

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN  
KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN KEKERASAN MATERIAL DAN KEAUSAN  
MATERIAL BESI COR FCD 25 PADA MESIN BUBUT CNC**

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : MUHAMMAD ALI FIKRI**

**NIM : 18.11.029**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN  
KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN KEKERASAN MATERIAL DAN KEAUSAN  
MATERIAL BESI COR FCD 25 PADA MESIN BUBUT CNC**

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : MUHAMMAD ALI FIKRI**

**NIM : 18.11.029**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN KECEPATAN  
PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN  
KEKERASAN MATERIAL DAN KEAUSAN MATERIAL BESI COR  
FCD 25 PADA MESIN BUBUT CNC**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)  
Jurusan Teknik Mesin

**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : MUHAMMAD ALI FIKRI**

**NIM : 18.11.029**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2022**

# LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN KECEPATAN  
PEMAKAMAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN  
KEKERASAN MATERIAL DAN KEAUSAN MATERIAL BESI COR  
FCD 25 PADA MESIN BUBUT CNC**



**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : MUHAMMAD ALI FIKRI**

**NIM : 18.11.029**



**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1**

**Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.**  
NIP. P. 1030400405

**Diperiksa / Disetujui  
Dosen Pembimbing**

**Ir. Teguh Rahardjo, MT.**  
NIP. 195706011992021001



## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

### FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Muhammad Ali Fikri  
NIM : 1811029  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Kekerasan Material dan Keausan Material Besi Cor FCD 25 Pada Mesin Bubut CNC

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari/Tanggal : Selasa, 2 Agustus 2022

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 83,5 (A)

#### Panitia Penguji Skripsi

Ketua

Dr. Komang Astana Widi, S.T., M.T.

NIP. Y. 1030400405

Sekretaris

Febi Rahmadiano, S.T., M.T.

NIP. P. 1031500490

#### Anggota Penguji

Penguji I

Bagus Setyo Widodo, ST., M.MT.

NIP. P. 1032100599

Penguji II

Rosadila/Febritasari, ST., MT.

NIP. P. 1032200602



## PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

**Nama : Muhammad Ali Fikri**

**NIM : 1811029**

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan hasil dari karya orang lain, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, Agustus 2022

Penulis













Muhammad Ali Fikri

NIM. 1811029

## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Ali Fikri  
NIM : 1811029  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Kekerasan Material dan Keausan Material Besi Cor FCD 25 Pada Mesin Bubut CNC  
Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT.

| No. | Materi Bimbingan           | Waktu Bimbingan | Paraf Dosen Pembimbing  |
|-----|----------------------------|-----------------|---|
| 1.  | Pengajuan Judul Penelitian | 10 Maret 2022   |    |
| 2.  | Konsultasi Bab I           | 18 Maret 2022   |    |
| 3.  | Konsultasi Bab II          | 18 Maret 2022   |   |
| 4.  | Konsultasi Bab III         | 18 Maret 2022   |  |
| 5.  | Seminar Proposal           | 11 April 2022   |  |
| 6.  | Konsultasi Bab IV          | 13 Juli 2022    |  |
| 7.  | Konsultasi Bab V           | 13 Juli 2022    |  |
| 8.  | Seminar Hasil              | 20 Juli 2022    |  |
| 9.  | ACC Laporan Skripsi        | 26 Juli 2022    |  |
| 10. | Ujian Skripsi              | 2 Agustus 2022  |  |

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Ali Fikri  
NIM : 1811029  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Kekerasan Material dan Keausan Material Besi Cor FCD 25 Pada Mesin Bubut CNC  
Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT.

Tanggal Mengajukan Skripsi : 9 Maret 2022  
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 9 Agustus 2022  
Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT.  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 83,5 (A)

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Rahardjo, M.T.  
NIP. 195706011992021001



