

**Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman
Pemotongan Benda Kerja Baja 304L Terhadap
Kekasaran Permukaan Proses Gerinda Silindris**

*The Effect of Variance in Spindle Speed and Depth of Cut
of 304 Steel Workpiece on Surface Roughness of Cylindrical Grinding Process*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat penyelesaian pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur
di Jurusan Teknik Mesin

Oleh

Rizki Nur Septia

NIM : 2041717



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021

**Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman
Pemotongan Benda Kerja Baja S45C Terhadap
Kekasaran Permukaan Proses Gerinda Silindris**

*The Effect of Variation in Rotation Speed and Cutting Depth of
S45C Steel Workpiece on Surface Roughness of Cylinder Grinding Process*

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

Oleh :

Mahendra Saputra

NPM : 1041717



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman
Pemotongan Benda Kerja Baja S45C Terhadap
Kekasaran Permukaan Proses Gerinda Silindris**

Penulis :

Mahendra Saputra

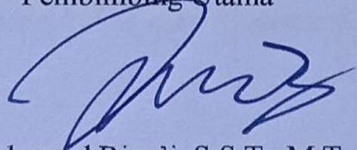
NIM : 1041717

Penguji :

1. Ketua : Muhamad Riva'i, S.S.T., M.T
2. Anggota : Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng
3. Anggota : Boy Rollastin, S.Tr., M.T

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

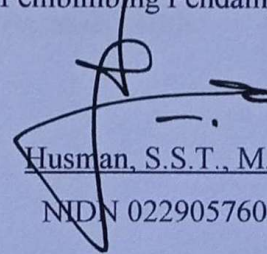
Pembimbing Utama



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

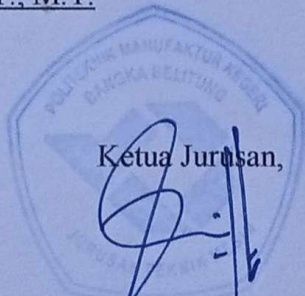
NIP 207200030

Pembimbing Pendamping



Husman, S.S.T., M.T.

NIDN 0229057601



Ketua Jurusan,

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

NIP 198801242019031008

Abstrak

Hasil kekasaran permukaan yang minimal merupakan tujuan yang diinginkan pada proses pemesinan Mesin Gerinda Silindris JAINNHER jenis JHU-3506H No.3506H006B, harus dilakukan pengaturan parameter-parameter proses terhadap Mesin Gerinda Silindris JAINNHER jenis JHU-3506H No.3506H006B yang tepat agar diperoleh respon kekasaran permukaan benda kerja yang minimal. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mendapatkan nilai kekasaran terkecil dan berapa persen pengaruh dari setiap parameter terhadap kekasaran permukaan dari proses pemesinan gerinda silindris JAINNHER model JHU-3506H.

Dengan demikian, dilakukan penentuan *setting* yang tepat dari parameter-parameter proses pemesinan agar dapat diperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimal. Parameter proses pemesinan yang divariasikan adalah kecepatan putaran benda kerja dengan parameter 66 rpm, 100 rpm, dan 158 rpm terhadap kedalaman pemotongan dengan parameter 0,015 mm, 0,020 mm, dan 0,025 mm. Metode optimasi yang digunakan adalah *Taguchi*. Rancangan percobaan ditetapkan berdasarkan metode *Taguchi* dan berupa matriks ortogonal L9 (3^2). Percobaan dilakukan secara acak dengan replikasi sebanyak 1 kali untuk mengatasi faktor gangguan yang terjadi selama proses pemesinan.

Dari penelitian yang sudah dilakukan hasil yang didapat menunjukkan bahwa untuk memperoleh kekasaran permukaan benda kerja yang minimal, kecepatan putaran benda kerja dengan *setting* 66 rpm dengan kedalaman pemakanan sebesar 0,015 mm. Dan untuk mengurangi variasi dari respon secara bersamaan, kecepatan putaran benda kerja memiliki kontribusi sebesar 12,0625 % dan untuk kedalaman pemotongan memiliki kontribusi terbesar, yaitu sebesar 83,8622 %.

