42	67	105	125	147	209	236
10	8	25	55	88	124	160	198	238	266
11	14	26	57	89	128	162	201	239	279
12	0	11	44	67	101	155	184	211	254

GT

GT-250A/B

Utmost Performance CNC Lathe



GT



Utmost Performance CNC Lathe

- Headstock modular design - 8" chuck size for GT-250A, 10" chuck size for GT-250B.
- Direct transmission spindle - low noise, and low thermal deformation.
- High rigidity box frame, hardened and ground integrated square guideways.
- Ultra large, coolant-oil separation chip filings disposal.
- Optimized space utilization - standard lateral chip conveyor insertion, or optional rear chip conveyor insertion makes nimble spatial disposition.
- Independently separated coolant tank and machine frame - chip cleaning is convenient, completely isolates the cutting heat.
- Ergonomics design safety protection guard.



Machine shown with optional accessories



High Speed, High Accuracy Axial Feeding

- Turcite-B and fine scraper work done on the integrated square X- and Z-axis guideways, low friction, high damping effect for excellent shake absorbing capability.
- Rapid feed rate: X-axis 20m/min 767ipm, Z-axis 24m/min 945ipm performs high rigidity, backlash-free, and high accuracy positioning.

Speedy and Accurate Tool Turret

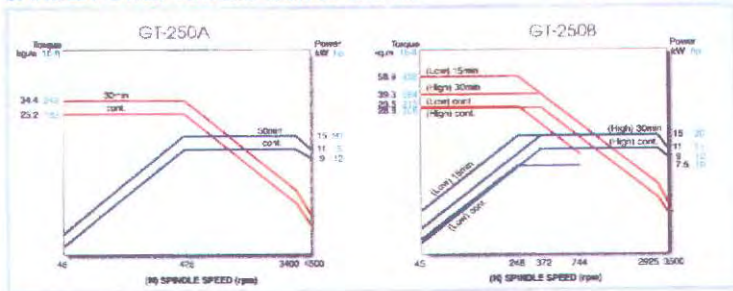
- Servo driven and controlled turret — quick and precise indexing.
- None tool interference on both GT-250A 8" of 12 tools and GT-250B 10" of 10 tools.

Convenient and Practical Tailstock

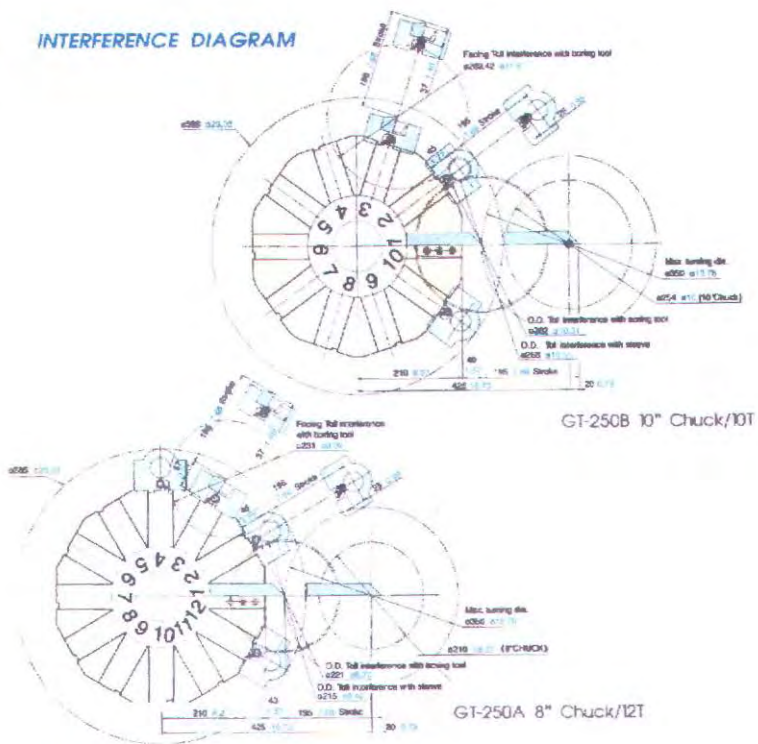
- Multi-functional center options: standard MT5 fixed type, optional MT4 revolving type to adapt various processing requirements.
- Friendly sliding Tailstock: standard manual lock type, or optional programmable type.