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat, hidayah, serta karunia-nya sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran untuk dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Analisa Pengaruh Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Kekerasan Material dan Keausan Material Besi Cor FCD 25 Pada Mesin Bubut CNC”**. Skripsi ini disusun sebagai syarat kelulusan studi pada Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas dari adanya bantuan, bimbingan, dukungan, serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Melalui kesempatan ini perkenankan penulis untuk menyampaikan rasa hormat yang setinggi – tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Teguh Rahardjo, MT. Selaku Dosen Pembimbing serta Dosen Koordinat Bidang Ilmu Metalurgi dan Material yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, saran, dan ilmu yang tak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
5. Kedua Orang Tua yaitu Bapak Saidil Ayyam, SE. dan Ibu Rika Yuli Yanti, SE. yang telah membesarkan dan membimbing penulis dengan penuh rasa cinta dan selalu memberikan doa maupun semangat agar penulis bisa menyelesaikan skripsi ini, serta keluarga tercinta yang tak henti – hentinya memberikan dukungan dan doa.
6. Rekan – rekan seperjuangan dalam proses penelitian skripsi yang selalu meberikan dukungan, bantuan, dan kerja sama yang baik.

7. Seluruh teman-teman mahasiswa angkatan 2018 dan keluarga besar Program Studi Teknik Mesin S-1 FTI ITN Malang.
8. Keluarga besar Himpunan Pelajar, Keluarga besar CEKO, Keluarga Besar Taman Borubudur X Grand Mashyur, dan mba pacar yang tidak henti – hentinya memberikan dukungan, semangat, dan hiburan untuk penulis.
9. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.*

Penulis menyadari sepenuhnya akan kekurangan dan keterbatasan yang ada dalam penyusunan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan laporan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pihak manapun. Semoga buku laporan skripsi ini bermanfaat bagi penulis pribadi dan para pembaca, serta dapat memberikan manfaat dan sumbangsih untuk perkembangan ilmu pengetahuan saat ini dan di masa yang akan datang.

Malang, Agustus 2022

Penulis

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN KEKERASAN MATERIAL DAN KEAUSAN MATERIAL BESI COR FCD 25 PADA MESIN BUBUT CNC**

**Muhammad Ali Fikri<sup>1</sup>, Teguh Rahardjo<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Email: alifikri9999@gmail.com

**ABSTRAK**

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi di bidang manufaktur, mesin–mesin juga mengalami perkembangan. Mesin CNC bukti perkembangan yang ada di bidang manufaktur. Pada pengerjaan manufaktur menggunakan mesin bubut CNC kekerasan permukaan, kekerasan material dan keausan material benda kerja dipengaruhi oleh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan. Penelitian dilakukan untuk menguji pengaruh kecepatan putar *spindle* 600rpm, 800rpm, 1000rpm dan kecepatan pemakanan 0,05mm/s, 0,10mm/s, dan 0,15mm/s pada material Besi Cor FCD25. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan alat uji *Surface Roughness Tester, Vickers*, dan Metode *Ogoshi*. Penelitian menghasilkan (1) didapatkan pengaruh yang signifikan pada variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap nilai kekasaran permukaan pada spesimen dengan kekasaran terendah pada spesimen 3 dengan rata–rata sebesar 1,16µm, sedangkan kekasaran tertinggi pada spesimen 5 rata–rata sebesar 1,96µm. (2) didapatkan pengaruh yang signifikan pada variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap data nilai kekerasan material pada spesimen, dengan kekerasan tertinggi pada spesimen 4 dengan nilai kekerasan sebesar 268,1Hv, sedangkan kekerasan terendah pada spesimen 5 dengan nilai kekerasan sebesar 219,8Hv. (3) didapatkan pengaruh yang signifikan pada variasi kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap data nilai keausan material pada spesimen, dengan keausan terendah pada spesimen 2 dengan rata–rata sebesar 1,39572E-07mm<sup>2</sup>/Kg, sedangkan keausan tertinggi pada spesimen 4 dengan rata–rata sebesar 2,55514E-07mm<sup>2</sup>/Kg.

**Kata Kunci:** Mesin CNC; Kecepatan putar; Kecepatan pemakanan; Besi Cor FCD 25

# **ANALYSIS OF THE EFFECT OF TURNING SPEED AND FEEDING SPEED ON SURFACE ROUGHNESS OF MATERIALS AND WEAR OF FCD 25 CAST IRON MATERIALS ON CNC LATHE MACHINE**

