

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN
BENDA KERJA DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN
DENGAN BESARNYA GETARAN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
GERINDA SILINDRIS MENGGUNAKAN MATERIAL
BAJA S45C**

*The Effect of Variation of Workpiece Rotation Speed and Cutting Depth with
Vibration Magnitude on Surface Roughness in Cylindrical Grinding Process Using
S45C Steel Material*

**Agung Syarif M. Fathoni untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
di Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur
Fakultas Teknik Mesin**

Guru

IRMA ARI SUGANDA

KIRANA JULIYATI



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
2021**

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN
BENDA KERJA DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN
DENGAN BESARNYA GETARAN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
GERINDA SILINDRIS MENGGUNAKAN MATERIAL
BAJA S45C**

*The Effect of Variation of Workpiece Rotation Speed and Cutting Depth with
Vibration Magnitude on Surface Roughness in Cylindrical Grinding Process Using
S45C Steel Material*

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Mei Adi Saputra

NPM : 1041720



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2021

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN
BENDA KERJA DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN
DENGAN BESARNYA GETARAN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
GERINDA SILINDRIS MENGGUNAKAN MATERIAL
BAJA S45C**

*The Effect of Variation of Workpiece Rotation Speed and Cutting Depth with
Vibration Magnitude on Surface Roughness in Cylindrical Grinding Process Using
S45C Steel Material*

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Mei Adi Saputra

NPM : 1041720



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN
BENDA KERJA DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN
DENGAN BESARNYA GETARAN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
GERINDA SILINDRIS MENGGUNAKAN MATERIAL
BAJA S45C**

Penulis :

Mei Adi Saputra

NPM : 1041720

Penguji :

1. Ketua : Muhamad Riva'i, S.S.T., M.T.

2. Anggota : Juanda, S.S.T., M.T.

3. Anggota : Ariyanto, S.S.T., M.T.

(.....)
(.....)
(.....)

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 22 Februari 2021
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan.

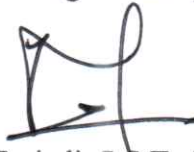
Pembimbing Utama,



Muhamad Riva'i, S.S.T., M.T.

NIP 207200030

Pembimbing Pendamping,



Indra Feriadi, S.S.T., M.T.

NIP 197602092014041001

Ketua Jurusan,



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng

NIP 198801242019031008

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Mei Adi Saputra

NPM : 1041720

Dengan judul : Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Benda Kerja dan Kedalaman Pemotongan Dengan Besarnya Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Gerinda Silindris Menggunakan Material Baja S45C.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, Maret 2021

Yang membuat pernyataan



Mei Adi Saputra

ABSTRAK

Penggerindaan silindris adalah proses mendasar dalam pemesinan akhir, sebuah komponen yang membutuhkan kekasaran permukaan yang halus dan toleransi presisi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai getaran terhadap kekasaran permukaan pada proses gerinda silindris. Metode yang digunakan yaitu metode taguchi. Variasi parameter proses gerinda silindris antara lain kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan. Penelitian ini menggunakan tiga variasi pada putaran benda kerja yaitu kecepatan 66 rpm, 100 rpm, dan 158 rpm sedangkan variasi kedalaman pemotongan yaitu 0,005 mm, 0,010 mm, dan 0,015 mm. Penelitian ini menggunakan baja S45C, didapati pada getaran 0,200 mm/s akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan terendah sebesar 0,139 μm berada pada tabel kekasaran (Ra) ISO yaitu N3 dengan kecepatan putaran 66 rpm dan kedalaman pemotongan 0,005 mm sedangkan kekasaran tertinggi terjadi pada getaran 0,327 mm/s dengan kekasaran 199 μm dengan kecepatan putaran 158 rpm dan kedalaman pemotongan 0,015 mm. Semakin cepat putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan maka getaran maupun kekasaran permukaan semakin tinggi.

Kata Kunci : Getaran, Kekasaran Permukaan, Gerinda Silindris.

ABSTRACT

Cylindrical grinding is a fundamental process in finishing machining, a component that requires fine surface roughness and precision tolerances. The purpose of this study was to determine the value of vibration to surface roughness in the cylindrical grinding process. The method used is the taguchi method. Variations in the cylindrical grinding process parameters include the rotational speed of the workpiece and the depth of cutting. This study uses three variations in the rotation of the workpiece, namely the speed of 66 rpm, 100 rpm, and 158 rpm, while the variations in the depth of cutting are 0.005 mm, 0.010 mm, and 0.015 mm. This research uses S45C steel, it was found that the vibration of 0.200 mm / s will produce the lowest surface roughness level of 0.139 μm is in the ISO roughness table (Ra), namely N3 with a rotation speed of 66 rpm and a cutting depth of 0.005 mm, while the highest roughness occurs at a vibration of 0.327 mm / s with a roughness of 199 μm with a rotation speed of 158 rpm and a cutting depth of 0.015 mm. The faster the rotation of the workpiece and the depth of cutting, the higher the vibration and surface roughness.

Keywords: Vibration, Surface Roughness, Cylindrical Grinding.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat serta inayah-Nya, yang karena-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Parameter Proses dan Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan Baja S45C pada Proses Gerinda Silindris”.

Tujuan penulisan tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Diploma IV pada Jurusan Teknik Mesin pada Prodi DIV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

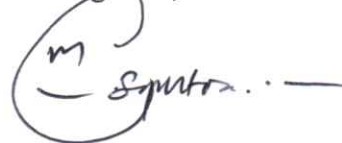
Dalam penulisan skripsi ini, penulis selalu mendapat bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Kedua Orang Tua Penulis Wartoyo dan Partini serta adik saya Nabila Kurnia Putri yang selalu memberikan cinta kasih sayang, dukungan moral, doa yang tulus, dan materi serta telah mendidik, mengarahkan, dan memotivasi dari awal hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.

4. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
5. Bapak Muhamad Riva'I, S.S.T., M.T. selaku pembimbing I.
6. Bapak Indra Feriadi, S.S.T., M.T. selaku pembimbing II.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin, PLP, Teknisi, dan Staf Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membekali saya ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun tugas akhir ini.
8. Segenap keluarga besar Kelas A Teknik Mesin dan Manufaktur 2017. Kita adalah sebuah kisah klasik yang unik untuk dikenang selalu.
9. Sahabat, teman dan orang-orang terdekat dibalik layar yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Akhirnya, Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan Penulis mohon maaf. Dengan besar harapan semoga penulisan tugas akhir ini yang ditulis oleh Penulis dapat bermanfaat khususnya bagi Penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini semoga segala amal dan kebbaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa, Aamiin.

Sungailiat, Maret 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Syutra', enclosed within a circular scribble.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
1.6 Sistematika Pelaporan	I-4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Gerinda Silindris	II-1
2.1.1 Pengertian Gerinda Silindris	II-1
2.1.2 Proses Permesinan Gerinda Silindris	II-1
2.1.3 Parameter Mesin Gerinda Silindris	II-3
2.2 Batu Gerinda	II-4
2.3 Kekasaran Permukaan	II-5
2.4 Sinyal Getaran	II-7
2.4.1 Perpindahan (<i>Displacement</i>)	II-8
2.4.2 Kecepatan (<i>Velocity</i>)	II-8
2.4.3 Percepatan (<i>Acceleration</i>)	II-8

2.5 Material Baja S45C	II-9
2.6 Alat Ukur	II-9
2.7 Metode <i>Taguchi</i>	II-10
2.7.1 <i>Design of Experiment</i> (DOE)	II-11
2.7.2 Uji Distribusi F	II-16

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	III-2
3.3 Bahan Penelitian.....	III-3
3.4 Peralatan Penelitian.....	III-3
3.4.1 Mesin Gerinda Silindris.....	III-3
3.4.2 Mesin Bubut	III-3
3.4.3 Batu Gerinda	III-4
3.4.4 Alat Uji Getaran	III-4
3.4.5 Alat Uji Kekasaran	III-5
3.5 Prosedur Penelitian.....	III-5
3.6 Penentuan Faktor dan Level Ekperimen	III-7

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan	IV-1
4.2 Penentuan Kombinasi Variabel Untuk Respon Optimal.....	IV-2
4.3 Analisis Variansi dan Persen Kontribusi.....	IV-3
4.3.1 Analisis Variansi Rata-rata Kekasaran Permukaan	IV-3
4.3.2 Persen Kontribusi	IV-7
4.4 Hasil Prediksi Nilai Kekasaran Permukaan dan Interval Keyakinan.....	IV-9
4.5 Penentuan Parameter Perhitungan Rasio S/N dari Respon.....	IV-10
4.6 Perhitungan Rasio S/Ndari Respon.....	IV-11
4.6.1 Pengaruh level dari Faktor Terhadap Variasi Kekasaran Permukaan	IV-13
4.6.2 Analisis Varian Rasio S/N	IV-14
4.6.3 Persen Kontribusi	IV-18
4.7 Prediksi Rasio S/N Kekasaran Permukaan Yang Optimal.....	IV-19
4.8 Hasil Data Getaran	IV-20

4.9 Pembahasan.....	IV-22
4.9.1 Hasil Perhitungan Rata-rata.....	IV-22
4.9.2 Hasil Perhitungan Rasio S/N	IV-24
4.9.3 Getaran	IV-27
4.10 Analisis.....	IV-27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	IV-1
5.2 Saran.....	IV-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Tingkatan Kekasaran	II-6
Tabel 2.2 Matrik Ortogonal L9	II-12
Tabel 2.3 Analisis Variansi	II-14
Tabel 3.1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji	III-8
Tabel 3.2 Desain Taguchi L ₉ OA	III-8
Tabel 3.3 Desain Faktorial Penelitian	III-8
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran	IV-1
Tabel 4.2 Respon Rata-rata Hasil Pengukuran Kekasaran Pengaruh Faktor	IV-2
Tabel 4.3 Kombinasi Variabel Proses untuk Respon Optimal	IV-3
Tabel 4.4 Analisis Variansi Rata-rata Kekasaran Permukaan	IV-7
Tabel 4.5 Persen Kontribusi	IV-8
Tabel 4.6 Rasio S/N untuk Respon	IV-10
Tabel 4.7 Kombinasi Variabel Proses untuk Respon Optimal	IV-11
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan S/N	IV-13
Tabel 4.9 Respon Rasio S/N Terhadap Kekasaran Permukaan	IV-14
Tabel 4.10 Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan	IV-17
Tabel 4.11 Persen Kontribusi Rasio S/N	IV-19
Tabel 4.12 Persen Kontribusi	IV-23
Tabel 4.13 Persen Kontribusi	IV-24
Tabel 4.14 Kondisi Hipotesis Nol Respon Secara Serentak	IV-26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mesin Gerinda Silindris JAINNHER JHU-3506 H	II-2
Gambar 2.2	Kodefikasi Batu Gerinda (Rochim, 1993).....	II-5
Gambar 2.3	Frekuensi, Amplitudo dan Akselerasi	II-7
Gambar 2.4	Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan (Vierck, 1995)	II-8
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	III-1
Gambar 3.2	Bahan Penelitian.....	III-3
Gambar 3.3	Mesin Gerinda Silindris	III-3
Gambar 3.4	Mesin Bubut	III-4
Gambar 3.5	Batu Gerinda A3CMS-V12.....	III-4
Gambar 3.6	Alat Uji Getaran	III-5
Gambar 3.7	Alat Uji Kekasaran	III-5
Gambar 3.8	Titik Pengambilan Data Kekasaran	III-7
Gambar 4.1	Grafik Pengukuran Getaran pada Kecepatan Putaran 66 Rpm ...	IV-20
Gambar 4.2	Grafik Pengukuran Getaran pada Kecepatan Putaran 100 Rpm .	IV-21
Gambar 4.3	Grafik Pengukuran Getaran pada Kecepatan Putaran 158 Rpm .	IV-21
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Getaran Terhadap Benda Kerja	IV-22

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Kecepatan Putaran Benda Kerja	II-4
Rumus 2.2 Semakin Kecil Semakin Baik	II-13
Rumus 2.3 Tertuju Pada Nilai Tertentu	II-13
Rumus 2.4 Semakin Besar Semakin Baik.....	II-13
Rumus 2.5 Jumlah Kuadrat (<i>Sum of Square</i>)	II-14
Rumus 2.6 Derajat Kebebasan (<i>Degree of Freedom</i>) Faktor.....	II-15
Rumus 2.7 Derajat Kebebasan (<i>Degree of Freedom</i>) Total.....	II-15
Rumus 2.8 Derajat Kebebasan (<i>Degree of Freedom</i>) <i>Error</i>	II-15
Rumus 2.9 Rata-rata Kuadrat (<i>Mean Square</i>).....	II-15
Rumus 2.10 Jumlah Kuadrat Total	II-15
Rumus 2.11 Jumlah Kuadrat Rata-rata	II-15
Rumus 2.12 Jumlah Kuadrat <i>Error</i>	II-15
Rumus 2.13 Jumlah Kuadrat Faktor	II-15
Rumus 2.14 Rata-rata Kuadrat <i>Error</i>	II-16
Rumus 2.15 Frasio	II-16

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 Data Kekasaran Permukaan
- Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Getaran
- Lampiran 4 Hasil Pengukuran Kekasaran Kekasaran
- Lampiran 5 Perhitungan *Software* Rata-rata
- Lampiran 6 Perhitungan *Software* Rata-rata S/N
- Lampiran 7 Distribusi Nilai $T_{tabel 0,5}$
- Lampiran 8 Sertifikat Baja S45C
- Lampiran 9 Langkah-langkah Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempunyai peranan yang penting dalam kemajuan suatu bangsa sekaligus mempengaruhi keberhasilan pembangunan di bidang industri, hal itu dilihat dari kemajuan teknologi yang semakin canggih. Tetapi hal itu tentunya bukan berarti permesinan secara konvensional ditinggalkan karena dasar dari pada permesinan tersebut berasal dari permesinan konvensional. Di industri tersebut keduanya memakai perpaduan mesin digital dan konvensional. Dalam dunia industri proses permesinan merupakan hal yang paling penting. Proses permesinan merupakan proses membentuk sebuah benda kerja menjadi benda jadi dengan tujuan untuk mendapatkan produk jadi dengan ukuran, bentuk, dan kualitas permukaan yang diharapkan (Mulyadi, 2012).

Proses gerinda adalah suatu tipe *abrasive machining* yang digunakan untuk melakukan proses *finishing*. Hal ini merupakan proses pelepasan material dengan pahat yang berupa batu gerinda yang berbentuk piringan (*grinding wheel/disk*), yang mana batu gerinda tersebut terbuat dari campuran serbuk abrasif dan bahan pengikat dengan komposisi dan struktur tertentu. Dengan penggerindaan maka kekasaran permukaan benda kerja yang rendah dan toleransi yang sempit bisa dicapai serta dapat menghasilkan kehalusan dan kerataan benda kerja yang dikeraskan (Anam dan Pamuji, 2017).