SPINDLE POWER-TORQUE OUTPUT CHART

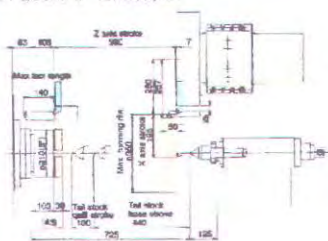


INTERFERENCE DIAGRAM

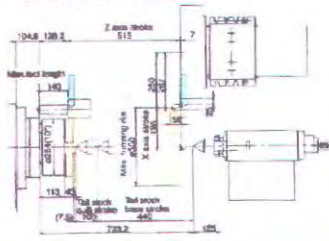


MACHINE MOVABLE RANGE

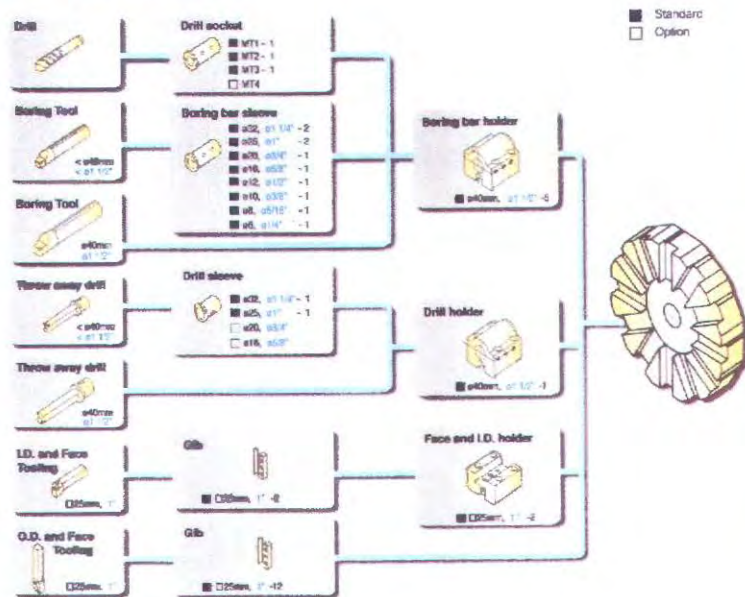
GT-250A 8" Chuck/12T



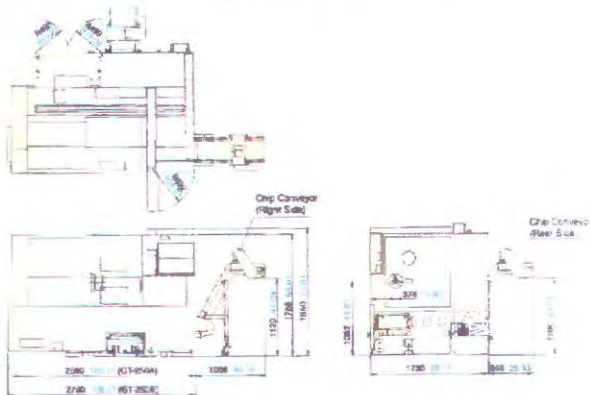
GT-250B 10" Chuck/10T



TURRET ACCESSORIES



DIMENSIONS



SPECIFICATIONS

ITEMS \ MODEL	GT-250		GT-250	
	8" Chuck		10" Chuck	
CHUCK DIAMETER				
MACHINING CAPACITY				
Spring Over Bed	mm (in)	ø550 (ø21.65)		
Spring Over Carriage	mm (in)	ø420 (ø16.54)		
Max. Turning Diameter	mm (in)	ø350 (ø13.78)		
Max. Turning Length	mm (in)	560 (22.05)	515 (20.28)	
Distance Between Center	mm (in)	725 (28.54)	690 (27.18)	
SPINDLE				
Spindle Nose		A2-6	A2-8	
Spindle Speed	rpm	4500		
Front Bearing Diameter	mm (in)	ø110 (ø4.33)	ø130 (ø5.12)	
Hole Through Spindle	mm (in)	ø62 (ø2.44)	ø68 (ø3.46)	
Hole Through draw bar	mm (in)	ø52 (ø2.05)	ø75 (ø2.95)	
Spindle Motor	kW (hp)	11 / 15 (15 / 20)		
MAIN TRAVEL				
X Axis Travel	mm (in)	195 (175+20)	7.56 (6.89+0.79)	
Z Axis Travel	mm (in)	560 (22.05)	515 (20.28)	
FEED				
Rated Axial Thrust Force (X / Z)	kgf (N)	1269 / 1057	2798 / 2330	
Max. Axial Thrust Force (X / Z)	kgf (N)	3173 / 2664	6995 / 5829	
Rapid Feed Rate (X / Z)	m/min (fpm)	20 / 24	767 / 945	
Cutting Feed Rate	m/min (fpm)	1 - 10000 (0.04 - 394)		
TABLET				
Type of Index: Servo-Hydraulic Control (Hydraulic Clamp)				
Turner Tool Magazine Capacity		12T	18T	
Shank Height for Square Tool	mm (in)	25 (1)		
Shank Diameter for Boring Bar	mm (in)	ø40 (ø1.57)		
Spring Over Turned	mm (in)	ø585 (ø22.83)		
Turner Motor	kW (hp)	0.9 (1.2)		
TAIL STOCK				
Tail Stock Quill	(Standard) Dead Center	MT No.5		
Tapar	(Option) Live Center	MT No.4		
Tail Stock Quill Diameter	mm (in)	ø100 (ø3.94)		
Tail Stock Quill Stroke	mm (in)	100 (3.94)		
Tail Stock Stroke	mm (in)	440 (17.32)		
GENERAL				
Power Consumption (Transformer)	kVA	26 (30)		
Machine Weight	Kg (lb)	5700 (12566)	8000 (13238)	
Machine Size - W x L x H	mm (in)	2680 x 1750 x 1850 (108.51 x 68.90 x 72.83)	2730 x 1750 x 1850 (108.27 x 68.90 x 72.83)	