Kata Kunci : Gerinda, Silindris, Kekasaran, S45C, *Taguchi*, JAINNHER

Abstract

The minimum surface roughness result is the desired goal in the JAINNHER Cylindrical Grinding Machine type JHU-3506H No.3506H006B machining process, the process parameters must be adjusted to the JAINNHER Cylindrical Grinding Machine type JHU-3506H No.3506H006B in order to obtain a surface roughness response. minimal workpiece. The research that has been carried out aims to obtain the smallest roughness value and what percentage of the effect of each parameter is on the surface roughness of the JAINNHER grinding machine model JHU-3506H.

Thus, it is necessary to determine the exact setting of the machining process parameters in order to obtain a minimum surface roughness of the workpiece. The parameters of the machining process that were varied were the rotational speed of the workpiece with parameters 66 rpm, 100 rpm, and 158 rpm to the cutting depth with parameters 0.015 mm, 0.020 mm, and 0.025 mm. The optimization method used is Taguchi. The experimental design was determined based on the Taguchi method and was in the form of an L9 orthogonal matrix (32). The experiment was carried out randomly with replication 1 time to overcome the disturbance factors that occurred during the machining process.

From the research that has been done, the results obtained show that to obtain minimum surface roughness, the rotational speed of the workpiece is set at 66 rpm with an infeed depth of 0.015 mm. And to reduce the variation of the response simultaneously, the rotational speed of the workpiece has a contribution of 12.0625% and the depth of cutting has the largest contribution, which is 83.8622%.

Keywords: *Grinding, Cylindrical, Roughness, S45C, Taguchi, JAINNHER*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat serta hidayahnya, yang karenanya penulis diberikan kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan tugas akhir berjudul "Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman Pemoangan Benda Kerja Baja S45C Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Gerinda Silindris"

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

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir 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 tugas akhir 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 tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

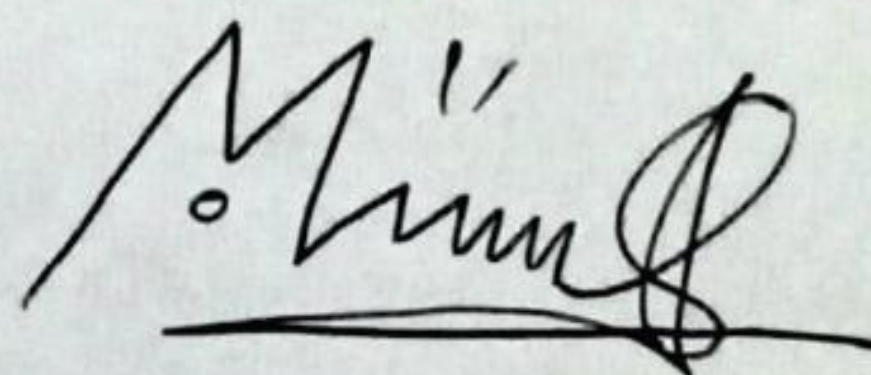
1. Kedua Orang Tua penulis bapak Mansyur dan ibu Susina serta kakak saya Sarah Agustini dan Sasmita Aprilia yang selalu memberikan cinta kasih sayang, dukungan moral, doa yang tulus, dan materi serta telah mendidik, mengarahkan, dan memotivasi dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak I Made 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.
5. Bapak Muhamad Riva'I, S.S.T., M.T. selaku pembimbing I.
6. Bapak Husman, S,S,T.,M.T. selaku pembimbing II
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin 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. Terutama kepada saudara Mei Adi Saputra dan Rodo Julianggi Syahputra.
9. Kekasih tercinta Maya Christiany yang selalu mensupport, membantu, dan mendoakan kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.
10. 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 ini 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 kebaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari tuhan yang maha esa, aamiin.

Sungailiat, Maret 2021

Penulis



Mahendra Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR RUMUS	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah.....	I-3
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-3
1.6 Sistematika Pelaporan	I-3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Gerinda Silindris.....	II-1
2.1.1 Pengertian Gerinda Silindris	II-1
2.1.2 Berdasarkan Konstruksi Mesin.....	II-2
2.1.3 Berdasarkan Gerak Utama.....	II-4
2.1.4 Pemilihan Roda Gerinda	II-4
2.2 Kekasaran Permukaan	II-5
2.3 Alat Uji Kekasaran	II-8
2.4 Baja S45C	II-9

2.5 Metode <i>Taguchi</i>	II-10
2.5.1 Dasar Teori <i>Taguchi</i>	II-10
2.5.2 Pemilihan Matriks Ortogonal	II-13
2.5.3 Rasio S/N	II-14
2.5.4 Tahapan Analisis	II-15
2.5.5 Uji Distribusi F.....	II-18