**Muhammad Ali Fikri<sup>1</sup>, Teguh Rahardjo<sup>2</sup>**

Department of Mechanical Engineering Faculty of Industrial Technology

National Institute of Technology Malang

Email: alifikri9999@gmail.com

## **ABSTRACT**

Machines are developing at a similar rate to how technology in production is growing so quickly. CNC machining is evidence of current advancements in the manufacturing industry. The rotating speed and feeding speed have an impact on the workpiece material's hardness, wear, and surface hardness when using a CNC lathe to manufacture goods. The purpose of the study was to determine how different spindle speeds 600rpm, 800rpm, and 1000 rpm and feed rates 0.05mm/s, 0.10mm/s, and 0.15mm/s would affect the performance of FCD25 Cast Iron material. Surface Roughness Tester, Vickers, and Ogoshi method were used in this study's experimental methodology. The results showed that (1) there was a significant effect on variations in rotational speed and feeding speed on the surface roughness value on the specimen with the lowest roughness on specimen 3 with an average of 1.16 $\mu$ m, while the highest roughness on specimen 5 averaged 1.96 $\mu$ m. (2) obtained a significant effect on variations in rotational speed and feed speed on the hardness value of the material in the specimen, with the highest hardness in specimen 4 with a hardness value of 268.1Hv, while the lowest hardness in specimen 5 with a hardness value of 219.8Hv. (3) obtained a significant effect on variations in rotational speed and feed speed on the data on the wear value of the material on the specimen, with the lowest wear on specimen 2 with an average of 1.39572E-07mm<sup>2</sup>/Kg, while the highest wear on specimen 4 with an average – an average of 2.55514E-07mm<sup>2</sup>/Kg.

**Keywords:** CNC Machine; Rotating speed; Feeding speed; FCD Cast Iron 25

## DAFTAR ISI

|   |       |
|---|-------|
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                  | iii   |
| BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....           | iv    |
| PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN.....      | v     |
| LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI .....    | vi    |
| LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....             | vii   |
| KATA PENGANTAR .....                      | viii  |
| ABSTRAK .....                             | x     |
| DAFTAR ISI.....                           | xii   |
| DAFTAR GAMBAR .....                       | xv    |
| DAFTAR TABEL.....                         | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN.....                    | 1     |
| 1.1 Latar Belakang .....                  | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                 | 3     |
| 1.3 Batasan Masalah.....                  | 3     |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....               | 4     |
| 1.5 Hipotesis.....                        | 5     |
| 1.6 Manfaat Penelitian .....              | 5     |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....           | 5     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....              | 7     |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....            | 7     |
| 2.1.1 Nuzulul Rahmad Romadhon, 2017 ..... | 7     |
| 2.1.2 Agusti Royan Mustofa, 2018 .....    | 7     |
| 2.1.3 Sholekhudin, 2018 .....             | 7     |
| 2.1.4 Siti Umami Purnamasari, 2019 .....  | 8     |
| 2.2 Besi Cor/Tuang FCD 25 .....           | 8     |