*We reserve the right to modify and improve our products.

YCM

YEONG CHIN MACHINERY INDUSTRIES CO., LTD.

HEADQUARTERS : 888, HONGU RD., HSIENGRUANG
SHENKANG, TAICHUNG, TAIWAN

TEL : 886-4-25623211 FAX : 886-4-25628479 886-4-25628398
SERVICE TEL : 886-4-25612905 FAX : 886-4-25612965

E-mail : sales@SUPERMAX.com.tw

http://www.SUPERMAX.com.tw

STANDARD ACCESSORIES

- Tool Kit
- Work Lamp
- Pilot Lamp
- Hydraulic System
- Air Gun
- Coolant Equipment System
- Manual Clamp Tail Stock
- Hydraulic Hollow Chuck
- Lowering Blocks and Bolts
- Complete Chip Enclosure
- Chuck Switch Pedal
- Heat Exchanger for Electrical Cabinet
- Mechanical, Electrical & Operating Manuals
- CNC Controller: YEONG CHIN FANUC TXP-100
- Central Lubrication System
- Head Jaws and Soft Jaws 1 set
- Chip Conveyor (Right Side)

OPTIONAL ACCESSORIES

- Automatic Door
- Safety Door
- Collet Chuck
- Chuck Air Blast
- Leveling Fixture
- Oil Mist Device
- Soft Jaws / Hard Jaws
- Oil Slicer
- Pepper F-Bar
- Soft Jaw Former
- Coolant Gun
- Parts Catcher & Conveyor
- Tail stock Pedal
- Work Length setter
- Heavy Duty Coolant Pump (MTH2-40/4)
- Programmable Talkback
- Auto Tool Length Measurement System (RENISHAW HPMA)
- Bar Feeder or Only Software
- A/C. Cooler for Electrical Cabinet
- CNC Controller: YEONG CHIN FANUC TXP-200
- Chip Conveyor (Rear Side)
- Endeavoring To Conform

Agent



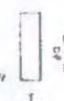



YONG CHIN MACHINERY INDUSTRIES CO., LTD.
SHENKANG, TAICHUNG, TAIWAN
www.ycm.com.tw

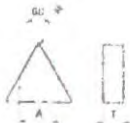
YCM-G7 Series 0409-01-3000

[Ceramic]

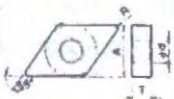
Negative

Edge Preparation			
KA30: Without Indication	0.10mm x 25°	-T01525	0.15mm x 25°
A65: Without Indication	0.20mm x 25°	-T02020	0.20mm x 20°
KS500: Without Indication	0.20mm x 25°	-T02025	0.20mm x 25°
KS6000: Without Indication	0.20mm x 25°	-T03030	0.30mm x 30°
A66N: Without Indication	0.15mm x 25° + honing	-T05015	0.50mm x 15° + honing
-T05 and TNGN11 Type	0.05mm x 20°	-T15030	1.50mm x 30°
-T30	0.30mm x 30° + honing	K	2.0mm x 15° + 0.15mm x 25° + honing

Shape	Description	Dimension (mm)				Insert Grade					Ref. Page for Toolholder	
		A	T	φd	R	Alumina Ceramic		Silicon Nitride Ceramic		PVD Ceramic		
						KA30	SN60	A65	KS500	KS6000		A66N
  	WNGA 080408	12.70	4.76	5.16	0.8							
	WNGA 080404T01525				0.4							
	080408T01525	12.70	4.76	5.16	0.8							
	080412T01525				1.2							
	WNGA 080408T02025				0.8							
	080412T02025	12.70	4.76	5.16	1.2							
	080416T02025				1.6							
  	TNGA 160404				0.4							
	160408				0.8	●		●		●		
	160412	9.525	4.76	3.81	1.2				●	●		
	160416				1.6							
	160420				2.0							
	TNGA 160408-T05				0.8							
	160412-T05	9.525	4.76	3.81	1.2	●						111
	TNGA 160408-T30				0.8							
160412-T30	9.525	4.76	3.81	1.2								