BAB III METODE PENYELESAIAN MASALAH

3.1 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-2
3.3 Penentuan Variabel	III-2
3.4 Bahan dan Peralatan.....	III-3
3.3.1 Benda Kerja.....	III-3
3.3.2 Batu Gerinda	III-3
3.3.3 Mesin Gerinda Silindris	III-4
3.3.4 Alat Uji Kekasaran	III-5
3.5 Prosedur Percobaan.....	III-6
3.6 <i>Setting</i> Variabel Proses Pada Mesin Gerinda Silindris.....	III-8

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan	IV-1
4.2 Penentuan Kombinasi Level Dar Parameter Untuk Respon Optimal.....	IV-3
4.3 Analisis Variansi Dan Persen Kontribusi	IV-4
4.3.1 Analisa Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan	IV-4
4.3.2 Persen Kontribusi	IV-9
4.3.3 Hasil Prediksi Nilai Kekasaran Permukaan Dan Interval Keyakinan.....	IV-10
4.4 Penentuan Parameter Terhadap Variabilitas Kekasaran Pemukaan Perhitungan Rasio S/N Dari Respon.....	IV-12

4.5 Pengaruh Level Dari Parameter Terhadap Nilai Rasio S/N Kekasaran Permukaan.....	IV-14
4.6 Analisis Varian Rasio S/N	IV-14
4.6.1 Analisis Varian Rasio S/N.....	IV-15
4.6.2 Persen Kontribusi	IV-19
4.6.3 Hasil Prediksi Rasio S/N Kekasaran Permukaan Yang Optimal	IV-20
4.7 Hasil Perhitungan Rata-Rata F-Hitung	IV-21
4.8 Hasil Perhitungan Rasio S/N F-Hitung.....	IV-23
4.9 Analisis.....	IV-26

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Bagian-Bagian Mesin Gerinda Silindris.	II-1
Gambar 2.2 Gerinda Silindris Luar	II-2
Gambar 2.3 Gerinda Silindris Dalam.....	II-3
Gambar 2.4 Gerinda Silindris Luar Tanpa <i>Center</i>	II-3
Gambar 2.5 Gerinda Silindris Universal.....	II-4
Gambar 2.6 Keterangan Kekasaran Permukaan.....	II-8
Gambar 2.7 <i>surface roughness tester type SJ201</i>	II-9
Gambar 3.1 Diagram Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 (a.) Ukuran Benda Kerja. (b.) Gambar Benda Kerja.....	III-3
Gambar 3.3 Batu Gerinda A36M5-V12.....	III-4
Gambar 3.4 Mesin Gerinda Silindris JAINNHER Jenis JHU-3506H	III-4
Gambar 3.5 <i>Surface Roughness Tester type SJ201</i>	III-5
Gambar 3.6 Titik Pengambilan Data Kekasaran.....	III-8

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Nilai Kekasaran Dan Tingkat Kekasaran.....	II-6
Tabel 2.2 Nilai Kekasaran Yang Dicapai Oleh Beberapa Pengerjaan.....	II-7
Tabel 2.3 Spesifikasi Baja S45C Dan S50C	II-10
Tabel 2.4 Matriks Ortogonal $L_9(3^2)$	II-14
Tabel 2.5 Analisa Variasi.....	II-16
Tabel 3.1 <i>Surface Roughness Tester SJ201</i>	III-6
Tabel 3.2 Nilai Level Dan Parameter Proses Yang Diuji	III-8
Tabel 3.3 Desain <i>Taguchi</i> L_9^2 OA	III-9
Tabel 3.4 Desain Faktorial Penelitian	
Tabel 4.1 Hasil Data Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada Data 1	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Data Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada Pengulangan 1	IV-2
Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran	IV-2
Tabel 4.4 Respon Rata-Rata Faktor Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Keseluruhan.....	IV-3
Tabel 4.5 Respon Rata-Rata Faktor Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Optimal.....	IV-4
Tabel 4.6 Analisis Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan	IV-9
Tabel 4.7 Persen Kontribusi.....	IV-10
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Rasio S/N.....	IV-13
Tabel 4.9 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan Dari Pengaruh Parameter.....	IV-14
Tabel 4.10 Analisis Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan	IV-19
Tabel 4.11 Persen Kontribusi S/N.....	IV-20
Tabel 4.12 Persen Kontribusi Rata-Rata.....	IV-22
Tabel 4.13 Persen Kontribusi S/N.....	IV-23
Tabel 4.14 Kondisi Hipotesis Nol Respon Secara Bersamaan	IV-25