Proses permesinan gerinda terjadi akibat adanya gerak relatif antara batu gerinda dan benda kerja yang akan menghasilkan variasi *chip*, hal tersebut akan mengakibatkan timbulnya perubahan gaya, sehingga amplitudo getaran terus membesar dengan cepat. Beriring dengan amplitudo yang membesar akan menimbulkan getaran pada mesin gerinda. Pengaruh getaran tersebut akan menimbulkan hasil pengukuran yang diperoleh kurang tepat dan dapat merusak komponen mesin. Getaran yang terjadi pada mesin ditimbulkan karena terjadinya

pertemuan batu gerinda dengan benda kerja secara bersamaan pada saat proses permesinan berlangsung dan ketidakseimbangan elemen yang berputar. Hal-hal tersebut yang akan menimbulkan getaran yang cukup besar. Pada mesin gerinda, kedalaman pemotongan juga berpengaruh besar terhadap timbulnya getaran. Dampak dari getaran yang terjadi pada kondisi besarnya kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan ini harus dihindari karena getaran bersifat merugikan, diantaranya menurunkan kualitas permukaan, mengurangi tingkat kepresisian dimensi benda kerja, menyebabkan batu gerinda terpecah karena getaran yang berlebihan terhadap benda kerja, serta dapat mengakibatkan kerusakan mesin atau poros (Feriadi dkk, 2017).

Pada saat dilakukannya proses kedalaman pemotongan yang akan mengakibatkan timbulnya getaran-getaran dikarenakan terjadi gesekan antara batu gerinda dan benda kerja yang akan menyebabkan kualitas dan hasil dari permukaan benda kerja. Kualitas permukaan benda kerja tergantung pada kondisi pemotongan (*cutting condition*), adapun yang dimaksud mengenai kondisi pemotongan di sini yaitu besarnya kecepatan spindle dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*) (Yanuar dkk, 2014). Mesin gerinda merupakan solusi yang dapat mengatasi masalah kekasaran permukaan benda kerja, untuk menghasilkan tingkat kehalusan permukaan yang tinggi, salah satunya dapat dilakukan dengan cara penengerindaan permukaan (Anne, 2016).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hessainia dkk (2013), yang berjudul “Prediksi Kekasaran Permukaan pada Balokan Keras Berdasarkan Parameter Pemotongan dan Getaran Pahat” mengatakan bahwa getaran telah dilaporkan cukup kuat berkorelasi dengan kekasaran permukaan dan fitur yang berbeda dari sinyal getaran telah dipilih untuk memperkirakan kualitas permukaan. Faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan adalah getaran mesin.

Anam dan Pamuji (2017), pernah melakukan penelitian dengan judul “Memprediksi Nilai Kekasaran Permukaan Dengan Besarnya Getaran Amplitudo Pada Gerak *Cross Feed* Proses Gerinda Datar Dengan Material *Hardened Tool Steel* SKD11” menyatakan bahwa kekasaran permukaan proporsional langsung

dengan amplitudo getaran. Oleh sebab itu, pengukuran sinyal getaran untuk memprediksi kekasaran permukaan benda kerja pada proses pengerindaan.

Berdasarkan latar belakang diatas perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan pengaruh getaran terhadap tingkat kekasaran hasil proses gerinda silindris. Hal ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh parameter proses permesinan gerinda silindris diwakili oleh parameter kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemakanan terhadap hasil akhir proses permesinan gerinda silindris dengan material baja S45C.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah dicantumkan pada latar belakang maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai :

Seberapa besar pengaruh getaran yang memvariasikan kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan benda kerja hasil gerinda silindris pada bahan baja S45C ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian yang akan dilakukan berjalan secara fokus dan terarah supaya dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka batasan masalah yang dilakukan yaitu :

1. Proses penelitian ini menggunakan mesin gerinda silinder JAINNHER JHU-3506H dengan jenis batu gerinda A36M5-V12.
2. Kecepatan putar benda kerja 66 rpm, 100 rpm, dan 158 rpm dan kedalaman pemotongan yang akan digunakan yaitu 0.005 mm, 0.010 mm, 0.015 mm
3. Benda kerja yang digunakan yaitu menggunakan material bahan baja S45C tanpa perlakuan panas.
4. Batu gerinda yang digunakan yaitu tipe A36M5-V12.
5. Melakukan pengujian kekasaran dengan menggunakan alat uji kekasaran *Surface Roughness Tester*.
6. Pengujian getaran akan dilakukan menggunakan alat uji getaran *Vibroport 80*.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

Untuk mengetahui nilai getaran dengan memvariasikan kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja dengan material baja S45C pada proses gerinda silindris.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam mengetahui nilai kekasaran permukaan baja S45C pada proses gerinda silindris dan memberikan informasi dalam pemilihan variasi parameter yang tepat mengenai getaran terhadap kekasaran permukaan.

Dengan adanya penelitian ini dapat dijadikan bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang pengaruh getaran terhadap kekasaran permukaan pada permesinan gerinda silindris.

1.6 Sistematika Pelaporan

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini sistematika pelaporannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika pelaporan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berhubungan dengan tema yang diambil.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode, diagram alir dan tahapan yang dilaksanakan dalam proses penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan analisa hasil penelitian dalam penentuan parameter optimal yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dalam melakukan penelitian serta saran yang diharapkan dapat bermanfaat bagi penelitian lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Gerinda Silindris

2.1.1 Pengertian Gerinda Silindris

Gerinda silindris adalah proses mendasar pada penelitian pada permesinan akhir sebuah komponen yang memerlukan kekasaran permukaan yang halus dan toleransi yang presisi. Variasi parameter proses penggerindaan silindris antara lain kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemakanan. Prinsip kerja penggerindaan sama dengan proses pemotongan benda kerja, pisau, atau alat potong gerinda adalah batu gerinda yang tersusun dari partikel abrasif yang saling melekat. Proses penggerindaan terjadi oleh batu gerinda yang berputar dan menggesek permukaan benda kerja (Harryadi dan Arief, 2015).

2.1.2 Proses Permesinan Gerinda Silindris

Proses gerinda adalah salah satu tipe *abrasive machining* yang digunakan untuk proses *finishing*. Proses ini merupakan pahat yang berupa batu gerinda berbentuk piringan (*grinding wheel/disk*), yang dibuat dari campuran sebuk abrasif dan bahan pengikat dengan komposisi dan struktur tertentu. Dengan menggunakan proses gerinda maka kekasaran permukaan produk yang rendah dan toleransi geometrik yang sempit dapat dicapai dengan cara yang mudah, serta dapat digunakan untuk menghaluskan dan meratakan benda kerja yang dikeraskan (Anam dan Pamuji, 2017).

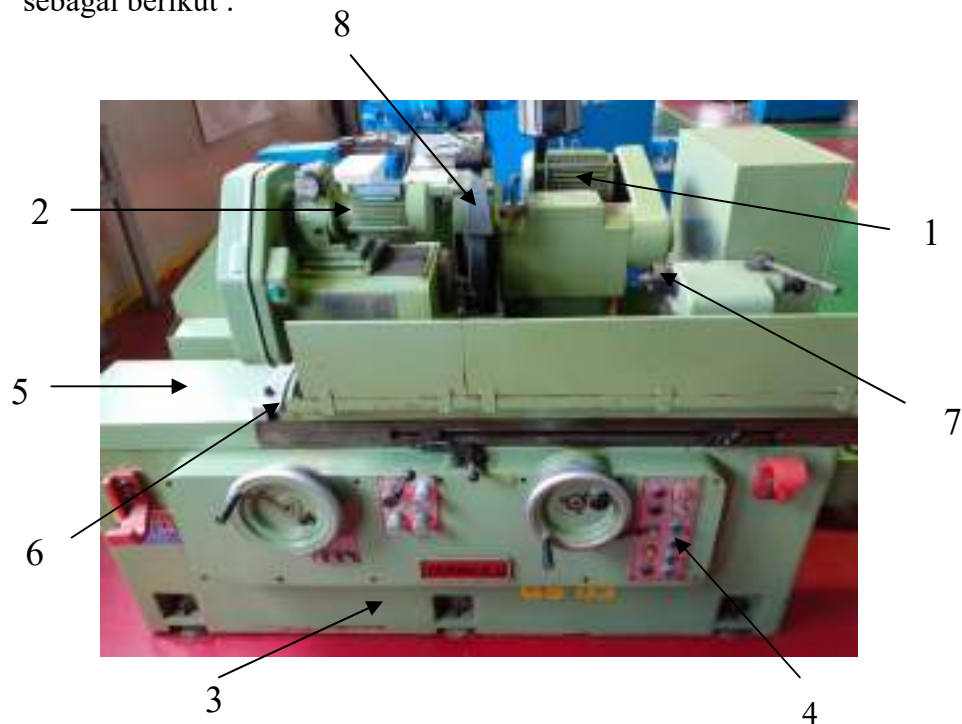
Mesin gerinda silindris berfungsi untuk mengurangi diameter dari benda kerja yang berbentuk silinder atau tirus. biasanya benda kerja yang digunakan berbentuk bulat, dalam hal ini bisa silinder pejal ($\varnothing$ luar), silinder tengahnya lubang ($\varnothing$ dalam), atau juga exentrik. Semakin besar batu gerinda yang digunakan maka semakin besar pula sudut kontak (ϵ) pada benda kerja. Mesin ini biasanya digunakan untuk proses akhir atau *finishing* dari proses

permesinan dengan tujuan mendapatkan tingkat kekasaran permukaan terendah.

Jenis mesin gerinda ini dibagi menjadi empat macam yaitu :

1. Mesin gerinda silindris luar, digunakan untuk menggrinda diameter luar dari benda kerja yang berbentuk silinderis atau tirus.
2. Mesin gerinda silindris dalam, digunakan untuk menggerinda diameter dalam yang berbentuk silinderis atau tirus.
3. Mesin gerinda silindris universal, digunakan untuk menggerinda diameter luar dan dalam berbentuk silinderis atau tirus.
4. Mesin gerinda silindris luar tanpa senter, digunakan untuk menggerinda diameter luar yang berbentuk silindris dalam jumlah banyak baik panjang dan pendek.

Mesin gerinda silindris memiliki bagian-bagian utama pada mesin. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan bagian-bagian utama mesin gerinda silindris sebagai berikut :



Gambar 2.1 Mesin Gerinda Selindris JAINNHER JHU-3506H

Keterangan :

1. Kepala utama, berfungsi sebagai bagian yang menghasilkan gerak putar roda gerinda.
2. Spindel utama benda kerja (*workhead*), berfungsi sebagai bagian yang mengatur kecepatan putar dan pencekaman benda kerja.
3. Kaki mesin, berfungsi sebagai pendukung mesin.
4. Panel kontrol, berfungsi sebagai bagian pengatur proses kerja mesin.
5. Meja bawah, berfungsi sebagai dudukan meja atas.
6. Meja atas, berfungsi sebagai tempat dudukan kepala lepas di spindel utama benda kerja dan dapat diatur sudutnya.
7. Kepala lepas (*tailstock*), berfungsi sebagai menyangga benda kerja pada pencekaman diantara dua senter.
8. Perlengkapan pendingin, berfungsi sebagai tempat pengatur aliran cairan pendingin

2.1.3 Parameter Mesin Gerinda Silindris

Terdapat parameter pada mesin gerinda silindris yang mana parameter tersebut dapat langsung diatur oleh operator mesin ketika sedang mengoperasikan mesin gerinda silindris. Seperti umumnya pada mesin-mesin konvensional lainnya, parameter yang dapat diatur pada mesin gerinda silindris antara lain putaran benda kerja (n), kedalaman pemotongan (a), dan gerak meja (f). Putaran benda kerja dapat langsung diatur dengan cara mengubah posisi sabuk pada puli, sedangkan kedalaman pemotongan dapat diatur dengan cara memutar eretan pada mesin, dan gerak meja dapat diatur menggunakan tuas kontrol yang dapat diatur cepat lambatnya gerak meja pada mesin gerinda silindris.

1. Kecepatan putaran benda kerja

Untuk menentukan kecepatan putaran benda kerja ada beberapa faktor yang dipertimbangkan yaitu, jenis bahan yang akan dikerjakan, diameter benda kerja, jenis pahat/pisau, dan hasil kekasaran permukaan yang diinginkan. Adapun rumus kecepatan putaran benda kerja yaitu :

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \text{ rpm} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_c = kecepatan potong (mm/menit).

d = diameter pisau/pahat (mm).

π = 3,14 atau 22/7

n = kecepatan putaran benda kerja (rpm)

2. Kedalaman pemotongan (*depth of cut*)

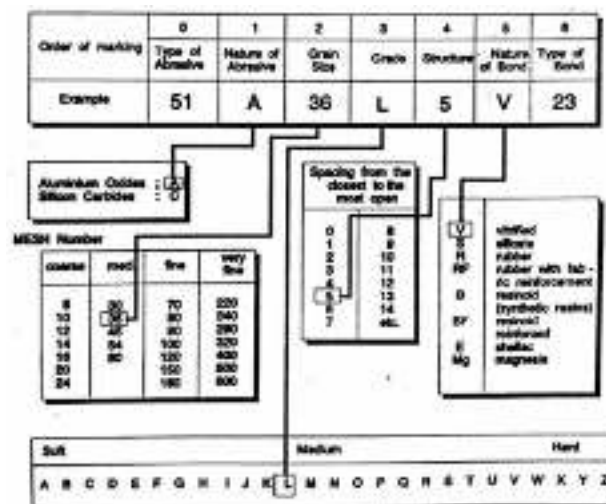
Menentukan kedalaman pemakanan (*deep of cut*) untuk menentukan nilai kedalaman pemakanan tentu kita tidak menggunakan rumus. Tebal pemakanan dapat dipilih berdasarkan material benda kerja. Kita hanya menggunakan batas aman untuk penyayatan benda kerja yang akan digunakan karena jika kedalam pemakanan terlalu dalam untuk tekstur keras maka yang akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti pahat patah, batu gerinda terpecah dan sebagainya. Maka penentuan untuk kedalaman pemotongan (*deep of cut*) adalah 0,005 mm, 0,010 mm, dan 0,015 mm.