|                                 |   |    |
|---------------------------------|---|----|
| 2.2.1                           | Struktur Besi Cor .....                                   | 9  |
| 2.2.2                           | Besi Cor Nodular .....                                    | 12 |
| 2.3                             | Mesin Bubut ( <i>Turning</i> ) .....                      | 14 |
| 2.3.1                           | Pengertian Mesin Bubut.....                               | 14 |
| 2.3.2                           | Prinsip Kerja Mesin Bubut.....                            | 14 |
| 2.4                             | Mesin CNC ( <i>Computer Numerically Controlled</i> )..... | 15 |
| 2.5                             | Mesin Bubut CNC.....                                      | 16 |
| 2.5.1                           | Pengertian Mesin Bubut CNC.....                           | 16 |
| 2.5.2                           | Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC.....                        | 17 |
| 2.5.3                           | Cara Mengoperasikan Mesin CNC .....                       | 17 |
| 2.5.4                           | Bagian – Bagian Utama Mesin CNC .....                     | 18 |
| 2.5.5                           | Parameter Mesin Bubut.....                                | 19 |
| 2.6                             | CAD/CAM.....  | 20 |
| 2.7                             | Kekasaran Permukaan.....                                  | 23 |
| 2.7.1                           | Konfigurasi Permukaan.....                                | 24 |
| 2.7.2                           | Macam – Macam Permukaan.....                              | 25 |
| 2.7.3                           | Parameter Kekasaran Permukaan.....                        | 25 |
| 2.7.4                           | Batasan Permukaan .....                                   | 28 |
| 2.7.5                           | Pengujian Kekasaran.....                                  | 31 |
| 2.7.6                           | Menentukan Kekasaran Rata – Rata .....                    | 33 |
| 2.8                             | Pengujian Kekerasan.....                                  | 36 |
| 2.9                             | Pengujian Keausan .....                                   | 39 |
| 2.10                            | Metode Eksperimental .....                                | 44 |
| BAB III METODE PENELITIAN ..... |   | 46 |
| 3.1                             | Diagram Alir Penelitian .....                             | 46 |
| 3.2                             | Studi Literatur .....                                     | 47 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....                                  | 47        |
| 3.4 Peralatan dan Bahan Uji.....                                       | 48        |
| 3.4.1 Alat.....  | 48        |
| 3.4.2 Bahan Uji .....  | 52        |
| 3.5 Variabel Penelitian .....  | 53        |
| 3.6 Pelaksanaan Percobaan .....  | 54        |
| 3.7 Pengambilan Data Hasil Uji.....                                    | 55        |
| 3.7.1 Pengujian kekasaran hasil pembubutan dengan alat ukur.....       | 55        |
| 3.7.2 Pengujian kekerasan hasil pembubutan dengan Vickers .....        | 57        |
| 3.7.3 Pengujian keausan hasil pembubutan dengan Metode Ogoshi .....    | 59        |
| 3.8 Analisis Data .....  | 61        |
| <b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>                        | <b>62</b> |
| 4.1 Data Hasil Pengujian.....  | 62        |
| 4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran (Ra).....                         | 62        |
| 4.1.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan (HV) .....                        | 64        |
| 4.1.3 Data Hasil Pengujian Keausan (Ws).....                           | 65        |
| 4.2 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian.....                   | 67        |
| 4.2.1 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekasaran (Ra).....  | 67        |
| 4.2.2 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan (HV) ..... | 80        |
| 4.2.3 Analisa Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Keausan (Ws).....    | 84        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                 | <b>90</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 90        |
| 5.2 Saran.....   | 91        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>92</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>   | <b>94</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Contoh komposisi kimia tipikal dan sifat mekanik besi cor .....        | 9  |
| Gambar 2.2 penyebaran grafit serpih .....   | 10 |
| Gambar 2.3 Klasifikasi bentuk grafit oleh kongres <i>Committee</i> .....          | 13 |
| Gambar 2.4 Proses bubut rata (a), bubut permukaan (b), dan bubut tirus (c). 15    |    |
| Gambar 2.5 Gerakan Sumbu Utama Koordinat X dan Z .....                            | 17 |
| Gambar 2.6 Variabel – variabel dalam profil permukaan .....                       | 26 |
| Gambar 2.7 Bidang dan profil penampang permukaan .....                            | 26 |
| Gambar 2.8 Kekasaran, gelombang dan kesalahan bentuk .....                        | 30 |
| Gambar 2.9 Metode <i>surface roughness tester</i> .....                           | 32 |
| Gambar 2.10 Menentukan kekasaran rata – rata Ra .....                             | 34 |
| Gambar 2.11 Menentukan kekasaran rata – rata Ra .....                             | 34 |
| Gambar 2.12 Menentukan kekasaran rata – rata dari puncak ke lembah .....          | 35 |
| Gambar 2.13 Toleransi harga kekasaran rata – rata Ra .....                        | 36 |
| Gambar 2.14 Karakteristik berbagai pengujian kekerasan .....                      | 36 |
| Gambar 2.15 Perbandingan dimensi dari penekanan pada .....                        | 37 |
| Gambar 2.16 Penekanan benda uji .....   | 38 |
| Gambar 2.17 Tipe – tipe lekukan piramida intan .....                              | 39 |
| Gambar 2.18 Hubungan antara abrasi relatif $\epsilon$ dan kekerasan Vickers ..... | 40 |
| Gambar 2.19 Perubahan abrasi dari kombinasi cincin besi .....                     | 41 |
| Gambar 2.20 Pengaruh laju pengujian dan tekanan terhadap .....                    | 42 |
| Gambar 2.21 Pengujian keausan dengan metode ogoshi .....                          | 44 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....  | 46 |
| Gambar 3.1 Mesin Gergaji Potong .....   | 48 |
| Gambar 3.2 Kikir .....  | 48 |
| Gambar 3.3 Jangka Sorong .....  | 49 |