DAFTAR RUMUS

	Hal
Rumus 2.1 Rumus Mencari Ra.....	II-5
Rumus 2.2 Rumus Persamaan Mencari Ra.....	II-5
Rumus 2.3 Rumus Persamaan Mencari Ra.....	II-5
Rumus 2.4 Notasi Ortogonal Array.....	II-13
Rumus 2.5 Semakin Kecil Semakin Baik.....	II-15
Rumus 2.6 Tertuju Pada Nilai Tertentu.....	II-15
Rumus 2.7 Semakin Besar Semakin Baik.....	II-15
Rumus 2.8 Jumlah Kuadrat (<i>sum of square</i>).....	II-16
Rumus 2.9 Derajat Kebebasan (<i>degree of freedom</i>) Variabel Bebas.....	II-16
Rumus 2.10 Derajat Kebebasan (<i>degree of freedom</i>) Variabel Total.....	II-16
Rumus 2.11 Derajat Kebebasan (<i>degree of freedom</i>) Variabel <i>Error</i>	II-16
Rumus 2.12 Rata-rata Kuadrat (<i>mean square</i>).....	II-17
Rumus 2.13 Jumlah Kuadrat Total.....	II-17
Rumus 2.14 Jumlah Kuadrat Karena Rata-Rata.....	II-17
Rumus 2.15 Jumlah Kuadrat <i>Error</i>	II-17
Rumus 2.16 Residual <i>Error</i>	II-17
Rumus 2.17 Kuadrat Tengah <i>Error</i>	II-17
Rumus 2.18 Jumlah Kuadrat Total.....	II-17
Rumus 2.19 F Rasio.....	II-18
Rumus 2.20 Persen Kontribusi Variabel x.....	II-18
Rumus 2.21 Persen Kontribusi Variabel <i>Error</i>	II-18
Rumus 2.22 Persen Kontribusi.....	II-18
Rumus 2.23 F-Hitung Variabel A.....	II-19
Rumus 2.24 F-Hitung Variabel B.....	II-19
Rumus 2.25 Nilai Prediksi Kekasaran.....	II-19
Rumus 2.26 Banyaknya Pengamatan Efektif.....	II-19
Rumus 2.27 Perhitungan Interval Keyakinan Kata-Kata Kekasaran Permukaan Benda Kerja Kasil Optimasi.....	II-19

Rumus 2.28 Nilai Prediksi Model Persamaan Rata-Rata Kekasaran	
Permukaan.....	II-20
Rumus 2.29 Perhitungan Interval Keyakinan Rata-Rata Kekasaran Permukaan	
Benda Kerja Hasil Optimasi Dengan Menggunakan Persamaan	II-20
Rumus 2.30 Model Persamaan Rata-Rata Kekasaran permukaan	II-20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi industri manufaktur harus diimbangi dengan kualitas hasil produksi itu tersebut. Beberapa pihak menyebutkan bahwa kekasaran permukaan menjadi tolak ukur dari kualitas benda kerja itu sendiri, karena permukaan benda kerja yang kasar biasanya cepat menimbulkan aus dan memiliki koefisien gesekan lebih tinggi dari pada permukaan yang halus. Kekasaran permukaan pada benda kerja dapat membentuk nukleasi, yaitu terbentuknya partikel suspensi, gelembung, permukaan sistem atau uap-cair tempat nukleus terbentuk. Mengakibatkan retakan atau korosi pada permukaan benda kerja, yang berimbas kembali pada jangka waktu pemakaian dan mengurangi fungsi dari komponen itu tersebut.

Petropoulos dkk, (2009) mengatakan dalam penelitiannya secara khusus kekasaran permukaan memegang peran penting pada kualitas produk dan merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengavaluasi dari hasil proses keakurasian permesinan. Mesin gerinda merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan kekasaran permukaan pada benda kerja, untuk menghasilkan tingkat kehalusan permukaan yang tinggi, salah satunya dapat dilakukan dengan cara penggerindaan permukaan (Anne Afrian, 2016). Gerinda silindris merupakan salah satu proses permesinan yang termasuk dibidang *finishing* dengan tujuan menghasilkan tingkat kehalusan permukaan yang tinggi dengan cara pemotongan logam secara *abrasive* melalui gesekan antara material *abrasive* dengan benda kerja. Sakti (2010) Kedalaman pemakanan juga berpengaruh terhadap kakasaran permukaan. 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). Pada penelitian ini benda kerja yang digunakan adalah baja S45C. S45C adalah baja medium dengan

kandungan carbon 0,45. S45C memiliki kemampuan las & *machinability*, dan dapat mengalami berbagai perlakuan panas berdasarkan standar JIS G 4051-2009 (*Byone-steel&metal*, 2010)