TNGA	160404T01525			0.4					
	160408T01525	9.525	4.76	3.81	0.8				
	160412T01525				1.2				
TNGA	220412T05015	12.70	4.76	5.16	1.2				97
TNGN	110304				0.4		●		
	110308	6.35	3.18	-	0.8		●		
	110312				1.2		●		452
TNGN	110304T01525				0.4				457
	110308T01525	6.35	3.18	-	0.8				
	110312T01525				1.2				
TNGN	160404				0.4	●	●		●
	160408				0.8	●	●	●	●
	160412	9.525	4.76	-	1.2	●	●	●	●
	160416				1.6	●			
	160420				2.0	●			
TNGN	160404-T05				0.4	●			
	160408-T05				0.8	●			
	160412-T05	9.525	4.76	-	1.2	●			
	160416-T05				1.6	●			109
	160420-T05				2.0	●			
TNGN	160404T01525				0.4				
	160408T01525	9.525	4.76	-	0.8				
TNGN	160704				0.4		●		
	160708				0.8		●		
	160712	9.525	7.94	-	1.2		●		
	160716				1.6		●		
	160720				2.0		●		
DNGA	150404				0.4	●	○		●
	150408	12.70	4.76	5.16	0.8	●	○		●
	150412				1.2	●			
DNGA	150404-T30				0.4				
	150408-T30	12.70	4.76	5.16	0.8				99
DNGA	150412T01525	12.70	4.76	5.16	1.2				



Turning Inserts

Turning Indexable Inserts Identification System

Symbol	Shape
H	120° Hexagon
O	135° Octagon
P	108° Pentagon
R	Round
S	90° Square
T	80° Triangle
C	80° Rhombic
D	55° Rhombic
E	75° Rhombic
M	88° Rhombic
F	50° Rhombic
V	35° Rhombic
L	90° Rectangle
A	85° Parallelogram
B	82° Parallelogram
K	55° Parallelogram
W	80° Hexagon

Angle Shown means Acute Angle for Rhombic and Parallelogram Inserts.

① Shape Symbol

Symbol	Relief Angle
A	3°
B	5°
C	7°
D	18°
E	20°
F	25°
G	30°
N	0°
P	11°

※ Symbol P may have 10° as an Exception. Relief Angle mentioned here is the One to the Major Cutting Edge.

② Relief Angle Symbol

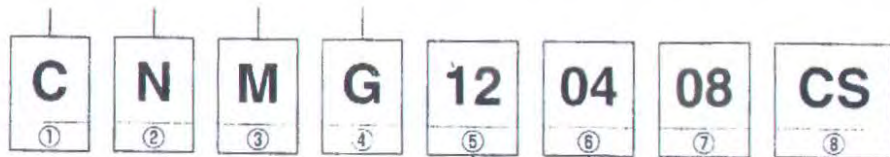
Symbol	Corner Height(mm)	Thickness (mm)	ID Size(mm)
A	±0.005	±0.025	±0.025
F	±0.005	±0.025	±0.013
C	±0.013	±0.025	±0.025
H	±0.013	±0.025	±0.013
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.13	±0.025
J	±0.05	±0.025	±0.05~±0.13
K	±0.013	±0.025	±0.05~±0.13
L	±0.025	±0.025	±0.05~±0.13
M	±0.08~±0.18	±0.13	±0.05~±0.13
N	±0.08~±0.18	±0.025	±0.05~±0.13
U	±0.13~±0.38	±0.13	±0.08~±0.25

※ Insert's Periphery is as Fired. Tolerance differs depending on Insert Size.

③ Tolerance Symbol

New Symbol	Hole	Hole Shape	Chip-breaker	Hole Shape		Old Symbol		
				Normal	Small	Normal	Small	
N	Without Hole	-	No		N	E		
R			On Side		R	S		
F			Top Side		F	L		
A	With Hole	-	No		A	D		
M			On Side		M	P		
G			Top Side		G	K		
W			With Hole and One Corner with 45°~90°	No		A	D	
T			On Side	No		M	P	
Q			Top Side	No		A	D	
U	With Hole	-	With Hole and First Corner with 45°~90°	On Side		G	K	
B			No		A	D		
H			On Side		M	P		
C			Top Side		A	D		
J	With Hole and Two Corners with 70°~90°	-	No		G	K		
X			-	-	X	X		