2.2 Batu Gerinda

Batu gerinda dibuat dari campuran serbuk abrasif dengan bahan pengikat. Dari kombinasi dua elemen tersebut menghasilkan jenis-jenis batu gerinda dengan fungsi yang berbeda-beda. ISO merekomendasikan pemakaian jenis batu gerinda yang telah distandarkan (ISO 525, 1975). Kode tersebut merupakan tanda yang harus ada pada batu gerinda yang terdiri dari 7 kelompok huruf dan angka dengan arti tertentu. Ketujuh kelompok tersebut secara berurutan adalah (Rochim, 1993) :

1. Spesifikasi serbuk abrasif, sesuai dengan klasifikasi dari pabrik pembuat,
2. Jenis serbuk abrasif,
3. Ukuran serbuk abrasif,
4. Kekerasan atau kekuatan ikatan,
5. Struktur,
6. Jenis bahan pengikat, dan
7. Spesifikasi bahan pengikat

Ketujuh kelompok huruf dan angka tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut (Rochim, 1993) :



Gambar 2.2 Kodefikasi Batu Gerinda (Rochim, 1993)

Ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan roda gerinda yang akan dipergunakan pada proses pemesinan, antara lain:

- Sifat fisik benda kerja, menentukan pemilihan jenis butiran abrasif. Tegangan tarik tinggi – Al_2O_3 , tegangan tarik rendah – SiC , *boron nitrid* dan intan.
- Banyaknya material yang harus dipotong dan hasil akhir yang diinginkan, menentukan pemilihan ukuran butiran abrasif.

2.3 Kekasaran Permukaan

Karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen ialah permukaan yang halus. Dalam prosesnya memang sulit untuk mendapatkan atau menghasilkan suatu komponen yang benar-benar halus. Hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin yang digunakan pada saat pelaksanaannya. Hingga saat ini sudah banyak parameter yang digunakan dalam pembahasan karakteristik permukaan, namun belum ada suatu parameter yang menjelaskan secara sempurna mengenai keadaan yang sesungguhnya dari permukaan.

Surface roughness atau kekasaran permukaan adalah komponen tekstur dari permukaan. Nilai kekasaran sendiri dinyatakan dalam *roughness average* atau *Ra*. Nilai kekasaran (*Ra*) adalah parameter kekasaran yang paling umum dan sering digunakan di berbagai negara. Nilai kekasaran sendiri bisa diartikan sebagai rata-rata aritmatika serta adanya penyimpangan pada profil kekasaran. Pada proses permesinan untuk mendapatkan hasil yang memuaskan maka dilakukan proses *finishing*, salah satu proses permesinan *finishing* yaitu mesin gerinda silinderis. Kekasaran rata-rata secara aritmatika (*Ra*) dihitung berdasarkan harga rata-rata dari nilai absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

Nilai penyimpangan rata-rata aritmatika telah diklasifikasikan oleh ISO menjadi 12 tingkat kekasaran. Tingkat kekasaran ini dilambangkan dari N1 hingga N12 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.1 (Rochim, 2001).

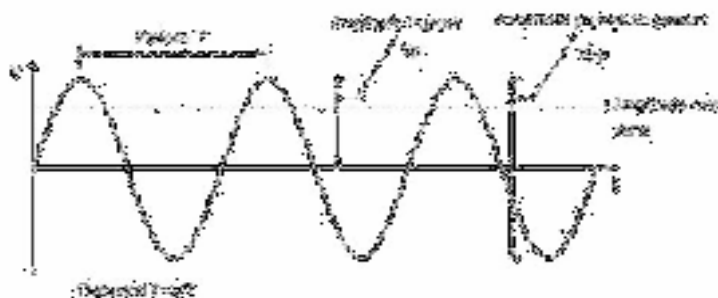
Tabel 2.1 Tingkatan Kekasaran

Harga Kekasaran (<i>Ra</i>) (μm)	Angka Kelas Kekasaran	Panjang Sampel
50	N 12	8
25	N 11	
12,5	N 10	2,5
6,3	N 9	
3,2	N 8	
1,6	N 7	0,8
0,8	N 6	
0,4	N 5	
0,2	N 4	
0,1	N 3	0,25
0,005	N 2	
0,025	N 1	

2.4 Sinyal Getaran

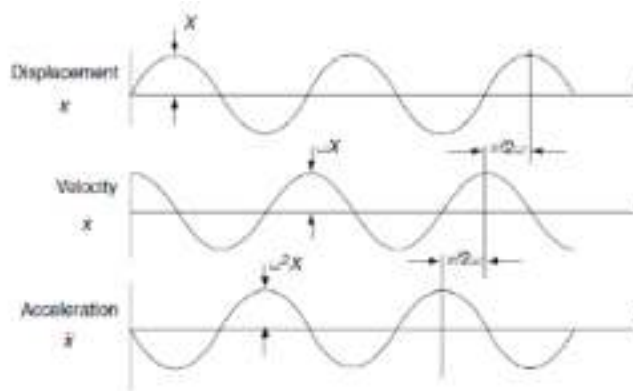
Vibrasi atau getaran yaitu suatu gerak bolak balik dari suatu benda terhadap posisi stasionernya (Arista, 2012). Suatu getaran dapat berupa benturan yang berulang secara terus menerus atau dapat dikatakan juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak. Getaran mesin dapat disebabkan oleh adanya variasi oleh sistem penggerak menjadi gaya yang memiliki resultan tidak sama dengan nol atau resultan gaya yang berubah-ubah. Jika semua gaya tersebut mempunyai arah yang dapat dihitung secara tepat dan akurat maka keseimbangan mesin tersebut akan terjadi sehingga tidak menimbulkan getaran. Tetapi, gaya di dalam sebuah mesin selalu berubah-ubah arahnya, belum lagi ditambah gaya luar sebagai gangguan misalnya dari efek inersia (Karyasa, 2011).

Gejala getaran pada umumnya dijumpai pada mesin-mesin yang sedang bekerja atau berputar. Getaran tersebut dapat dirasakan dengan menyentuhkan jari pada permukaan yang bergerak atau dapat diukur dengan menggunakan sensor getaran yang diletakkan pada permukaan tersebut. Dalam konteks yang paling sederhana bahwa gelombang adalah getaran yang merambat melalui medium, getaran dapat dianggap gerakan berulang dari suatu objek disekitar suatu posisi kesetimbangan. Posisi kesetimbangan adalah posisi suatu objek dimana jumlah gaya yang dikenakan pada objek tersebut adalah sama dengan nol. Tipe getaran ini disebut *whole body motion*, yang berarti bahwa semua bagian dari objek tersebut bergerak bersamaan pada arah yang bersamaan disemua titik pada waktunya (Thomson, 1995). Pada Gambar 2.3 dibawah di tunjukan gelombang frekuensi, amplitudo dan akselerasi.



Gambar 2.3 Frekuensi, Amplitudo dan Akselerasi

Frekuensi adalah salah satu karakteristik dasar yang digunakan untuk mengukur dan menggambarkan getaran. Karakteristik lainnya yaitu perpindahan, kecepatan, dan percepatan. Setiap karakteristik ini menggambarkan tingkat getaran, hubungan karakteristik ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan (Vierck, 1995)

2.4.1 Perpindahan (*Displacement*)

Perpindahan adalah gerakan suatu titik dari suatu tempat ke tempat lain yang mengacu pada titik tertentu yang tidak bergerak atau ukuran dari jarak aktual yang dilalui komponen mesin yang timbul dari getaran komponen. Nilai maksimum dari perpindahan disebut sebagai amplitudo getaran.

2.4.2 Kecepatan (*Velocity*)

Kecepatan adalah suatu getaran untuk mengukur kecepatan dari sebuah objek titik nol (*zero*) ke puncak (*peak*). Kecepatan gerak mesin selalu dinyatakan dalam kecepatan puncak (*peak velocity*). Kecepatan puncak gerakan terjadi pada simpul gelombang (Kelly, 1996).

2.4.3 Percepatan (*Acceleration*)

Percepatan adalah perubahan kecepatan dari titik nol (*zero*) ke puncak (*peak*). Percepatan berhubungan erat dengan gaya. Gaya yang menyebabkan getaran pada bantalan mesin atau bagian-bagian lain dapat ditentukan dari besarnya getaran (Kelly, 1996).

2.5 Material Baja S45C

S45C adalah baja medium dengan kandungan carbon 0.45%, sudah dalam bentuk digulung (*rolled*) atau dinormalisasi. Tersedia dalam bentuk as bulat, dan lembaran. S45C memiliki kemampuan las dan dapat mengalami perlakuan panas berdasarkan standar JIS G 4051-2009. Baja S45C adalah baja dengan daya renggang menengah yang dipasok dalam kondisi gulungan panas hitam atau kondisi normal. Baja ini memiliki kekuatan untuk diregangkan 570-700 Mpa dan kekerasan *brinell* diantara 170 dan 210. Baja S45C memiliki kemampuan pengerasan yang rendah dengan ukuran sekitar 60 mm yang direkomendasikan untuk pencampuran dan pengerasan. Namun, itu dapat secara efisien dipanaskan atau pengerasan secara induksi dalam kondisi normal atau gulungan panas untuk mendapatkan permukaan yang keras dengan kisaran *Rc* 54-*Rc* 60 berdasarkan faktor-faktor seperti ukuran, jenis pengaturan, medium pendingin yang digunakan, dan lainnya. Baik Baja S45C maupun S50C banyak digunakan dalam manufaktur mesin, seperti untuk membuat komponen mekanis, antara lain *base plate*, pegas, *milling cutter*, roda gigi, *studs shafts*, palang penegang, *standard punch head*, *roller*, poros, beban *spindle*, dan lain-lain.

2.6 Alat Ukur

Surface Roughness Tester yaitu ketidak halusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan hasil pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *roughness average (Ra)*. Didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata. *Roughness tester* dapat digunakan di lantai setiap posisi, horizontal, vertikal, atau dimana pun.

Vibroport 80 adalah generasi terbaru *portabel Brüel & Kjær Vibro* alat ukur. Kemudahan pengoperasian dan fleksibilitas dalam menuntut aplikasi terus menjadi fungsionalitas penting, tetapi *vibroport 80* telah dirancang untuk menjadi lebih kuat dari pendahulunya dan dilengkapi dengan bermacam-macam fungsi analisis baru, *Vibroport 80* memiliki kesensitivitasan 10.18 mV/ms^{-2} atau 99.8

mV/g. *Vibroport 80* adalah pengukur getaran portabel yang ideal perangkat untuk menangkap getaran mesin dan melakukan diagnosa rinci untuk menentukan sifat dan penyebab banyak kesalahan yang berkembang.

2.7 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi berupaya mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), karena metode ini disebut juga sebagai perencanaan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2009).

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk :

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitasnya kokoh terhadap kondisi lingkungan.
2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen.
3. Meminimalkan variasi disekitar target.

Metode Taguchi mempunyai beberapa keunggulan seperti :

1. Desain eksperimen Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan jumlah.
2. Desain eksperimen Taguchi memungkinkan diperolehnya suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan).
3. Metode Taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai respon faktor-faktor dan level dari faktor-faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

2.7.1 *Design of Experiment (DOE)*

Design of experiment (DOE) merupakan evaluasi terhadap dua atau lebih faktor terhadap kemampuan untuk mempengaruhi rata-rata dari karakteristik produk. DOE yang baik yaitu mempunyai efisiensi yang tinggi dan dapat memberikan informasi yang optimal (Soejanto, 2009).

Terdapat dua tahapan utama desain eksperimen Taguchi. Tahapan tersebut adalah (Soejanto, 2009):

1. Tahap Perencanaan

Tahap ini akan menghasilkan percobaan yang memberikan informasi positif atau negatif. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah (Soejanto, 2009):

a. Identifikasi Faktor (Variabel Bebas)

Faktor atau variabel bebas yaitu perubahan variabelnya tidak bergantung dengan variabel lain. Faktor dipilih dari mana saja untuk diselidiki pengaruhnya terhadap variabel respon. Dengan demikian, percobaan dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

b. Variabel Respon

Variabel respon yaitu perubahan dimana variabelnya bergantung pada variabel lain. Suatu eksperimen harus ditentukan dengan jelas variabel respon yang akan diteliti.

c. Pemilihan Matriks Otrhogonal

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Matriks ortogonal. Matriks standart ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode Matriks ortogonal terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input masing-masing eksperimen.

Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai ditentukan dari jumlah derajat kebebasan dan jumlah level variabel. Matriks ortogonal memiliki kemampuan untuk mengevaluasi jumlah variabel dengan jumlah percobaan yang minimum. Suatu matriks ortogonal dilambangkan persamaan :

$L_a(b^c)$

Keterangan :

L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyaknya percobaan

b = Banyaknya level variabel

Matriks ortogonal $L_9(3^2)$ ialah salah satu matriks orthogonal standart terdiri dari beberapa level gabungan. Matriks otogonal $L_9(3^2)$ ditunjukkan pada Table 1 kolom pertama terdiri dari tiga level, dan ketiga kolom yang lainnya terdiri dari level (Soejanto, 2009). Dibawah ini akan menunjukan Tabel 2.2 Matrik Ortogonal L_9 .

Tabel 2.2 Matrik Ortogonal L_9

Exp.	Kecepatan Putaran	Kedalaman Pemotongan
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

2. Tahap Pelaksanaan

Jumlah replikasi termasuk kedalam tahap pelaksanaan. Replikasi merupakan pengulangan perlakuan pada kondisi yang sama dalam suatu percobaan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi, mengurangi kesalahan serta memperoleh harga taksiran dari kesalahan (Soejanto, 2009).

3. Tahap Analisis

Tahap ini meliputi pengumpulan dan pengolahan data. Perhitungan dan pengujian data statistik dilakukan pada data hasil percobaan. Rasio S/N (*Signal to Noise*) dipakai untuk memilih variabel-variabel yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yaitu ukuran variasi yang timbul. Rasio S/N tergantung dari jenis karakteristik kualitas, yaitu (Soejanto, 2009):

1. Semakin kecil semakin baik

Ialah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non-negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. Rasion S/N untuk karakteristik ini menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Tertuju pada nilai tertentu

Ialah karakteristik kualitas dengan nilai target bukan nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut ialah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{y})^2}{n} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

3. Semakin besar semakin baik

Ialah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan nonnegatif sehingga nilai yang semakin besar ialah yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

Analysis of variance (Anova) merupakan teknik yang memungkinkan untuk menguji perbedaan variasi pengaruh satu faktor dari sampel yang diambil memiliki kesamaan rata-rata atau tidak. *Analysis of variance*

(Anova) digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut bisa diketahui dengan membandingkan nilai *sum of square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali.

Analisa variansi (Anava) ialah suatu teknik yang digunakan untuk penganalisis data yang telah disusun dalam desain secara statistik (Soejanto, 2009). Pada analisis ini, dilakukan dengan menguraikan seluruh variansi atas bagian-bagian yang diteliti. Anava digunakan sebagai media menganalisis data percobaan yang terdiri dua variabel atau lebih. Table anava terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS), kuadrat tegah (*mean of square*, MS), dan F_{hitung} seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3 Analisa Variasi Dibawah ini.