Harryadi dan Dodi, (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Benda Kerja dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Gerinda Silinderis Dengan Center Pada Baja AISI”, kedalaman pemotongan yang digunakan sebesar 0,005, 0,010, dan 0,015 mm dengan kecepatan putaran benda kerja 83 rpm 194 rpm dan 304 rpm. Pada penelitian tersebut hasil terbaik terdapat pada kecepatan putaran benda kerja 194 rpm dan kedalaman pemotongan 0,010 mm.

Sridhar, M Melwin Jagadesh, M Manickam, dan V Kalaiyarasan, (2014) dalam penelitiannya yang berjudul "Optimasi Proses Gerinda Silindris Parameter Putaran Baja OHNS (AISI 0-1) Menggunakan Konsep Desain Eksperimen". Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kecepatan benda kerja, kedalaman potong dan jumlah lintasan. Dari penelitian tersebut mendapatkan hasil parameter optimal dari putaran baja OHNS masuk Proses penggilingan silinder pada kecepatan benda kerja 150 rpm, Kedalaman potong 0,02 mm dan 1 jumlah lintasan. Parameter yang paling berpengaruh jatuh pada setting parameter jumlah lintasan sebesar 0,808%

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah "Berapa besar pengaruh variasi kedalaman pemotongan dengan putaran benda kerja terhadap kekasaran permukaan material baja S45C pada proses permesinan gerinda silindris?"

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya berfokus pada kekasaran permukaan material setelah proses permesinan.
2. Media pendingin yang digunakan yaitu Dromus .
3. Pengambilan data dilakukan secara berkala sehingga mengabaikan panas dari mesin itu sendiri.
4. Penelitian dilakukan menggunakan mesin yang berada di laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut:

Untuk mencari *setting* parameter terbaik dan berapa persen kontribusi pengaruh pada parameter tersebut terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja yang terendah.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan *setting* mesin yang maksimal untuk nilai kekasaran terendah pada mesin Gerinda Silindris dengan model JHU-3506H dengan no. mesin 3506H006B terhadap benda kerja S45C dengan jenis batu gerinda A36M5-V12.
2. Dengan adanya penelitian ini dapat dijadikan bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang 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 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang dasar 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 ANALISIS DATA 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

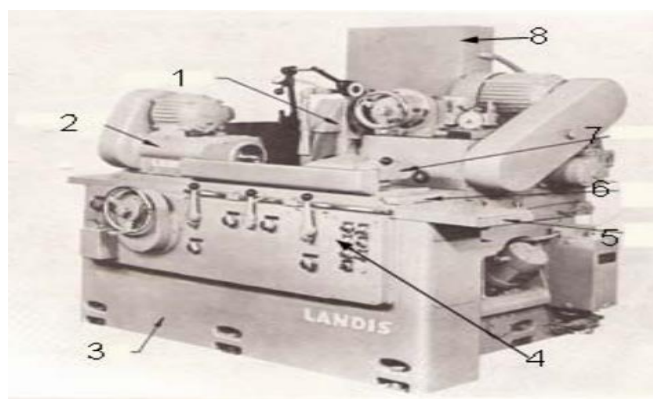
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gerinda Silindris

2.1.1 Pengertian Gerinda Silindris

Cylindrical grinding adalah sebuah alat yang digunakan untuk proses pemotongan atau pemakanan logam secara *abrasive* melalui gesekan antara material batu gerinda dengan benda kerja/logam untuk mengurangi diameter dari benda kerja yang berbentuk silinder (F Wijanarko, 2015). Mesin gerinda silindris berfungsi untuk mengurangi diameter dari benda kerja yang berbentuk silindris atau tirus. biasanya benda kerja yang digunakan berbentuk bulat, dalam hal ini bisa silinder pejal (\emptyset luar), silinder tengahnya lubang (\emptyset dalam), atau juga exentrik. Semakin besar batu gerinda yang digunakan maka semakin besar pula sudut kontak (e) pada benda kerja. Mesin ini biasanya digunakan untuk proses akhir atau *finishing* dari proses permesinan dengan tujuan mendapatkan tingkat kekasaran permukaan terendah.