④ Hole/Chipbreaker Symbol



IC Size (mm)	⑤ Edge Length Symbol (New)						④ IC Sidel (Old)	
	△	□	□	□	□	△	Normal	Small
3.97	06	03	03	04				5
4.76	08	04	04	05				6
5.54	09	05	05	06		05		7
6.35	11	06	06	07		06	03	8
7.94	13	07	08	09			04	2 (8)
8.0							05	0
9.525	16	09	09	11	16	08		
10.0						09	06	3
12.0						10		
12.70	22	12	12	15	19	12	08	4
15.875	27	15	16	19		15	10	5
18.0						18		
19.05	33	19	19	23		19	13	6
20.0						20		
22.225	38	22	22	27				7
25.0						25		
28.40	44	25	25	31		25		8
31.75	53	31	32	36		31		0
32.0						32		

Thickness (mm)	⑥ Thickness Symbol		
	New Symbol	Old Symbol	
		Normal	Small
1.59	01	-	2
2.38	02	-	3
2.78	T2	-	-
3.18	03	2	4
3.97	T3	-	5
4.76	04	3	6
6.35	06	4	-
7.94	07	5	-
9.52	09	6	-

Corner-R (mm)	⑦ Corner-R Symbol	
	Symbol (New)	Symbol (Old)
Sharp Corner	00	V
0.2	02	0
0.4	04	1
0.8	08	2
1.2	12	3
1.6	16	4
2.0	20	5
2.4	24	6
2.8	28	7
3.2	32	8
Round Insert	00 (inch) or MO (metric)	0

⑧ Major
Major Edge Symbol.
Hand Symbol.
Chipbreaker Symbol.
etc.

Turning

Recommended Cutting Conditions

Recommended Cutting Conditions - External Turning (Negative Insert)

Work Material (Hardness)	Cutting Range	Interrupted	Chipbreaker	Insert Grade	Corner R	Recommendation		
						Lower Limit	Upper Limit	Feed Rate (mm/rev)
						Cutting Speed (min)	D.O.C (mm)	Feed Rate (mm/rev)
Low-carbon Steel Low-carbon Alloy S10C, SCM415 S5400, SCr415 STKM, SP etc.	Finishing (High Speed)	Continuous	Without	KBN65B	0.8	400 - 700 - 900	0.05 - 0.2 - 0.5	0.03 - 0.05 - 0.1
		Continuous	Chipbreaker	KBN900	1.2	500 - 900 - 1200	0.1 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
	Finishing (Gloss Oriented)	Continuous	Conventional	KBN900	1.2	500 - 700 - 900	0.5 - 1.0 - 1.5	0.05 - 0.1 - 0.2
		Interrupted	Molded	TN30	0.8	150 - 200 - 250	0.5 - 1.0 - 1.5	0.1 - 0.2 - 0.3
	Finishing (Ceramic)	Continuous	Without	TN66	0.8	100 - 150 - 200	0.5 - 1.0 - 1.5	0.08 - 0.15 - 0.2
		Continuous	Without	KA30	1.2	300 - 500 - 700	0.3 - 0.5 - 1.0	0.1 - 0.2 - 0.3
	Medium (Ceramic)	Continuous	Without	A66N	0.8	300 - 450 - 600	0.3 - 0.5 - 1.0	0.1 - 0.2 - 0.3
		Interrupted	Chipbreaker	KS6000	1.2	250 - 400 - 500	1.0 - 2.0 - 3.0	0.15 - 0.25 - 0.35
	Medium	Continuous	Conventional	KS6000	1.2	250 - 400 - 500	1.0 - 2.0 - 3.0	0.15 - 0.2 - 0.3
		Interrupted	Molded	CR7015	0.8	150 - 200 - 250	0.5 - 2.0 - 2.5	0.1 - 0.2 - 0.3
	Roughing	Continuous	Without	CR7015	1.2	100 - 150 - 200	0.5 - 2.0 - 2.5	0.08 - 0.15 - 0.2
		Interrupted	ZS	CA4010	0.8	150 - 200 - 250	1.0 - 2.0 - 4.0	0.2 - 0.3 - 0.4
Medium-carbon Steel Medium-carbon Alloy S45C SCM435 etc.	Finishing (Gloss Oriented)	Continuous	Without	CA4010	1.2	100 - 150 - 200	1.0 - 2.0 - 4.0	0.2 - 0.3 - 0.4
		Continuous	GP	TN60	0.4	200 - 250 - 300	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
	Finishing (Life Oriented)	Interrupted	GP	TN60	0.8	100 - 150 - 200	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
		Continuous	GP	PV60	0.4	200 - 250 - 300	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
	Finishing-Medium (Gloss Oriented)	Interrupted	GP	PV90	0.8	100 - 150 - 200	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
		Continuous	CQ	TN60	0.8	150 - 200 - 250	0.5 - 1.5 - 2.5	0.1 - 0.2 - 0.25
	Finishing-Medium (Life Oriented)	Interrupted	CQ	TN60	1.2	100 - 150 - 200	0.5 - 1.5 - 2.5	0.1 - 0.15 - 0.2
		Continuous	CQ	PV60	0.8	150 - 200 - 250	0.5 - 1.5 - 2.5	0.1 - 0.2 - 0.25
	Medium-Roughing	Interrupted	GS	CA5025	0.8	100 - 150 - 200	0.5 - 1.5 - 2.5	0.1 - 0.15 - 0.2
		Continuous	GS	CA5025	0.8	120 - 180 - 220	1.0 - 3.0 - 3.0	0.15 - 0.2 - 0.3
	Roughing	Interrupted	CS	CA5025	1.2	100 - 150 - 150	1.0 - 2.0 - 3.0	0.2 - 0.3 - 0.5
		Continuous	CS	CA5025	0.8	120 - 180 - 220	1.0 - 3.0 - 3.5	0.2 - 0.3 - 0.4
Medium Roughing High Feed	Interrupted	GT	CA5025	1.2	100 - 150 - 150	1.0 - 3.0 - 3.5	0.2 - 0.3 - 0.4	
	Continuous	GT	CA5025	0.8	100 - 150 - 180	1.5 - 3.0 - 4.5	0.25 - 0.3 - 0.45	