Tabel 2.3 Analisa Variansi

Sumber Variasi	Db	SS	MS	F_{hitung}
Variabel A	V_A	SS_A	MS_A	F_A
Variabel B	V_B	SS_B	MS_B	F_B
Error	V_{error}	SS_{error}	MS_{error}	
Total	V_T	SS_T		

Berikut merupakan persamaan untuk menghitung jumlah kuadrat, rata-rata kuadrat, derajat kebebasan, dan nilai F. (Soejanto, 2009):

1. Jumlah kuadrat (*sum of square*)

Jumlah kuadrat setiap faktor, contoh untuk faktor A:

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \dots + \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

A_1 = Jumlah nilai data pada faktor A

A_2 = Jumlah nilai data pada faktor A level 2

n_{A_1} = Banyak data pada faktor A level 1

n_{A_2} = Banyak data pada faktor A level 2

T = Jumlah seluruh nilai data

N = Banyak data keseluruhan

2. Derajat kebebasan (*degree of freedom*)

Derajat kebebasan setiap faktor, derajat kebebasan total dengan *error* dan derajat kebebasan *error*.

V_a = Banyak level pada faktor A – 1 (2.6)

V_t = Total semua level – 1 (2.7)

V_e = $V_t - (V_a + V_b + \dots V_n)$ (2.8)

Dimana:

V_a = Derajat kebebasan faktor A

V_t = Derajat kebebasan total

V_e = Derajat kebebasan *error*

3. Rata-rata kuadrat (*mean square*)

Rata-rata kuadrat setiap faktor, contoh untuk faktor A:

$MS_A = \frac{SS_A}{V_A}$ (2.9)

Jumlah kuadrat total

$SS_T = \sum y^2$ (2.10)

Dimana:

y = Nilai data

4. Jumlah kuadrat karena rata-rata

$SS_m = n \bar{y}^2$ (2.11)

Dimana:

n = Banyak data

5. Jumlah kuadrat *error*

$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}}$ (2.12)

Dimana:

$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + \dots SS_n$ (2.13)

Rata-rata kuadrat *error*

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} \dots\dots\dots (2.14)$$

6. Nilai F

Pengaruh masing-masing faktor dapat dilihat dari nilai F. Dimana untuk melakukan pengujian nilai F ini akan dibandingkan dengan F pada tabel statistik (terlampir). Jika nilai F hitung > F tabel maka faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Sebaliknya, jika nilai F hitung < F tabel maka faktor tersebut tidak memberikan pengaruh secara signifikan. Nilai F dihitung dari pembagian rata-rata kuadrat dengan rata-rata kuadrat *error*. Contoh untuk faktor A:

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.7.2 Uji Distribusi F

Pengujian distribusi F digunakan dengan tujuan untuk menunjukkan bukti adanya perbedaan pengaruh masing-masing variabel dalam percobaan (Soejanto, 2009). Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan variansi yang disebabkan oleh masing-masing variabel dan variansi error. Variansi error adalah variansi pada setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena variabel-variabel yang tidak dapat dikontrol. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini untuk variabel tidak diambil secara acak (*fixed*) yaitu:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots\dots = \mu_k$$

$$H_1 : \text{sedikitnya ada satu pasangan } \mu \text{ yang berbeda}$$

Kegagalan untuk menolak H_0 menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan rata-rata respon yang dihasilkan pada perlakuan yang berbeda, sedangkan untuk menolak H_0 menunjukkan adanya perbedaan rata-rata dari nilai respon tersebut. Selain itu, juga karena respon pada setiap percobaan dapat dimodelkan dalam bentuk (Montgomery, 2009) :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \varepsilon_{ijk}$$

Maka hipotesis yang juga dapat digunakan dalam pengujian ini adalah

Untuk taraf variabel A $\rightarrow H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$

H_1 : paling sedikit ada satu τ yang tidak sama dengan 0

Untuk taraf variabel B $\rightarrow H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$

H_1 : paling sedikit ada satu β yang tidak sama dengan 0

Kegagalan menolak H_0 menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh variabel A dan B terhadap respon, sedangkan penolakan H_0 menunjukkan adanya pengaruh variabel A dan B terhadap respon. Kegagalan menolak atau penolakan H_0 didasari nilai F_{hitung} yang dirumuskan (Soejanto, 2009) :

$$\text{Untuk taraf variabel A} \rightarrow F_{hitung} = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$\text{Untuk taraf variabel B} \rightarrow F_{hitung} = \frac{MS_B}{MS_E}$$

Penerimaan H_0 pada masing-masing percobaan dilakukan jika mengalami kondisi sebagai berikut :

$$\text{Untuk taraf variabel A} \rightarrow F_{hitung} < F_{\alpha, vA, vE}$$

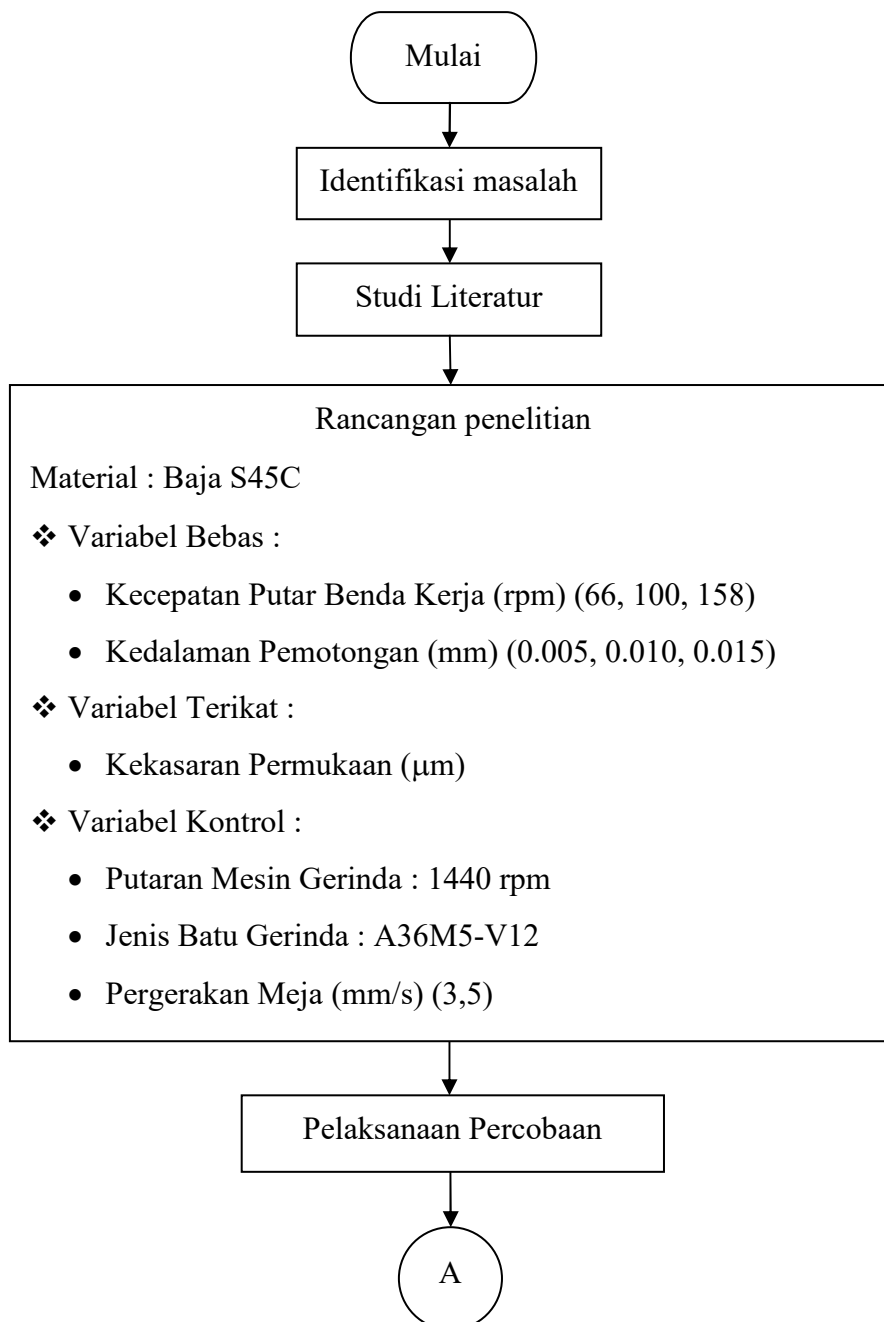
$$\text{Untuk taraf variabel B} \rightarrow F_{hitung} < F_{\alpha, vB, v}$$

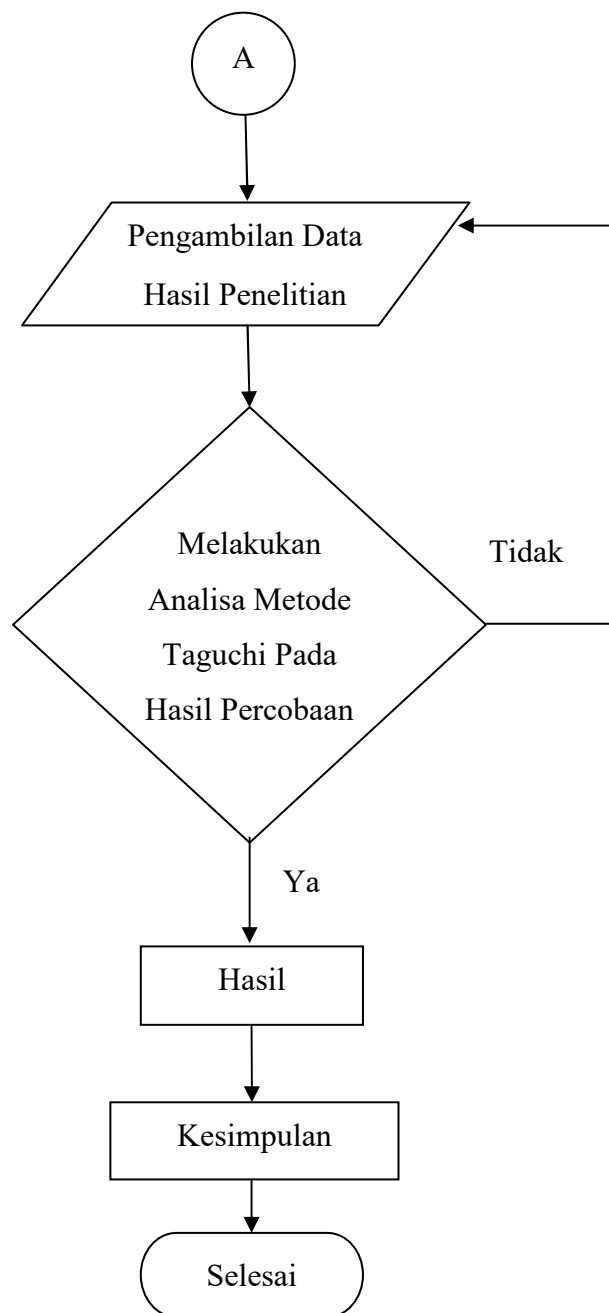
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah dalam rencana penelitian secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3.1 diagram alir penelitian :





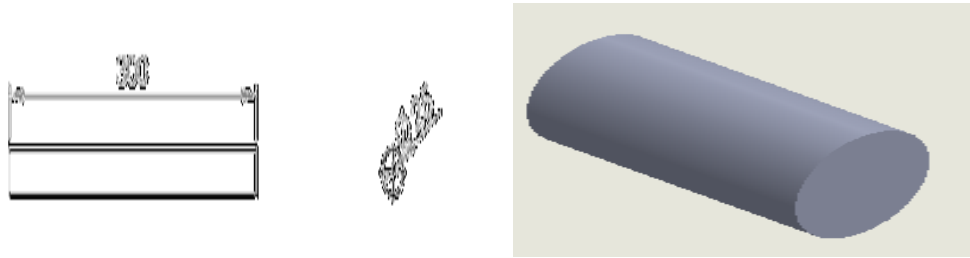
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini direncanakan selama lima bulan yang dimulai dari September 2020 sampai dengan Februari 2021. Tempat dilaksanakannya penelitian ini berada di Laboratorium Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

3.3 Bahan Penelitian

Material yang digunakan adalah baja perkakas S45C yang memiliki kekerasan sebesar 86 HRC dengan dimensi $\varnothing 25 \times 300$ mm. Material benda kerja yang akan digunakan di tunjukan pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Bahan Penelitian

3.4 Peralatan Penelitian

Berikut ini peralatan penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini:

3.4.1 Mesin Gerinda Silindris

Dalam penelitian ini mesin yang digunakan yaitu merk JAINNHER jenis JHU-3506H dengan no mesin 3506H006B. Dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Mesin Gerinda Silindris

3.4.2 Mesin Bubut

Mesin ini digunakan pada saat proses dilakukannya pembubutan terhadap benda kerja yang membentuk step sebelum dilanjutkan pada proses permesinan gerinda silindris.. Dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Mesin Bubut

3.4.3 Batu Gerinda

Dalam penelitian ini batu gerinda yang digunakan adalah jenis A36M5-V12. Adapun spesifikasi dari batu gerinda tersebut, yaitu :

- Material : *Aluminium Oxide*.
- Kekasaran : Medium (sedang).
- Kekerasan : Medium (sedang) .
- Perekat : Perekat menggunakan bahan *Vitrified*.

Dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Batu Gerinda A36M5-V12

3.4.4 Alat Uji Getaran

Alat ini digunakan untuk mengetahui getaran yang terjadi pada saat proses permesinan berlangsung. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah *Vibroport 80 Bruel & Kjaer* dengan sensitivitas 10.18 mV/ms^{-2} atau 99.8 mV/g . Alat ini bekerja dengan cara membaca sensor getaran pada saat proses permesinan dan akan terkirim ke monitor alat uji. Alat uji getaran dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Alat Uji Getaran

3.4.5 Alat Uji Kekasaran

Alat ini digunakan untuk mengetahui kekasaran permukaan dari material Baja S45C hasil proses permesinan. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah *Mitutoyo type SJ201*. Alat ini bekerja dengan cara mengeserkan bagian sensornya ke permukaan material. Alat uji kekasaran dapat dilihat pada Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Alat Uji Kekasaran

3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah eksperimen yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tahap 1 :
 1. Menyiapkan spesimen uji yang meliputi penyesuaian ukuran, peralatan, pembersihan spesimen dan kotoran-kotoran yang mengganggu proses pemotongan.
 2. Melakukan pengukuran bakal spesimen uji dengan mikrometer.

3. Pembuatan lubang *center* dan pembubutan bakal pada spesimen uji di mesin bubut.
4. Mendreser (asah batu gerinda), untuk membuang kotoran sisa pemakanan pada batu gerinda.
5. Menyeting dan memasang alat uji getaran *Vibroport 80* pada mesin gerinda silindris.
6. Pemasangan spesimen uji pada lubang *center* yang terdapat pada pencekaman mesin gerinda silindris.
7. Penyetingan variabel-variabel proses yang telah ditetapkan sesuai dengan rancangan eksperimen.
8. Menghidupkan mesin dan melakukan proses permesinan.
9. Pengambilan data nilai getaran pada proses permesinan berlangsung.
10. Mematikan mesin dan melepas spesimen uji pada pencekaman mesin gerinda silindris.
11. Kembali ke langkah percobaan no 4-9 dengan spesimen uji yang lainnya.
12. Lakukan sampai spesimen pengujian selesai.