Berikut merupakan bagian-bagian utama mesin gerinda silindris sebagai berikut:



Gambar 2.1 . Bagian-Bagian Mesin Gerinda Silindris

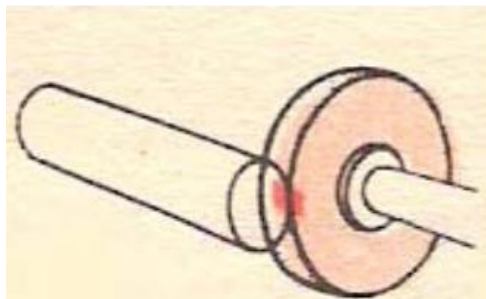
Keterangan :

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 penyangga benda kerja pada pencekaman diantara dua center.
8. Perlengkapan pendingin, berfungsi sebagai tempat pengatur aliran cairan pendingin

2.1.2. Berdasarkan Konstruksi Mesin

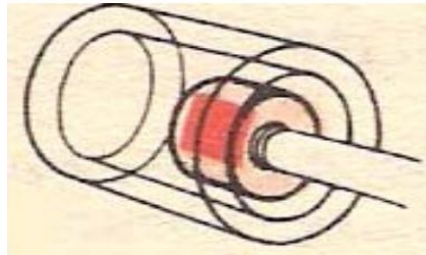
Mesin gerinda silindris dibedakan menjadi 4 macam :

1. Mesin gerinda silindris luar, jenis mesin gerinda ini digunakan untuk menggerinda diameter luar dari benda kerja yang berbentuk silinder atau tirus. Seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini.



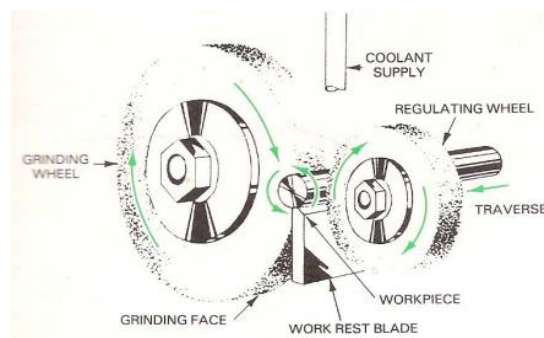
Gambar 2.2 Gerinda Silindris Luar

2. Mesin gerinda silindris dalam, jenis mesin gerinda ini digunakan untuk menggerinda diameter dalam dari benda kerja yang berbentuk silindris atau tirus. Seperti pada Gambar 2.3 berikut ini.



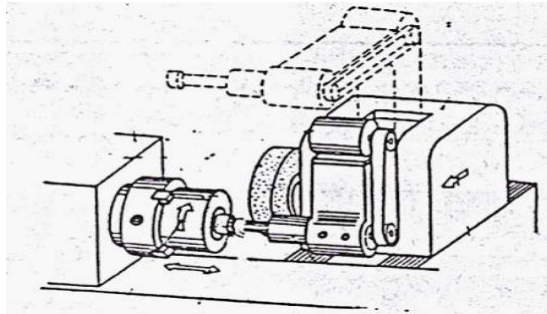
Gambar 2.3. Gerinda Silindris Dalam

3. Mesin gerinda silindris luar tanpa *center*, jenis mesin gerinda ini digunakan untuk menggerinda diameter luar dari benda kerja yang berbentuk silinder dalam jumlah yang banyak baik panjang maupun pendek. Seperti pada Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4. Gerinda Silindris Luar Tanpa *Center*

4. Mesin gerinda silindris universal, jenis mesin gerinda ini digunakan untuk menggerinda diameter luar dan diameter dalam dari benda kerja yang berbentuk silinder atau tirus. Seperti pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5. Gerinda Silindris Universal

2.1.3 Berdasarkan Gerakan Utama.

Mesin gerinda silinderis memiliki empat gerakan utama pada saat beroperasi, yaitu:

- Gerak meja memanjang.
- Gerak putar benda kerja.
- Gerak putar roda gerinda.
- Gerak pemakanan.