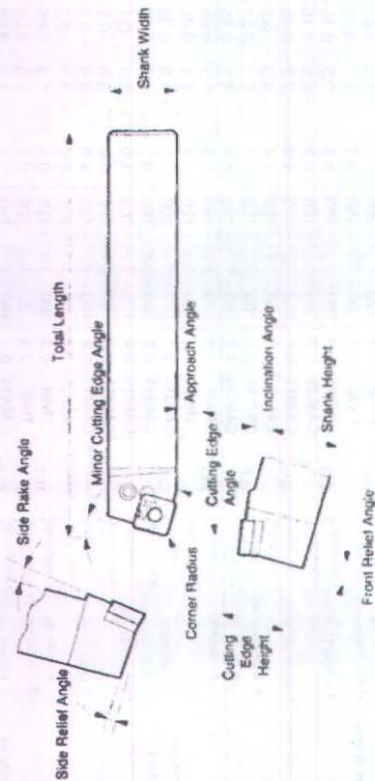
High-carbon Alloy SKD11 SKD61 etc.	Finishing (Gloss Oriented)	Continuous	GP	TN60	0.4	100 - 150 - 200	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
		Interrupted		TN60	0.8	80 - 120 - 150	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
	Finishing (Life Oriented)	Continuous	GP	PV60	0.4	100 - 150 - 200	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
		Interrupted		PV90	0.8	80 - 120 - 150	0.3 - 0.5 - 1.0	0.05 - 0.1 - 0.2
	Finishing-Medium	Continuous	CQ	CR7015	0.8	100 - 120 - 180	0.5 - 0.5 - 2.5	0.15 - 0.1 - 0.3
		Interrupted		CA5025	0.8	80 - 100 - 120	0.5 - 0.5 - 2.5	0.15 - 0.1 - 0.25
	Medium-Roughing	Continuous	GS	CR7015	0.8	100 - 120 - 150	1.0 - 1.0 - 3.0	0.15 - 0.1 - 0.3
		Interrupted		CA5025	0.8	80 - 100 - 120	1.0 - 1.0 - 3.0	0.2 - 0.1 - 0.5
	Medium-Roughing High Feed	Continuous	GT	CR7015	0.8	100 - 120 - 150	1.5 - 1.0 - 4.5	0.25 - 0.1 - 0.45
		Interrupted		CA5025	1.2	80 - 100 - 120	1.5 - 1.0 - 4.5	0.25 - 0.1 - 0.45
Stainless Steel SUS303, SUS304 SUS316, SUS420J2 etc.	Finishing (Gloss Oriented)	Continuous	HQ	TN60	0.8	120 - 150 - 180	0.5 - 1.0 - 1.5	0.08 - 0.1 - 0.2
		Interrupted		TN60	0.8	80 - 100 - 120	0.5 - 1.0 - 1.5	0.05 - 0.1 - 0.15
	Finishing	Continuous	GU	CA6015	0.4	120 - 150 - 200	0.5 - 1.0 - 1.5	0.08 - 0.1 - 0.2
		Interrupted		CA6015	0.8	100 - 120 - 150	0.5 - 1.0 - 1.5	0.05 - 0.1 - 0.15
	Medium-Roughing	Continuous	SU	CA6015	0.4	120 - 150 - 200	1.0 - 2.0 - 3.0	0.1 - 0.2 - 0.3
		Interrupted		CA6015	0.8	80 - 100 - 120	1.0 - 2.0 - 3.0	0.2 - 0.1 - 0.4
	Roughing	Continuous	Conventional	CA6015	0.8	100 - 120 - 150	1.0 - 2.0 - 4.0	0.2 - 0.3 - 0.4
		Interrupted	Molded	CA6015	1.2	80 - 100 - 120	1.0 - 2.0 - 4.0	0.2 - 0.3 - 0.4
	Finishing (Gloss Oriented)	Continuous	HQ	TN60	0.8	100 - 120 - 150	0.5 - 1.0 - 1.5	0.05 - 0.1 - 0.15
		Interrupted		TN60	0.8	80 - 100 - 120	0.5 - 1.0 - 1.5	0.05 - 0.05 - 0.1
Finishing	Continuous	GU	CA6015	0.4	100 - 120 - 150	0.5 - 1.0 - 1.5	0.08 - 0.1 - 0.2	
	Interrupted		CA6015	0.8	80 - 100 - 120	0.5 - 1.0 - 1.5	0.05 - 0.1 - 0.15	
Medium-Roughing	Continuous	SU	CA6015	0.4	100 - 120 - 150	1.0 - 1.5 - 2.0	0.1 - 0.15 - 0.25	
	Interrupted		CA6015	0.8	80 - 100 - 120	1.0 - 2.0 - 3.0	0.1 - 0.1 - 0.2	
Roughing	Continuous	Conventional	CA6015	0.8	80 - 100 - 120	1.0 - 2.0 - 3.0	0.2 - 0.3 - 0.4	
	Interrupted	Molded	CA6015	1.2	60 - 80 - 100	1.0 - 2.0 - 4.0	0.2 - 0.3 - 0.4	