- Tahap 2 :

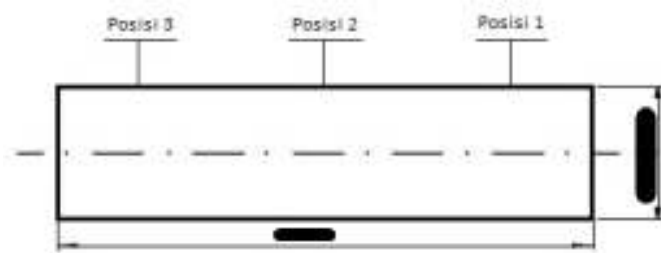
Setelah semua spesimen uji selesai dilakukan proses permesinan sesuai variabel yang telah dilakukan, selanjutnya proses pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan alat uji *surface roughness tester*.

Langkah-langkah dari pengukuran kekasaran permukaan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan kalibrasi sensor pada *surface roughness tester*.
2. Meletakkan spesimen uji pada meja rata.
3. Menyentuhkan ujung sensor dari *surface roughness tester* pada spesimen uji. Sisi spesimen uji yang diukur kekasaran permukaannya adalah pada sisi akhir hasil pemotongan.
4. Mengaktifkan *surface roughness tester* untuk melakukan proses pengukuran kekasaran permukaan sepanjang 8 mm (pergerakan jarum

pada alat uji). Angka kekasaran permukaan yang diamati adalah kekasaran aritmatika (R_a) yang dinyatakan dalam μm .

5. Mengulang langkah 3-4 untuk mendapatkan hasil kekasaran permukaan pada spesimen uji yang sama. Hal ini dilakukan berulang hingga mendapatkan 3 data nilai R_a untuk tiap spesimen uji. Pada satu specimen dilakukan pengukuran pada 3 titik yang berbeda dengan posisi pengukuran memanjang. Dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Titik Pengambilan Data Kekasaran

3.6 Penentuan Faktor dan Level Ekperimen

Penelitian ini menggunakan metode 3x3 sehingga diperlukan 9 kondisi eksperimen atau 9 kombinasi perlakuan yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel bebas ini disebut faktor. Faktor A mempunyai tiga taraf yakni kecepatan putar benda kerja yaitu $n=66$ rpm, $n=100$ rpm, dan $n=158$ rpm dan faktor B kedalaman pemotongan (*deft of Cut*) yaitu 1 devisi, 2 devisi, dan 3 devisi (1 devisi = 0,005 mm). Sehingga diperoleh desain eksperimen faktorial 3x2. Dengan demikian diperlakukan Sembilan kondisi percobaan yang berbeda-beda. Pada masing-masing perlakuan dilakukan 2 kali pengulangan, sehingga tiap perlakuan diperoleh sebanyak tiga data, maka faktorial 3x3 ini akan diperoleh data sebanyak 18 data. Penelitian ini menggunakan desain Taguchi L_9 OA dengan dua faktor dan tiga level. Dapat dilihat dibawah ini Tabel 3.1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji, Tabel 3.2 Desain Taguchi L_9 OA, dan Tabel 3.3 Desain Faktorial Penelitian.

Tabel 3.1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji

Faktor	Parameter Proses	Level		
		1	2	3
A	Kecepatan putaran (rpm)	66	100	158
B	Kedalaman pemotongan (mm)	0.005	0.010	0.015

Tabel 3.2 Desain Taguchi L₉OA

Exp.	Kecepatan Putaran (rpm)	Kedalaman Pemotongan (mm)
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

Tabel 3.3 Desain Faktorial Penelitian

Exp.	Kecepatan Putaran (rpm)	Kedalaman Pemotongan (mm)
1	66	0.005
2	66	0,010
3	66	0.015
4	100	0.005
5	100	0.010
6	100	0.015
7	158	0.005
8	158	0.010
9	158	0.015

Eksperimen akan dilakukan berdasarkan Tabel 3.3. Dari nilai tiap parameter akan diinput ke mesin gerinda silinderis dan akan dilakukan proses pengujian. Hasil dari nilai getaran yang terjadi akan dirata-ratakan, dan hasil nilai rata-rata tersebut akan dimasukkan ke *software* analisis kemudian akan diolah dan diambil kesimpulan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan variabel-variabel proses yang terdapat pada mesin gerinda silindris dengan tipe JAINNHER jenis JHU-3506H dengan no mesin 3506H006B. Variabel-variabel proses yang diduga berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah kecepatan putaran benda kerja (A) dan kedalaman pemotongan (B). Pada tahap ini, setelah memiliki data pengujian maka langkah berikutnya adalah melakukan pengolahan data yang menggunakan cara perhitungan pada eksperimen metode taguchi dengan membandingkan hasilnya ke *software*.

Data dari pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dilakukan menggunakan alat ukur *surface roughness tester* dan hasil pengolahan data tersebut dapat dilihat pada lampiran 1. Data hasil percobaan secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran

Matriks Ortogonal L9(3 ²)						
Eksp.	Faktor		Replikasi		Jumlah	Mean
	A	B	1	2		
1	1	1	0,138	0,140	0,270	0,139
2	1	2	0,178	0,175	0,353	0,177
3	1	3	0,194	0,197	0,391	0,196
4	2	1	0,157	0,155	0,312	0,156
5	2	2	0,191	0,194	0,385	0,193
6	2	3	0,197	0,195	0,392	0,196
7	3	1	0,168	0,170	0,338	0,169
8	3	2	0,199	0,198	0,397	0,199
9	3	3	0,201	0,197	0,398	0,199
Rata-rata						0,180

4.2 Penentuan Kombinasi Variabel untuk Respon Optimal

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan permesinan khusus (*finishing*). Hasil percobaan awal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata kekasaran permukaan dengan menggunakan seting kombinasi awal pada percobaan kombinasi ke-1 adalah sebesar 0,139 μm . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hasil percobaan ini memberikan nilai kekasaran yang berada pada *range* kondisi pemotongan halus (*finishing*).

Pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan benda kerja. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk rata-rata respon setiap faktor, yaitu:

Perhitungan rata-rata untuk faktor A

$$A1 = 1/3 (0,139 + 0,177 + 0,196) = 0,170$$

$$A2 = 1/3 (0,156 + 0,193 + 0,196) = 0,181$$

$$A3 = 1/3 (0,169 + 0,199 + 0,199) = 0,189$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor B

$$B1 = 1/3 (0,139 + 0,156 + 0,169) = 0,154$$

$$B2 = 1/3 (0,177 + 0,193 + 0,199) = 0,189$$

$$B3 = 1/3 (0,196 + 0,196 + 0,199) = 0,197$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan, ke dua faktor yang diamati antara lain kecepatan putaran benda kerja (rpm) dan kedalaman pemotongan (mm) dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Respon Rata-rata Hasil Pengukuran Kekasaran Pengaruh Faktor

Kode Parameter	Parameter Proses	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Putaran Benda Kerja (Rpm)	0,170	0,181	0,189
B	Kedalaman Pemotongan (mm)	0,154	0,189	0,197
Total nilai rata-rata kekasaran permukaan = 0,180				

Berdasarkan hasil respon rata-rata kekasaran permukaan pada masing-masing level dari parameter proses, maka dapat ditentukan nilai level untuk kombinasi variabel-variabel proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi variabel-variabel proses untuk respon optimal tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Kombinasi Variabel Proses untuk Respon Optimal

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan Putar Benda Kerja (rpm)	Level 1	66 rpm
Kedalaman Pemotongan (mm)	Level 1	0,005 mm

4.3 Analisis Varinasi dan Persen Kontribusi

Analisis variansi (Anava) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi dalam mengurangi variansi respon kekasaran permukaan benda kerja. Pada penelitian ini, anava dilakukan pada laju pembuangan yang merupakan respon yang mewakili keseluruhan respon.

4.3.1 Analisis Variansi Rata-rata Kekasaran Permukaan

Dengan melakukan model analisis dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F rasio seperti perhitungan dibawah ini :

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left[\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right] - \frac{T^2}{N} \right]$$

Dimana :

KA = Jumlah level faktor A

Ai = Level ke 1 faktor A

n_{Ai} = Jumlah percobaan level ke i faktor A

T = Jumlah seluruh nilai

N = Banyak data keseluruhan

Sebagaimana parameter yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan, maka untuk mengetahui parameter yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan dapat dilakukan dengan perhitungan model analisis variansi dua arah. Perhitungan analisis variansi yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat dan rata-rata jumlah kuadrat dapat dilihat di bawah ini :

Derajat bebas total :

$$\begin{aligned} V_T &= N - 1 \\ &= 9 - 1 = 8 \end{aligned}$$

Derajat bebas eror :

$$\begin{aligned} V_{\text{Error}} &= V_T - V_A - V_B \\ &= 8 - 2 - 2 = 4 \end{aligned}$$

Perhitungan parameter A :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *Sum of Square* parameter A :

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{(0,511)^2}{3} + \frac{(0,5445)^2}{3} + \frac{(0,5665)^2}{3} - \frac{(1,6225)^2}{9} \\ &= 0,000510889 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan A :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,000510889}{2} = 0,0002554445$$

$$\begin{aligned}
 SS_T &= \sum Y^2 \\
 &= (0,139)^2 + (0,177)^2 + (0,196)^2 + \dots + (0,199)^2 \\
 &= 0,29683
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned}
 SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\
 &= 9 \cdot (0,180)^2 \\
 &= 0,293041776
 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned}
 SS_{Faktor} &= SS_A + SS_B \\
 &= 0,000510889 + 0,003070889 \\
 &= 0,003581778
 \end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{Faktor} \\
 &= 0,29683 - 0,293041776 - 0,003581778 \\
 &= 0,000206446
 \end{aligned}$$

Menghitung F hitung A :

$$F_{Rasio\ A} = \frac{SS_A}{SS_e} = \frac{0,000510889}{0,000206446} = 2,474685874$$

Perhitungan parameter B :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

$$SS_B = \frac{B1^2}{n_{B1}} + \frac{B2^2}{n_{B2}} + \frac{B3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *Sum of Square* parameter B :

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{(0,464)^2}{3} + \frac{(0,568)^2}{3} + \frac{(0,5905)^2}{3} - \frac{(1,6225)^2}{9} \\ &= 0,003070889 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan B :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,003070889}{2} = 0,001535445$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (0,139)^2 + (0,177)^2 + (0,196)^2 + + (0,199)^2 \\ &= 0,29683 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \cdot (0,180)^2 \\ &= 0,293041776 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{Faktor} &= SS_A + SS_B \\ &= 0,000510889 + 0,003070889 \\ &= 0,003581778 \end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{Faktor} \\ &= 0,29683 - 0,293041776 - 0,003581778 \\ &= 0,000206446 \end{aligned}$$

Menghitung F hitung B :

$$F_{\text{Rasio B}} = \frac{SS_B}{SS_e} = \frac{0,003070889}{0,000206446} = 14,87502301$$

Kuadrat tengah error :

$$MS_{\text{Error}} = \frac{SS_e}{V_{\text{error}}} = \frac{0,000206446}{4} = 0,0000516115$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= SS_A + SS_B + SS_e \\ &= 0,000510889 + 0,003070889 + 0,000206446 \\ &= 0,003788224 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Analisis Variansi Rata-rata Kekasaran Permukaan

Sumber	Db	SS	MS	F-Rasio
A	2	0,000510889	0,000255445	2,474685874
B	2	0,003070889	0,001535445	14,87502301
Error	4	0,000206446	0,0000516115	
Total	8	0,003788224	-	

4.3.2 Persen Kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor, terlebih dahulu dihitung SS' seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E(V_A) \\ &= 0,000510889 - (0,0000516115 \times 2) \\ &= 0,000407666 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 0,003036056 - (0,0000516115 \times 2) \\ &= 0,002967666 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B \\
 &= 0,003788224 - 0,000407666 - 0,002967666 \\
 &= 0,000412892
 \end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing parameter dapat dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{SS_{faktor}}{SS_T} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \rho A &= \frac{0,000407666}{0,003788224} \times 100\% \\
 &= 10,76140165 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho B &= \frac{0,002967666}{0,003788224} \times 100\% \\
 &= 78,33924287 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho e &= \frac{0,000412892}{0,003788224} \times 100\% \\
 &= 10,89935548 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Persen Kontribusi

Sumber	Db	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	0,000510889	0,000255445	2,474685874	10,76140165 %
B	2	0,003070889	0,001535445	14,87502301	78,33924287 %
Error	4	0,000206446	0,0000516115		10,89935548 %
Total	8	0,003788224	-		100 %

Dari tabel perhitungan konstribusi parameter di atas menunjukkan bahwa faktor B (kedalaman pemotongan) memiliki konstribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter kedalaman pemotongan yaitu sebesar 78,33924287 %.

4.4 Hasil Prediksi Nilai Kekasaran Permukaan dan Interval Keyakinan

Dengan kombinasi variabel pada respon yang optimal seperti terdapat pada Tabel 4.2 dapat ditentukan prediksi dari nilai kekasaran permukaan yang optimal. Pada perhitungan prediksi nilai kekasaran permukaan yang optimal dilakukan berdasarkan rata-rata kekasaran dari masing-masing level variabel yang terdapat pada Tabel 4.3. Nilai prediksi kekasaran tersebut dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{\eta} &= \eta_m + \sum_{i=1}^q (\bar{\eta}_i - \eta_m) \\ &= 0,180 + (0,170 - 0,180) + (0,154 - 0,180) \\ &= 0,144\end{aligned}$$

Jadi dengan nilai kekasaran permukaan hasil prediksi untuk kombinasi variabel yang menghasilkan respon optimal adalah 0,144. Penerima interval keyakinan rata-rata kekasaran permukaan prediksi digunakan terlebih dahulu menghitung banyaknya pengamatan efektif. Banyaknya pengamatan efektif dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}N_{\text{eff}} &= \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel-variabel untuk menduga rata-rata}} \\ &= \frac{9 \times 2}{1 + (2 + 2)} = \frac{18}{5} \\ &= 3,6\end{aligned}$$

Nilai $F_{(0,05;2;4)} = 6,9443$ dan $MS_E = 0,0000516115$

Perhitungan interval keyakinan rata-rata kekasaran permukaan benda kerja hasil optimasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$CI_{optimasi} : \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MSE}{n_{eff}}}$$

$$CI_{optimasi} : \sqrt{\frac{6,9443 \times 0,0000516115}{3,6}}$$

$$CI_{optimasi} : 0,00997783$$

Dengan demikian interval keyakinan 95% rata-rata kekasaran permukaan hasil optimasi adalah $0,144 \pm 0,00997783$ atau $0,1340221 \leq U_{prediksi} \leq 0,1539778$

4.5 Penentuan Parameter Perhitungan Rasio S/N dari Respon

Rasio S/N merupakan rancangan yang digunakan untuk melakukan tranformasi pengulangan data kedalam suatu nilai ukuran variansi yang timbul. Nilai S/N rasio tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari masing-masing respon. Dibawah ini menunjukan Tabel 4.6 Rasio S/N untuk respon.