2.1.4 Pemilihan Roda Gerinda.

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 *abrasive*. 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 *abrasive*.
- Busur singgung penggerindaan

Busur singgung besar – roda gerinda lunak,

Busur singgung kecil – roda gerinda keras.

2.2 Kekasaran Permukaan

Surface roughness atau kekasaran permukaan adalah komponen tekstur dari permukaan. Nilai kekasaran sendiri dinyatakan dalam *roughness average* (R_a). Nilai kekasaran (R_a) adalah parameter kekasaran yang paling umum dan sering digunakan di berbagai negara. (R_a) sendiri bisa diartikan sebagai rata-rata aritmatika serta adanya penyimpangan pada profil kekasaran penyimpangan rata-rata aritmatika (R_a) sebagai harga rata-rata dari ordinat-ordinat profil efektif garis rata-ratanya. Profil efektif merupakan garis bentuk dari potongan permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan secara konvensional terhadap permukaan geometris ideal. Ilustrasi yang lebih jelas terhadap permukaan geometris, permukaan efektif, profil geometris, dan profil efektif (Juhana dan Suratman, 2000).

Harga (R_a) ditentukan dari nilai-nilai ordinat ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$) yang dijumlahkan tanpa memperhitungkan tandanya. Secara umum, (R_a) dirumuskan sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l \frac{1}{l} |y| dx \dots \dots \dots (2.1)$$

Harga R_a tersebut dapat didekati dengan persamaan:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \dots \dots \dots (2.2)$$

Atau

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

R_a = Nilai kekasaran aritmatika

y_n = Tinggi atau dalam bagian-bagian profil hasil pengukuran jarum peraba
22

n = Frekuensi pengukuran

l = Panjang sampel yang telah ditentukan, yaitu panjang dari profil efektif

yang diperlukan untuk menentukan kekasaran permukaan dari permukaan yang diteliti.

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

Tabel 2.1 Nilai Kekasaran Dan Tingkat Kekasaran

Harga Kekasaran ,Ra(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
0,05	N 2	
0,025	N 1	0,08

(Ra) merupakan parameter respon yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi kekasaran permukaan. Penggunaan parameter (Ra) sebenarnya tidak mempunyai dasar yang kuat untuk mengidentifikasi ketidak teraturan konfigurasi permukaan karena beberapa profil permukaan dapat menghasilkan nilai (Ra) yang hampir sama. Akan tetapi, parameter (Ra) cocok digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan akhir benda kerja yang dihasilkan dalam jumlah banyak. Parameter (Ra) lebih peka terhadap penyimpangan yang terjadi pada

proses 23 permesinan bila dibandingkan dengan parameter-parameter kekasaran permukaan yang lain. Dengan demikian pencegahan akan dapat dilakukan jika muncul tanda-tanda penambahan angka kekasaran permukaan benda kerja. Beberapa nilai contoh kekasaran yang dapat dicapai dengan beberapa cara pengerjaan diperlihatkan oleh Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Nilai Kekasaran Yang Dicapai Oleh Beberapa Pengerjaan

METAL CUTTING:														
sawing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
planing, shaping	200	100	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	
drilling	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
milling	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
boring, turning	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
broaching	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
reaming	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
ABRASIVE:														
grinding	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
barrel finishing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
honing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
electro-polishing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
electrolytic grinding	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
polishing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
lapping	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
superfinishing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
CASTING:														
sand casting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
permold casting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
investment casting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
die casting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
FORMING:														
hot rolling	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
forging	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
extruding	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
cold rolling, drawing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
roller burnishing	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
OTHER:														
flame cutting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
chemical milling	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
electron beam cutting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
laser cutting	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
EDM	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	.8	.4	.2	.1	.05	.025	.012	
Ra μm	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	.5	

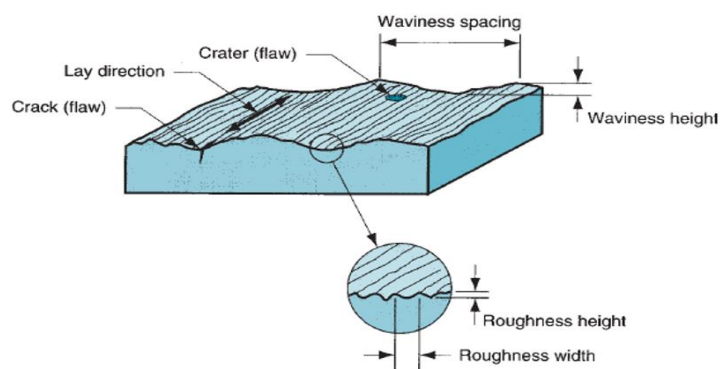
Keterangan :  **Kasar** **Normal** **Halus**

Kasar = Nilai kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan kasar.
 Normal = Nilai kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan normal.
 Halus = Nilai kekasaran permukaan yang dicapai dengan pengerjaan khusus.