Technical Information

Terms and Angles of Toolholder

Terms and Angles of Toolholder

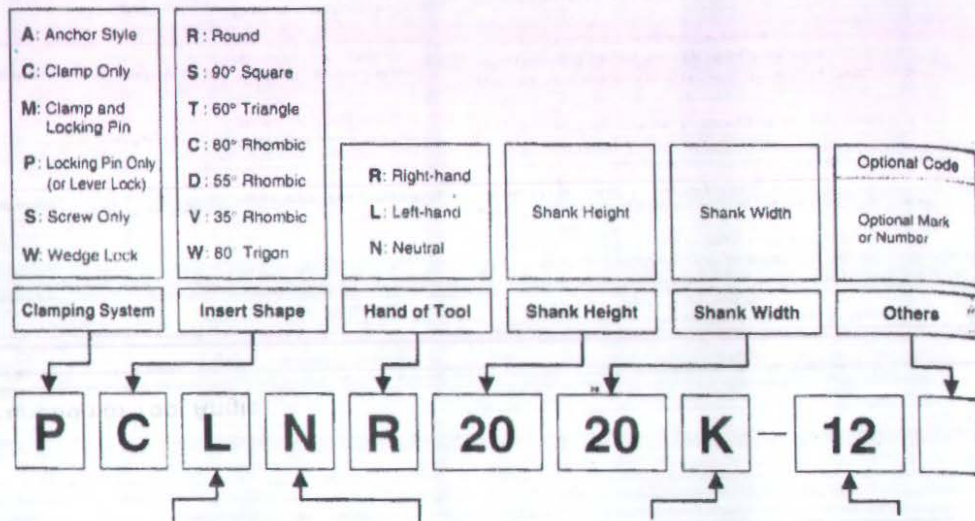


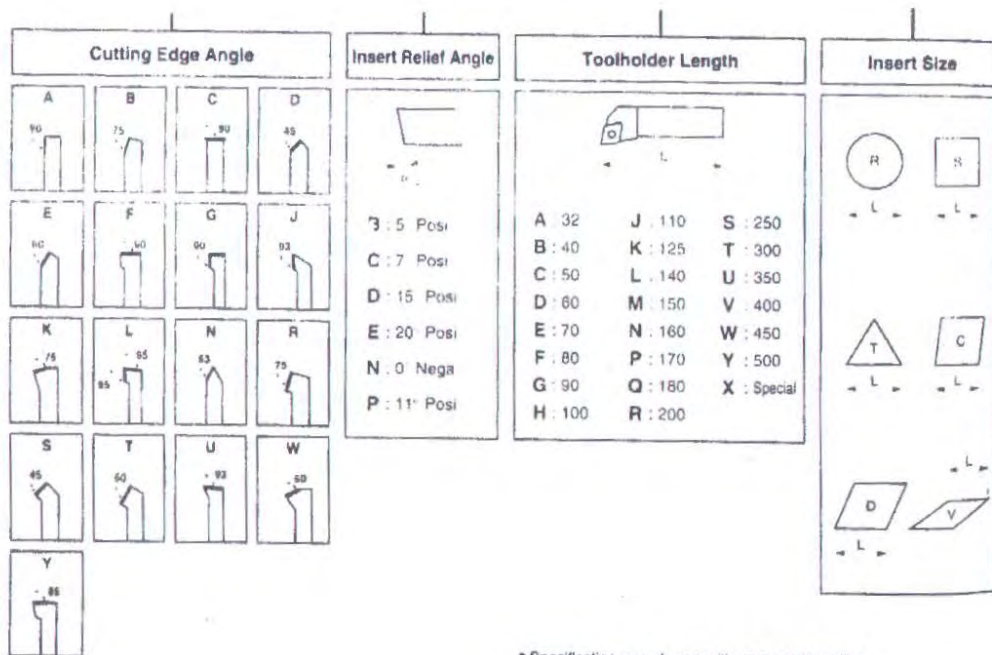
Function of Tool Angle

Tool Angle	Hardness	Function	Effect
	Side Rake Angle	Avoids cutting resistance cutting force, chip evacuation and cooling	Too positive (large) angle, better cutting performance is obtained. Less cutting resistance, less edge strength. Too acute (small) angle is recommended for good machinability with cast iron work. Negative rake angle or negative (λ) angle is recommended when a large angle is preferred as the case of scale cutting or interrupted cutting.
	Front Relief Angle Side Relief Angle	Avoids the tool's contact to the work's surface, except the cutting edge.	When it is small, cutting edge becomes strong, but wear at relief faces becomes large sharply and tool life becomes short too.
	Cutting Edge Angle	Affects chip control and the direction of cutting force.	When it is acute, chip thickness becomes thick and chip control improves.
	Approach Angle	Affects chip control and the direction of cutting force.	When it is large, chip thickness becomes thin and chip control worsens, but cutting force is dispersed and edge strength improves. When it is small, chip control ability improves.
	Minor Cutting Edge Angle	Prevents friction between cutting edge and work surface.	When it is large, edge strength deteriorates.

Turning

Turning Toolholders Identification System (Square Shank)



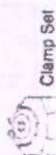
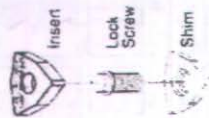


* Specification may change without any prior notice.

Turning

Clamping System

● Wedge Lock



WWLN

Shim Nut



Spacer (To avoid Chip's Entry)

WTJN-N
WTKN-N
WTEN-N

Shim Nut

Turning

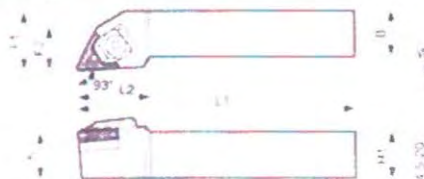
Toolholders for General Purpose [TN□□ Insert]

Wedge Lock

WTJN-N (External Copying, Heavy Duty)



• Right hand shown



Side Rake Angle 8°
Angle of Inclination 8°
WTJN 2020K Type
Shim Nut sticks out
as below



WTKN-N (External Facing Copying, Heavy Duty)



• Right hand shown



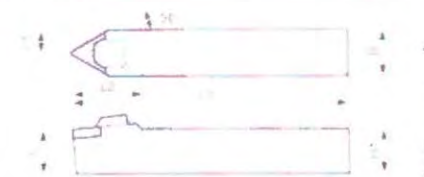
Side Rake Angle 5°