Tabel 4.6 Rasio S/N untuk Respon

No	Parameter Permesinan		Nilai Kekasaran Permukaan		S/N
	A	B	Replikasi 1	Replikasi 2	
1	1	1	0,138	0,140	17,13947922
2	1	2	0,178	0,175	15,06479214
3	1	3	0,194	0,197	14,17680911
4	2	1	0,157	0,155	16,13732958
5	2	2	0,191	0,194	14,31112163
6	2	3	0,197	0,195	14,15476552
7	3	1	0,168	0,170	15,44211385
8	3	2	0,199	0,198	14,04476222
9	3	3	0,201	0,197	14,02249982
Rata-rata					14,94374146

Berdasarkan rata-rata nilai kekasaran permukaan pada masing-masing level variabel proses, maka dapat ditentukan nilai level untuk kombinasi variabel-variabel proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi variabel-variabel proses yang menghasilkan respon optimal tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Kombinasi Variabel Proses untuk Respon Optimal

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan Putar Benda Kerja (rpm)	Level 1	66 rpm
Kedalaman Pemotongan (mm)	Level 1	0,005 mm

4.6 Perhitungan Rasio S/N dari Respon

Perhitungan rasio S/N merupakan rancangan yang digunakan untuk memilih faktor yang berkontribusi terhadap pengurangan respon kekasaran permukaan yang mentransformasikan data ke dalam suatu nilai ukuran variasi yang timbul. Nilai rasio S/N tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari masing-masing respon. Perhitungan rasio S/N pada penelitian ini digunakan untuk respon kekasaran permukaan dengan karakteristik kualitas semakin kecil, semakin baik (*Small is Better*) pada rumus adalah:

$$\text{Rasio S/N} = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan parameter untuk nilai kekasaran permukaan benda kerja. Kualitas ukuran kekasaran benda kerja yang diharapkan dalam penelitian ini adalah kekasaran yang paling kecil. Kekasaran memiliki karakteristik kualitas semakin kecil kekakasaran permukaan maka akan semakin baik.

Dalam penelitian ini nilai yang diharapkan adalah kekasaran permukaan benda kerja yang terkecil. Dengan replikasi sebanyak 2 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini:

Pada eksperimen ke 1:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,138^2 + 0,140^2) \right) = 17,1394$$

Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,178^2 + 0,175^2) \right) = 15,0647$$

Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,194^2 + 0,197^2) \right) = 14,1768$$

Pada eksperimen ke 4:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,157^2 + 0,155^2) \right) = 16,1373$$

Pada eksperimen ke 5:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,191^2 + 0,194^2) \right) = 14,3111$$

Pada eksperimen ke 6:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,197^2 + 0,195^2) \right) = 14,1547$$

Pada eksperimen ke 7:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,168^2 + 0,170^2) \right) = 15,4421$$

Pada eksperimen ke 8:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,199^2 + 0,198^2) \right) = 14,0447$$

Pada eksperimen ke 9:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,201^2 + 0,197^2) \right) = 14,0224$$

Setelah didapati hasil perhitungan kekasaran permukaan dengan karakteristik kualitas semakin kecil, semakin baik (*Small is Better*). Hasil perhitungan rasio S/N yang diperoleh untuk respon yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan S/N

No	Parameter Permesinan		Nilai Kekasaran Permukaan		S/N
	A	B	Replikasi 1	Replikasi 2	
1	1	1	0,138	0,140	17,13947922
2	1	2	0,178	0,175	15,06479214
3	1	3	0,194	0,197	14,17680911
4	2	1	0,157	0,155	16,13732958
5	2	2	0,191	0,194	14,31112163
6	2	3	0,197	0,195	14,15476552
7	3	1	0,168	0,170	15,44211385
8	3	2	0,199	0,198	14,04476222
9	3	3	0,201	0,197	14,02249982
Rata-rata					14,94374146

4.6.1 Pengaruh Level dari Faktor Terhadap Variasi Kekasaran Permukaan

Perhitungan variabilitas nilai rasio S/N respon kekasaran permukaan melalui kombinasi level dari masing-masing parameter dapat dilihat di bawah ini :

Perhitungan rata-rata untuk faktor A

$$A1 = 1/3 (17,1394 + 15,0647 + 14,1768) = 15,460$$

$$A2 = 1/3 (16,1373 + 14,3111 + 14,1547) = 14,867$$

$$A3 = 1/3 (15,4421 + 14,0447 + 14,0224) = 14,503$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor B

$$B1 = 1/3 (17,1394 + 16,1373 + 15,4421) = 16,239$$

$$B2 = 1/3 (15,0647 + 14,3111 + 14,0447) = 14,473$$

$$B3 = 1/3 (14,1768 + 14,1547 + 14,0224) = 14,117$$

Untuk kedua parameter utama yang diamati yaitu kedalaman pemotongan dan kecepatan putar benda kerja. Pengaruh parameternya dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Respon Rasio S/N Terhadap Kekasaran Permukaan

Rasio S/N dari pengaruh parameter		
Level	A	B
Level 1	15,460	16,239
Level 2	14,867	14,473
Level 3	14,503	14,117
Selisih	0,957	2,122
Peringkat	2	1

4.6.2 Analisis Varian Rasio S/N

Sebagaimana parameter yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekasaran permukaan, maka untuk mengetahui parameter yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai rasio S/N juga dapat dilakukan dengan perhitungan model analisis variansi dua arah. Perhitungan analisis variansi yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat dan rata-rata jumlah kuadrat dapat dilihat di bawah ini :

Derajat bebas total :

$$\begin{aligned}
 V_T &= N - 1 \\
 &= 9 - 1 = 8
 \end{aligned}$$

Derajat bebas error :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Error}} &= V_T - V_A - V_B \\
 &= 8 - 2 - 2 = 4
 \end{aligned}$$

Perhitungan parameter A :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *Sum of Square* parameter A :

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{(46,3810)^2}{3} + \frac{(44,6032)^2}{3} + \frac{(43,5093)^2}{3} - \frac{(134,4936)^2}{9} \\ &= 1,400442 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan A :

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{1,400442}{2} = 0,700221$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (17,1394)^2 + (15,0647)^2 + (14,1768)^2 + \dots + (14,0224)^2 \\ &= 2019,61535 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \cdot (14,94374146)^2 \\ &= 2009,838679 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned} SS_{Faktor} &= SS_A + SS_B \\ &= 1,400442 + 7,746705 \\ &= 9,147125 \end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{Faktor} \\ &= 2019,61535 - 2009,838679 - 9,147125 \\ &= 0,629546 \end{aligned}$$

Menghitung F hitung A :

$$F_{\text{Rasio A}} = \frac{SS_A}{SSe} = \frac{1,400442}{0,629546} = 2,224526881$$

Perhitungan parameter B :

Jumlah kuadrat (*Sum of Square*)

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} + \frac{B_3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *Sum of Square* parameter B :

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{(46,3810)^2}{3} + \frac{(44,6032)^2}{3} + \frac{(43,5093)^2}{3} - \frac{(134,1936)^2}{9} \\ &= 7,746705 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan B :

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*)

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{7,746705}{2} = 3,8733525$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (17,1394)^2 + (15,0647)^2 + (14,1768)^2 + \dots + (14,0224)^2 \\ &= 2019,61535 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*) :

$$\begin{aligned} SS_M &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \cdot (14,94374146)^2 \\ &= 2009,838679 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat error :

$$\begin{aligned} SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B \\ &= 1,400442 + 7,746705 \\ &= 9,147125 \end{aligned}$$

Residual *error* :

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_M - SS_{\text{Faktor}} \\ &= 2019,61535 - 2009,838679 - 9,147125 \\ &= 0,629546 \end{aligned}$$

Menghitung F hitung B :

$$F_{\text{Rasio B}} = \frac{SS_B}{SS_e} = \frac{7,746705}{0,629546} = 12,30522472$$

Kuadrat tengah error :

$$MS_{\text{Error}} = \frac{SS_e}{V_{\text{error}}} = \frac{0,629546}{4} = 0,1573865$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= SS_A + SS_B + SS_e \\ &= 1,400442 + 7,746705 + 0,629546 \\ &= 9,776693 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan analisis variansi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Analisis Variansi Rasio S/N Kekasaran Permukaan

Sumber	Db	SS	MS	F-Rasio
A	2	1,400442	0,700221	2,224526881
B	2	7,746705	3,8733525	12,30522472
Error	4	0,629546	0,1573865	
Total	8	9,776693	-	

4.6.3 Persen Kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing parameter, terlebih dahulu dihitung SS' dibawah ini :

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E (V_A) \\ &= 1,400442 - (0,1573865 \times 2) \\ &= 1,085669 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E (V_B) \\ &= 7,746705 - (0,1573865 \times 2) \\ &= 7,431932 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B \\ &= 9,776693 - 1,085669 - 7,431932 \\ &= 1,259092 \end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing parameter dapat dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{SS_{faktor}}{SST} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \rho_A &= \frac{1,085669}{9,776693} \times 100\% \\ &= 11,10466494 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_B &= \frac{7,431932}{9,776693} \times 100\% \\ &= 76,016829 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_e &= \frac{1,259092}{9,776693} \times 100\% \\ &= 12,87850606 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan persen konstribusi terhadap rasio S/N dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11 Persen Konstribusi Rasio S/N

Sumber	Db	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	1,400442	0,700221	2,224526881	11,10466494 %
B	2	7,746705	3,8733525	12,30522472	76,016829 %
Error	4	0,629546	0,1573865		12,87850606 %
Total	8	9,776693	-		100 %

Dari tabel perhitungan konstribusi parameter di atas menunjukkan bahwa faktor B (kedalaman pemotongan) memiliki konstribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter kedalaman pemotongan yaitu sebesar 76,016829 %.

4.7 Prediksi Rasio S/N Kekasaran Permukaan Yang Optimal

Telah diketahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rasio S/N kekasaran permukaan benda kerja yang optimal :

- Faktor A level 1 (Kecepatan Putaran Benda Kerja 66 rpm)
- Faktor B level 1 (Kedalaman Pemotongan 0,005 mm)

Sehingga model persamaan rata-rata kekasaran permukaan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Uprediksi} &= \bar{Y} + (\bar{A}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_1 - \bar{Y}) \\
 &= \bar{B}_1 + \bar{A}_1 + 2 \times \bar{Y} \\
 &= 16,239 + 15,460 + 2 \times 14,94374146 \\
 &= 61,48648292
 \end{aligned}$$

Sedangkan interval kepercayaan rata-rata kekasaran permukaan benda kerja tingkat kepercayaan 95% adalah sebagai berikut :

Diketahui : $F(0,05;2;4) = 6,9443$ dan $V_e / MS_e = 0,1573865$

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel-variabel untuk menduga rata-rata}}$$

$$n_{\text{eff}} = \frac{9 \times 2}{1 + (2 + 2)} = \frac{18}{5}$$

$$n_{\text{eff}} = 3,6$$

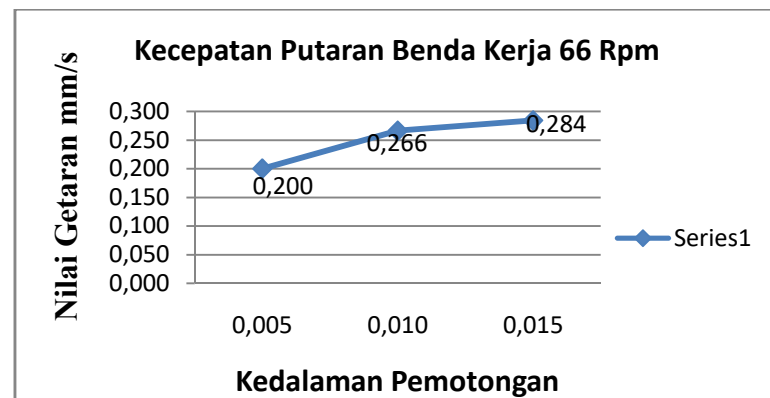
$$\begin{aligned} CI_{\text{optimasi}} &= \pm \sqrt{F(0,05; 2; 4) V_e \times \frac{1}{n_{\text{eff}}}} \\ &= \pm \sqrt{6,9443 \times 0,1573865 \times \frac{1}{3,6}} \\ &= \pm 0,5509938 \end{aligned}$$

$$u_{\text{Prediksi}} - CI \leq u_{\text{Prediksi}} \leq u_{\text{Prediksi}} + CI$$

$$61,48648292 - 0,5509938 \leq 61,48648292 \leq 61,48648292 + 0,5509938$$

$$60,93548912 \leq 61,48648292 \leq 62,03747609$$

4.8 Hasil Data Getaran



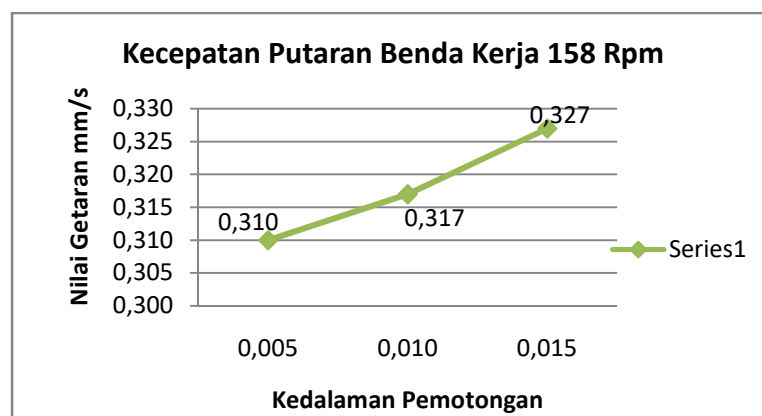
Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Getaran pada Kecepatan Putaran 66 Rpm

Dari Gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa perbedaan kedalaman pemotongan berpengaruh besar terhadap nilai getaran yang terjadi pada benda kerja. Dimana nilai rata-rata getaran (paling rendah) pada kedalaman potong 0,005 mm yaitu sebesar 0,200 mm/s, sedangkan untuk nilai rata-rata getaran tertinggi (paling tinggi) terjadi pada kedalaman potong 0,015 mm yaitu sebesar 0,310 mm/s.