|   |    |
|---|----|
| Gambar 3.4 Pahat Insert.....  | 49 |
| Gambar 3.5 Mesin Bubut CNC Siemens 808d .....                                   | 50 |
| Gambar 3.6 <i>Surface Roughness Tester</i> .....                                | 51 |
| Gambar 3.7 Pengujian kekerasan Vickers .....                                    | 51 |
| Gambar 3.8 Pengujian keausan Metode Ogoshi .....                                | 52 |
| Gambar 3.9 Contoh spesimen uji menggunakan aplikasi SolidWorks.....             | 52 |
| Gambar 3.10 Contoh spesimen uji setelah dibubut menggunakan .....               | 53 |
| Gambar 3.11 Contoh spesimen uji.....  | 53 |
| Gambar 3.12 Gambar tahap pengujian kekasaran benda kerja.....                   | 55 |
| Gambar 3.13 Skema uji kekerasan.....  | 58 |
| Gambar 4.1 Titik uji kekasaran.....   | 62 |
| Gambar 4.2 Titik uji kekerasan.....   | 64 |
| Gambar 4.3 Titik uji keausan .....  | 65 |
| Gambar 4.4 Grafik rata – rata nilai kekasaran variasi kecepatan putar .....     | 68 |
| Gambar 4.5 Grafik rata – rata nilai kekasaran variasi kecepatan pemakanan ..... | 68 |
| Gambar 4.6 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                   | 71 |
| Gambar 4.7 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                   | 72 |
| Gambar 4.8 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                   | 72 |
| Gambar 4.9 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                   | 72 |
| Gambar 4.10 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 73 |
| Gambar 4.11 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 73 |
| Gambar 4.12 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 73 |
| Gambar 4.13 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 74 |
| Gambar 4.14 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 74 |
| Gambar 4.15 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 74 |
| Gambar 4.16 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....                  | 75 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.17 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 75 |
| Gambar 4.18 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 75 |
| Gambar 4.19 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 76 |
| Gambar 4.20 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 76 |
| Gambar 4.21 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 76 |
| Gambar 4.22 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 77 |
| Gambar 4.23 Grafik permukaan hasil uji kekasaran variasi .....             | 77 |
| Gambar 4.24 Grafik nilai kekerasan variasi kecepatan putar .....           | 81 |
| Gambar 4.25 Grafik nilai kekerasan variasi kecepatan pemakanan .....       | 81 |
| Gambar 4.26 Grafik rata – rata nilai keausan variasi kecepatan putar ..... | 85 |
| Gambar 4.27 Grafik rata – rata nilai keausan variasi kecepatan.....        | 86 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Kelas dan kekuatan tarik besi cor nodular .....              | 13 |
| Tabel 2.2 Komposisi unsur besi cor nodular.....                        | 14 |
| Tabel 2.3 Angka kekasaran menurut.....                                 | 28 |
| Tabel 3.1 Pengujian Kekasaran dengan Variasi Kecepatan Putar .....     | 55 |
| Tabel 3.2 Pengujian Kekasaran dengan Variasi Kecepatan Pemakanan ....  | 55 |
| Tabel 3.4 Pengujian kekerasan dengan variasi kecepatan putar .....     | 59 |
| Tabel 3.5 Pengujian kekerasan dengan variasi kecepatan pemakanan ..... | 59 |
| Tabel 3.6 Pengujian keausan dengan variasi kecepatan putar .....       | 60 |
| Tabel 3.7 Pengujian keausan dengan variasi kecepatan pemakanan .....   | 60 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekasaran Variasi Kecepatan Putar .....      | 63 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekasaran Variasi Kecepatan Pemakanan .....  | 63 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan Variasi Kecepatan Putar .....      | 64 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekerasan Variasi Kecepatan Pemakanan .....  | 65 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Keausan Variasi Kecepatan Putar .....        | 66 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Keausan Variasi Kecepatan Pemakanan .....    | 66 |
| Tabel 4.6 Toleransi harga rata – rata Ra .....                         | 78 |
| Tabel 4.7 Standar rata – rata kekasaran permukaan menurut .....        | 78 |