Angle of Inclination 6°
WTKN 2020K Type
Shim Nut sticks out
as below



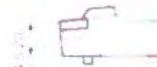
WTEN-N (External Chamfering, Heavy Duty)



• Right hand shown



Side Rake Angle 8.5°
WTEN 2020K Type
Shim Nut sticks out
as below

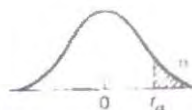


Tabel Distribusi F

 $\alpha = 0.05$

V1 \ V2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99	236.99	238.88	240.54
2	18.513	19	19.164	19.247	19.296	19.33	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0136	8.9406	8.8668	8.8452	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.256	6.1631	6.0942	6.041	5.9988
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9876	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1468	4.099
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.866	3.787	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.459	4.0662	3.8378	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.478	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8442	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.948	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.494	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.81	2.6987	2.6143	2.548	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6513	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.599	2.514	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.028	2.7955	2.64	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.603	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2252	3.369	2.9751	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.21	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.196	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.236
29	4.183	3.3277	2.934	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.606	2.4495	2.3359	2.249	2.1802	2.124
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.254	2.1665	2.097	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.29	2.175	2.0867	2.0164	1.9588
~	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799

TABLE 5
PERCENTAGE POINTS OF *t* DISTRIBUTIONS



d.f.	α					
	.25	.10	.05	.025	.01	.005
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576