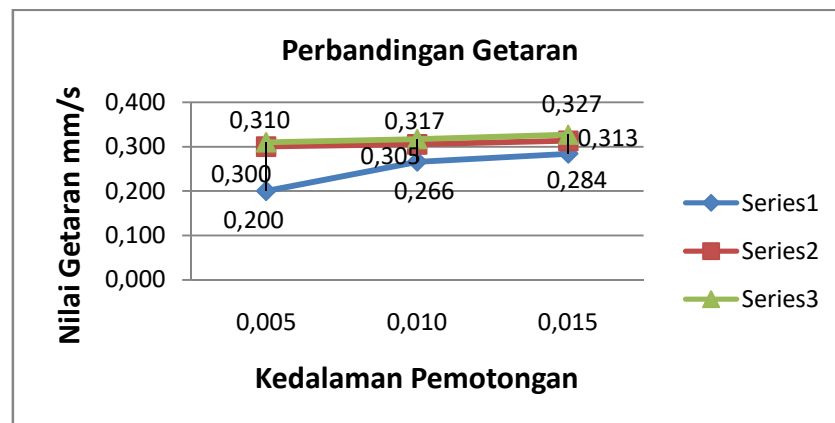
Gambar 4.2 Grafik Pengukuran Getaran pada Kecepatan Putaran 100 Rpm

Dari Gambar 4.2 dapat dijelaskan bahwa perbedaan kedalaman pemotongan berpengaruh besar terhadap nilai getaran yang terjadi pada benda kerja. Dimana nilai rata-rata getaran (paling rendah) pada kedalaman potong 0,005 mm yaitu sebesar 0,266 mm/s, sedangkan untuk nilai rata-rata getaran tertinggi (paling tinggi) terjadi pada kedalaman potong 0,015 mm yaitu sebesar 0,317 mm/s.



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Getaran pada Kecepatan Putaran 158 rpm

Dari Gambar 4.3 dapat dijelaskan bahwa perbedaan kedalaman pemotongan berpengaruh besar terhadap nilai getaran yang terjadi pada benda kerja. Dimana nilai rata-rata getaran (paling rendah) pada kedalaman potong 0,005 mm yaitu sebesar 0,284 mm/s, sedangkan untuk nilai rata-rata getaran tertinggi (paling tinggi) terjadi pada kedalaman potong 0,015 mm yaitu sebesar 0,327 mm/s.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Getaran Terhadap Benda Kerja

Dari Gambar 4.4 diatas, proses pemotongan yang menghasilkan getaran yang baik (paling rendah) adalah proses pemotongan dengan kecepatan putaran benda kerja sebesar 66 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,005 mm yaitu sebesar 0,200 mm/s, sedangkan untuk proses pemotongan yang menghasilkan getaran tertinggi (paling tinggi) adalah proses pemotongan dengan kecepatan putaran benda kerja sebesar 158 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,015 mm yaitu sebesar 0,327 mm/s .

4.9 Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada analisa sebelumnya, maka diketahui kombinasi faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata dan variansi kekasaran permukaan adalah sama-sama berada pada parameter kecepatan putaran benda kerja 66 rpm dan kedalaman pemotongan 0,005 mm.

4.9.1 Hasil Perhitungan Rata-rata

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan terhadap nilai rata-rata (*mean*) dengan menggunakan taraf interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95 %. Taraf interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Persen Kontribusi

Sumber	Db	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	0,000510889	0,000255445	2,474685874	10,76140165 %
B	2	0,003070889	0,001535445	14,87502301	78,33924287 %
Error	4	0,000206446	0,0000516115		10,89935548 %
Total	8	0,003788224	-		100 %

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa nilai F_{hitung} kedalaman pemotongan memiliki nilai paling besar yakni 14,87502301. Maka nilai F_{hitung} akan dibandingkan dengan nilai F_{tabel} dimana :

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka tidak ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terdapat pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

Mencari nilai F_{tabel} menggunakan rumus :

$$V_T = N - 1$$

$$V_{Error} = V_T - V_A - V_B$$

Keterangan :

N = Jumlah Percobaan

V_A = Derajat kebebasan faktor A

V_B = Derajat kebebasan faktor B

Dengan demikian nilai F_{tabel} yang akan digunakan untuk mengetahui variabel proses memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon sebagai berikut :

Derajat bebas total :

$$\begin{aligned} V_T &= N - 1 \\ &= 9 - 1 = 8 \end{aligned}$$

Derajat bebas eror :

$$\begin{aligned} V_{Error} &= V_T - V_A - V_B \\ &= 8 - 2 - 2 = 4 \end{aligned}$$

1. Variabel A (Kecepatan putaran benda kerja)

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$ (variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan).

H_1 : paling sedikit ada satu τ tidak sama dengan 0 (ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaannya).

Kesimpulan: $F_{hitung} = 2,474685874 < F (0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya yaitu tidak terdapat pengaruh variabel kecepatan putaran benda kerja terhadap kekasaran permukaan.

2. Variabel B (Kedalaman pemotongan)

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

H_1 : paling sedikit ada satu β tidak sama dengan 0

Kesimpulan: $F_{hitung} = 15,78376336 > F (0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya bahwa adanya pengaruh variabel kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan.

Maka didapatkanlah nilai F_{tabel} yakni 6,9443, sehingga nilai F_{hitung} variabel B $> F_{tabel} (6,9443) =$ artinya parameter kedalaman pemotongan tersebut terdapat pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Pada parameter kedalaman pemotongan memberikan pengaruh signifikan yang paling besar terhadap kekasaran permukaan benda kerja dengan persentase sebesar 78,33924287 %.

4.9.2 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Dari hasil perhitungan nilai rata-rata dengan menggunakan taraf interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95 %. Taraf interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Persen Kontribusi

Sumber	Db	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	1,400442	0,700221	2,224526881	11,10466494 %
B	2	7,746705	3,8733525	12,30522472	76,016829 %
Error	4	0,629546	0,1573865		12,87850606 %
Total	8	9,776693	-		100%

Nilai F_{hitung} yang lebih besar dari pada F_{tabel} mengindikasikan bahwa variabel proses tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon secara serentak. Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka tidak ada pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka terdapat pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

Mencari nilai F_{tabel} menggunakan rumus :

$$V_T = N - 1$$

$$V_{Error} = V_T - V_A - V_B$$

Keterangan :

N = Jumlah Percobaan

V_A = Derajat kebebasan faktor A

V_B = Derajat kebebasan faktor B

Dengan demikian nilai F_{tabel} yang akan digunakan untuk mengetahui variabel proses memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon sebagai berikut :

Derajat bebas total :

$$V_T = N - 1$$

$$= 9 - 1 = 8$$

Derajat bebas eror :

$$V_{Error} = V_T - V_A - V_B$$

$$= 8 - 2 - 2 = 4$$

1. Variabel A (Kecepatan putaran benda kerja)

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$ (variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan)

H_1 : paling sedikit ada satu τ tidak sama dengan 0 (ada perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaannya)

Kesimpulan: $F_{hitung} = 2,224526881 < F(0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya tidak adanya pengaruh variabel kecepatan putaran benda kerja terhadap kekasaran permukaan.

2. Variabel B (Kedalaman pemotongan)

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

H_1 : paling sedikit ada satu β tidak sama dengan 0

Kesimpulan: $F_{hitung} = 12,30522472 < F(0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya bahwa adanya pengaruh variabel kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan.

Kondisi hipotesis nol (H_0) untuk masing-masing variabel proses ditunjukkan pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Kondisi Hipotesis Nol Respon Secara Serentak

Sumber variasi	Kondisi H_0
A	Tidak diterima/ditolak
B	Diterima/gagal ditolak

Pada tabel 4.18 yang menunjukkan kondisi hipotesis nol respon. Dari variabel-variabel tersebut variabel B (kedalaman pemotongan) yang memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan pada benda kerja, *error* yang besar dengan kontribusi 76,016829% mengindikasikan adanya variabel yang berpengaruh tetapi terabaikan.

Perhitungan persen kontribusi berdasarkan hasil analisis variansi dilakukan dengan menggunakan persamaan. Contoh perhitungan persen kontribusi untuk variabel B (kedalaman pemotongan) adalah yakni sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\
 &= 7,746705 - (0,1573865 \times 2) \\
 &= 7,431932 \\
 \rho_B &= \frac{7,431932}{9,776693} \times 100\% \\
 &= 76,016829 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.18 menunjukkan bahwa variabel-variabel kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan mempengaruhi kekasaran permukaan. Variabel-variabel proses yang memiliki kontribusi yang besar terhadap total variansi dari kekasaran adalah kecepatan putaran benda kerja yaitu sebesar 11,10466494 % diikuti oleh kedalaman pemotongan memiliki persen kontribusi sebesar 76,016829 % dan persentase eror kontribusinya sebesar 12,87850606 %. Maka jika variabel-variabel respon tersebut jika ditotalkan akan menghasilkan persentase sebesar 100 %.

4.9.3 Getaran

Dari hasil grafik mengenai getaran terhadap benda kerja dapat dijelaskan bahwa proses pemotongan dengan kecepatan putaran benda kerja 66 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,005 mm memiliki getaran yang sangat baik (paling rendah) sedangkan proses pemotongan dengan kecepatan putaran benda kerja 158 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,015 mm, dimana pada proses tersebut memiliki getaran tertinggi (paling tinggi). Sehingga pada proses pemotongan dengan kecepatan putaran benda kerja 66 Rpm (semakin rendah putaran benda kerja) dengan kedalaman pemotongan 0,005 mm (semakin rendah kedalaman pemotongan), maka akan menimbulkan getaran lebih rendah terhadap benda kerja, sedangkan pemotongan dengan kecepatan putaran benda kerja 158 Rpm (semakin rendah putaran benda kerja) dengan kedalaman pemotongan 0,015 mm (semakin rendah kedalaman pemotongan), maka akan menimbulkan getaran menjadi lebih tinggi terhadap benda kerja.

4.10 Analisis

Nilai F_{hitung} rata-rata 15,78376336 dan rasio S/N 12,30522472 $>$ F_{tabel} (6,9443) mengindikasikan bahwa kedalaman pemotongan tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan benda kerja secara signifikan, dibandingkan dengan nilai F_{hitung} kecepatan putaran benda kerja rata-rata 2,474685874 dan rasio S/N 2,22452688.

Sedangkan getaran yang terjadi dapat disimpulkan bahwa semakin dalam pemotongan maka getaran yang dihasilkan akan semakin besar terhadap benda kerja. Getaran yang terendah terjadi pada kecepatan putaran benda kerja 66 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,005 mm yaitu sebesar 0,200 mm/s dan getaran tertinggi terjadi pada kecepatan putaran benda kerja 158 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0,015 mm yaitu sebesar 0,327 mm/s.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Benda Kerja dan Kedalaman Pemotongan Dengan Besarnya Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Gerinda Silindris Menggunakan Material Baja S45C” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada getaran 0,200 mm/s akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan terendah sebesar 0,139 μm berada pada tabel kekasaran (*Ra*) ISO yaitu N3 dengan kecepatan putaran benda kerja 66 rpm dan kedalaman pemotongan 0,005 mm sedangkan kekasaran tertinggi terjadi pada getaran 0,327 mm/s dengan kekasaran 199 μm dan berada pada tabel kekasaran N3 dengan kecepatan putaran 158 rpm dan kedalaman pemotongan 0,015 mm.
2. Parameter kedalaman pemotongan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses permesinan gerinda silindris sebesar 76,016829 %.
3. Pada penelitian ini nilai getaran yang terendah dan tertinggi pada proses gerinda silindris yaitu :
 - a. Kecepatan putaran benda kerja 66 rpm dengan kedalaman 0,005 mm memiliki nilai getaran yang paling rendah yaitu sebesar 0,200 mm/s.
 - b. Kecepatan putaran benda kerja 158 rpm dengan kedalaman 0,015 mm memiliki nilai getaran yang paling tinggi yaitu sebesar 0,327 mm/s.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan 2 faktor parameter, untuk penelitian kedepannya dapat ditambahkan lagi faktor-faktor yang mempengaruhi.
2. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan lagi menggunakan metode lainya dan variasi-variasi faktor yang mempengaruhi kekasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, Chairul dan Dian Ridlo Pamuji. 2017, *Memprediksi Nilai Kekasaran Permukaan Dengan Besarnya Getaran Amplitudo Pada Gerak Cross Feed Proses Gerinda Datar Dengan Material Hardened Tool Steel SKD11*. Jurnal Elemen, 4(1), 13-17.
- Anne, Afrian. 2016. *Pengaruh Feeding dan Cutting Fluid Terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 pada Proses Surface Grinding*. Under Graduates Thesis, Universitas Negeri Semarang.
- Arista, E. Y., Arifianto, D., Suyanto, 2012, *Pengukuran Getaran dengan Vibrometer dan Akustik pada Mesin Pendorong Pokok (MPK) KRI Pulau Rupa-712 di Komando Armada RI Kawasan Timur Surabaya*, Jurnal Teknik Pomits, Vol. 1, No. 1, Hal. 1-6.
- Feriadi, Indra, Fajar Aswin, dan M. Iqbal Nugraha. 2017. *Analisis Pengukuran Getaran Mems Accelerometer ADXL345*. Jurnal Manutech, 9(2), 63-67.
- Haryadi, Novry dan Dodi Sofyan Arief. 2015. *Pengaruh Variasi Kecepatan Benda Kerja Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Gerinda Silinderis Dengan Center Pada Baja AISI 4140*. Jom Fteknik, 2(2), 1-7.
- Karyasa, T. B., 2011. *Dasar-Dasar Getaran Mekanis*. Yogyakarta : andi Yogyakarta.
- Kelly S, Graham. 1996. *Theory and Problems of Mechanical Vibrations*. McGraw-Hill, Inc, Unated States of America.
- Mulyadi, Santoso. 2012, *Pengaruh Kecepatan Potong, Gerak Makan Dan Ketebalan Pemotongan Terhadap Getaran Benda Kerja Pada Proses Sekrap*. Jurnal Rotor, 5(1), 36-43.
- Montgomery, Douglas C. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta : Universitas Yogyakarta.
- Rochim, Taufiq, 2001. *Spesifikasi, Metrologi, Dan Kontrol Kualitas Geometri*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Rochim, Taufiq, 1993. *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Vierck, Robert K. 1995. *Analisis Getaran*, terjemahan Dr.Ir. Dicky Rezady Munaf, MS. MSCE Bandung : Reflikas Aditama PT. Eresco.
- Thomson, W. 1995. *Teori Getaran Dengan Penerapan*. Alih Bahasa oleh Lea Prasetio. Jakarta : Erlangga.
- Yanuar, Hari, Akhmad Syarief, dan Ach. Kusairi. 2014. *Pengaruh Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Berbagai Media Pendingin Pada Proses Frais Konvensional*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam, 03(1), 27-33.
- Zahia Hessainia, Ahmed Belbah, Mohamed Athmane Yallese, Tarek Mabouki, dan Jean-Francois Rigal, 2013. *On the Prediction of Surface Roughness In the Hard Turning Based On Cutting Parameters and Tool Vibrations*. Measurement, 46, 1671-1681.



LAMPIRAN 1
(RIWAYAT HIDUP)

LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Mei Adi Saputra
Tempat & Tanggal lahir : Pematang Panggang, 11 Mei 1999
Alamat : Dusun Prumnas, Sekarbiru. Bangka Barat, Prov. Bangka Belitung.
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 082282905152
E-mail : meiadisaputra011@gmail.com



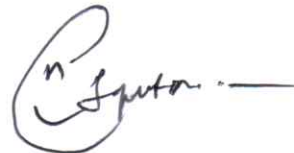
2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 35 Jebus Lulus Tahun 2011
SMP NEGERI 1 Jebus Lulus Tahun 2014
SMK NEGERI 1 Parittiga Lulus Tahun 2017

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, Maret 2021



Mei Adi Saputra



LAMPIRAN 2
(DATA HASIL UJI KEKASARAN)

LAMPIRAN 2

DATA KEKASARAN PERMUKAAN

Nilia Kekasaran Permukaan											
No	Kecepatan Putar Benda Kerja	Kedalaman Pemotongan	A				B				Mean
			1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	
1	66	0,005	0,135	0,140	0,139	0,138	0,138	0,140	0,142	0,140	0,139
2	66	0,010	0,175	0,177	0,182	0,178	0,177	0,175	0,173	0,175	0,177
3	66	0,015	0,190	0,193	0,199	0,194	0,200	0,198	0,193	0,197	0,196
4	100	0,005	0,155	0,156	0,160	0,157	0,157	0,155	0,153	0,155	0,156
5	100	0,010	0,189	0,190	0,194	0,191	0,196	0,194	0,192	0,194	0,193
6	100	0,015	0,195	0,198	0,198	0,197	0,193	0,194	0,198	0,195	0,196
7	158	0,005	0,170	0,167	0,167	0,168	0,172	0,169	0,169	0,170	0,169
8	158	0,010	0,200	0,198	0,199	0,199	0,200	0,199	0,195	0,198	0,199
9	158	0,015	0,199	0,200	0,204	0,201	0,195	0,198	0,198	0,197	0,199
Rata-rata											0,180



LAMPIRAN 3
(DATA HASIL UJI GETARAN)

LAMPIRAN 3

DATA HASIL PENGUJIAN GETARAN

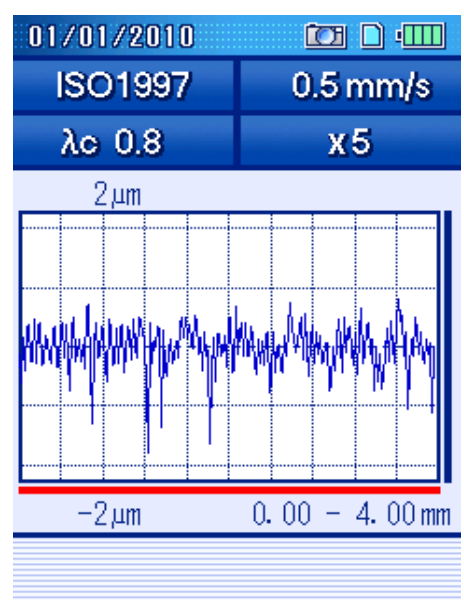
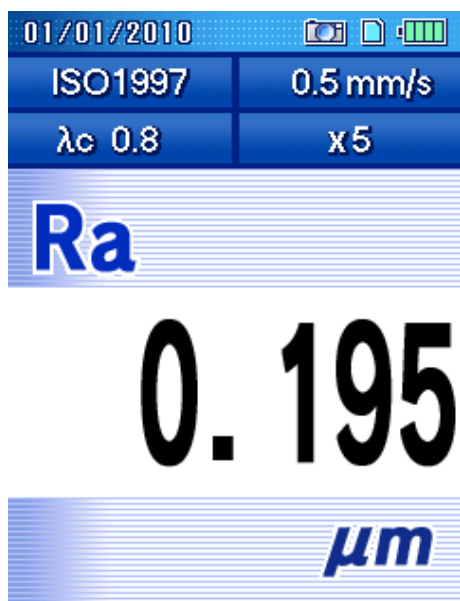
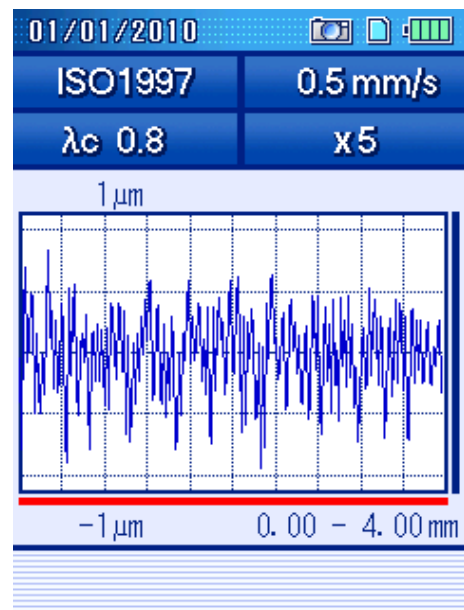
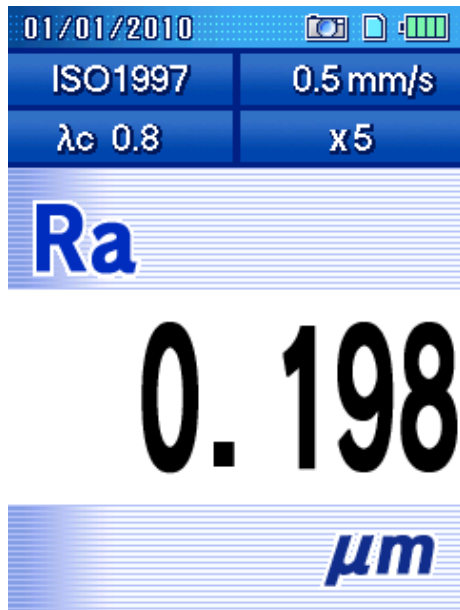
No	Kecepatan Putar Benda Kerja (rpm)	Kedalaman Pemotongan (mm)	Nilai Getaran		Rata-rata total
			A	B	
1	66	0,005	0,205	0,195	0,200
2	66	0,010	0,265	0,267	0,266
3	66	0,015	0,280	0,288	0,284
4	100	0,005	0,395	0,205	0,300
5	100	0,010	0,300	0,310	0,305
6	100	0,015	0,312	0,314	0,313
7	158	0,005	0,315	0,305	0,310
8	158	0,010	0,320	0,314	0,317
9	158	0,015	0,330	0,324	0,327
Rata-rata					0,291



LAMPIRAN 4
(HASIL PENGUKURAN KEKASARAN)

LAMPIRAN 4

HASIL PENGUKURAN KEKASARAN PERMUKAAN





LAMPIRAN 5
(PERHITUNGAN *SOFTWARE MEAN*)

LAMPIRAN 5

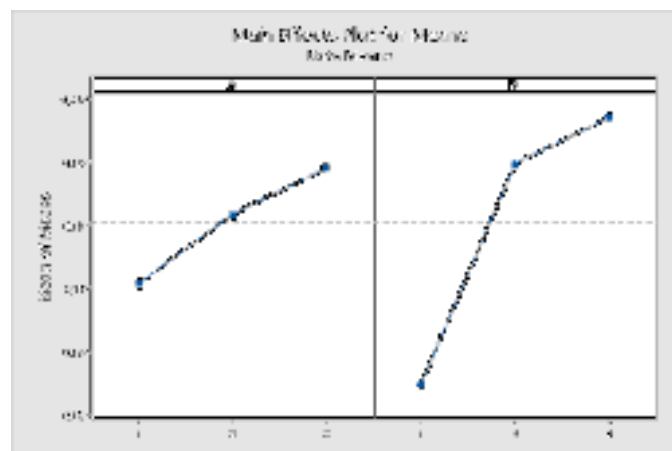
PERHITUNGAN *SOFTWARE MEAN*

Respon yang Optimal

Response Table for Means

Level	A	B
1	0,1707	0,1547
2	0,1817	0,1897
3	0,1890	0,1970
Delta	0,0183	0,0423
Rank	2	1

Grafik Mean



Anava Mean

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	0,000511	0,000255	4,95	0,083
B	2	0,003071	0,001535	29,75	0,004
Error	4	0,000206	0,000052		
Total	8	0,003788			



LAMPIRAN 6
(PERHITUNGAN *SOFTWARE MEAN S/N*)

LAMPIRAN 6

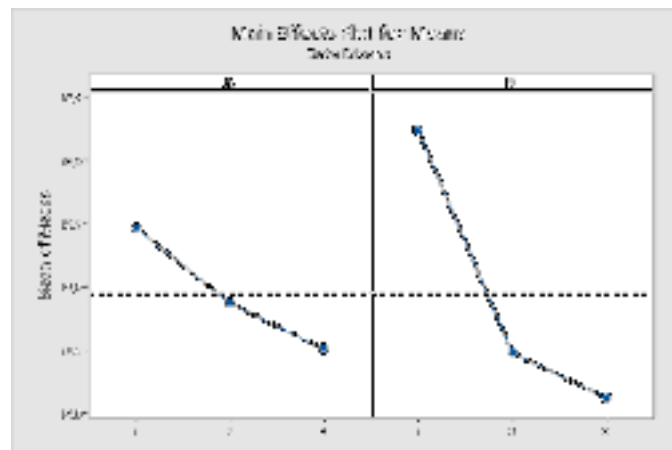
PERHITUNGAN *SOFTWARE MEAN* S/N

Respon yang Optimal

Response Table for Means

Level	A	B
1	15,46	16,24
2	14,87	14,47
3	14,50	14,12
Delta	0,96	2,12
Rank	2	1

Grafik Rata-rata S/N



Anava S/N

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	1,4004	0,7002	4,45	0,096
B	2	7,7467	3,8734	24,61	0,006
Error	4	0,6295	0,1574		
Total	8	9,7767			



LAMPIRAN 7
(DISTRIBUSI NILAI T_{tabel} 0,5)

LAMPIRAN 7

DISTRIBUSI NILAI $T_{\text{tabel } 0,5}$

α	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10.45	10.55	10.71	10.85	10.96	11.05	11.12	11.18	11.24
2	10.51	10.60	10.76	10.90	10.99	11.08	11.15	11.21	11.27
3	10.58	10.67	10.83	10.97	11.06	11.14	11.21	11.27	11.33
4	10.64	10.73	10.89	11.03	11.12	11.20	11.26	11.32	11.38
5	10.70	10.79	10.95	11.09	11.18	11.26	11.32	11.38	11.44
6	10.76	10.85	11.01	11.15	11.24	11.32	11.38	11.44	11.50
7	10.82	10.91	11.07	11.21	11.30	11.38	11.44	11.50	11.56
8	10.88	10.97	11.13	11.27	11.36	11.44	11.50	11.56	11.62
9	10.94	11.03	11.19	11.33	11.42	11.50	11.56	11.62	11.68
10	11.00	11.09	11.25	11.39	11.48	11.56	11.62	11.68	11.74
11	11.06	11.15	11.31	11.45	11.54	11.62	11.68	11.74	11.80
12	11.12	11.21	11.37	11.51	11.60	11.68	11.74	11.80	11.86
13	11.18	11.27	11.43	11.57	11.66	11.74	11.80	11.86	11.92
14	11.24	11.33	11.49	11.63	11.72	11.80	11.86	11.92	11.98
15	11.30	11.39	11.55	11.69	11.78	11.86	11.92	11.98	12.04
16	11.36	11.45	11.61	11.75	11.84	11.92	11.98	12.04	12.10
17	11.42	11.51	11.67	11.81	11.90	11.98	12.04	12.10	12.16
18	11.48	11.57	11.73	11.87	11.96	12.04	12.10	12.16	12.22
19	11.54	11.63	11.79	11.93	12.02	12.10	12.16	12.22	12.28
20	11.60	11.69	11.85	11.99	12.08	12.16	12.22	12.28	12.34
21	11.66	11.75	11.91	12.05	12.14	12.22	12.28	12.34	12.40
22	11.72	11.81	11.97	12.11	12.20	12.28	12.34	12.40	12.46
23	11.78	11.87	12.03	12.17	12.26	12.34	12.40	12.46	12.52
24	11.84	11.93	12.09	12.23	12.32	12.40	12.46	12.52	12.58
25	11.90	11.99	12.15	12.29	12.38	12.46	12.52	12.58	12.64
26	11.96	12.05	12.21	12.35	12.44	12.52	12.58	12.64	12.70
27	12.02	12.11	12.27	12.41	12.50	12.58	12.64	12.70	12.76
28	12.08	12.17	12.33	12.47	12.56	12.64	12.70	12.76	12.82
29	12.14	12.23	12.39	12.53	12.62	12.70	12.76	12.82	12.88
30	12.20	12.29	12.45	12.59	12.68	12.76	12.82	12.88	12.94
31	12.26	12.35	12.51	12.65	12.74	12.82	12.88	12.94	13.00
32	12.32	12.41	12.57	12.71	12.80	12.88	12.94	13.00	13.06
33	12.38	12.47	12.63	12.77	12.86	12.94	13.00	13.06	13.12
34	12.44	12.53	12.69	12.83	12.92	13.00	13.06	13.12	13.18
35	12.50	12.59	12.75	12.89	12.98	13.06	13.12	13.18	13.



LAMPIRAN 8
(SERTIFIKAT BAJA S45C)

LAMPIRAN 8

SERTIFIKAT BAJA S45C

[illegible]



LAMPIRAN 9
(LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN)

LAMPIRAN 9

LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN



Bakal benda kerja S45C dengan dimensi $\varnothing 25 \times 300$ mm.



Pembuatan *center* atau lubang disetiap ujung benda kerja.



Hasil lubang center berfungsi untuk dicekam pada senter putar pada mesin.



Pembubutan bakal untuk membuang permukaan awal sebelum masuk ke permesinan gerinda silinderis.



Mengkalibrasi meja pada mesin gerinda silinderis sebelum melakukan proses penelitian.



Mendreser (asah batu gerinda), untuk membuang kotoran atau menghaluskan permukaan pada batu gerinda.



Menyeting dan memasang alat uji getaran *Vibroport 80* pada mesin gerinda silinderis.



Melakukan proses pengujian eksperimen yang telah ditetapkan dan pengambilan data nilai getaran.



Perendaman benda uji pada oli agar tidak terjadi korosi sebelum dilakukan uji kekasaran permukaan.



Pengambilan data pengujian kekasaran permukaan dengan menggunakan alat uji *surface roughness tester*.



Hasil akhir penelitian, kemudian dilakukan pengolahan data yang telah dilakukan.