2.3 Alat Uji Kekasaran

Pada pengukuran kekasaran permukaan, alat uji yang digunakan yaitu *Surface roughness tester*. *Surface roughness tester* adalah alat pengukuran kekasaran permukaan. *Roughness tester* dapat digunakan disetiap posisi, horizontal, vertical atau dimana pun *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 diberbagai negara. (Ra) sendiri bisa diartikan sebagai rata-rata aritmatika serta adanya penyimpangan pada profil kekasaran.

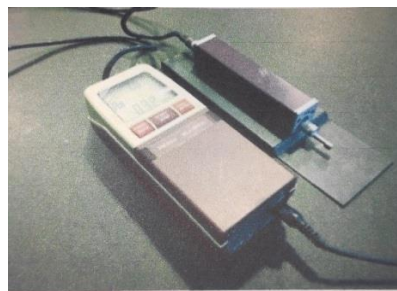
Kekasaran permukaan berperan penting ketika menentukan objek yang berinteraksi dengan lingkungannya. Permukaan kasar sendiri biasanya bisa lebih aus dan memiliki gaya gesek dan memiliki tingkat lebih tinggi dipermukaan halus. Kekerasan juga dapat meningkatkan daya rekat. Nilai kekasaran yang tinggi sering tidak diinginkan karena bisa menjadi lebih sulit untuk mengontrol pembuatannya. Seperti pada Gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6. Keterangan Kekasaran Permukaan

Dalam *surface roughness* atau pengukuran kekasaran permukaan, terdapat besaran kekasaran yang digambarkan dengan simbol Ra, Rt dan Rmax. Ra (*roughness average*) adalah rata-rata permukaan yang didapatkan dari titik tengah serta diukur dari titik awal hingga titik akhir. Rt (*roughness total*) adalah jarak antara perbedaan gelombang tertinggi dengan gelombang terendah. Sedangkan, Rmax (*roughness maximal*) adalah gelombang tertinggi yang diukur dari titik nol.

Ada pula Rz yang merupakan jarak vertikal dari lima panjang gelombang dan memiliki pengaruh yang besar dalam menentukan hasil akhir pengukuran. Semua pengukuran Ra, Rt, Rmax dan Rz dinyatakan dalam satuan micrometer atau mikroiinci. Alat uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *surface roughness tester type SJ201*. Seperti pada Gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8. *Surface Roughness Tester Type SJ201*

2.4 Baja S45C

Baja 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 & *machinability*, dapat mengalami berbagai perlakuan panas berdasarkan standar JIS G 4051-2009, (Byone-steel&metal, 2010). 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. Berikut penjelasan singkat kandungan baja S45C dan S50C pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3. Spesifikasi Baja S45C Dan S50C

<i>Properties</i>	S45C	S50C
<i>Tensile Strength (MPa)</i>	569	630
<i>Yield Strength (MPa)</i>	343	375
<i>Hardness (HB)</i>	160-220	241
<i>Elongation Ratio (%)</i>	20	14
<i>Reduction of Area (Psi)</i>	30	40
<i>Impact Merit AKV (j/cm^2)</i>	-	31
<i>Resilient Value AKV (J)</i>	-	39
<i>Young's Modulus (GPa)</i>	190-210	208
<i>Poisson's Ratio</i>	0,27-0,30	-
<i>Density (kg/m^3)</i>	7700-8030	7840

2.5 Metode Taguchi

2.5.1 Dasar Teori Taguchi

Metode *Taguchi* diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taghuci pada tahun 1940 yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode *Taguchi* adalah menjadikan produk *robust* terhadap gangguan, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Ishak, 2002).

Metode *Taguchi* adalah suatu metodologi untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya rendah. Metode *Taguchi* merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter (Pramono, Dkk, 2001).

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.

Secara umum, desain percobaan *taguchi* dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan percobaan. Ketiga percobaan tersebut sebagai berikut (Soejanto, 2009) :

1. Tahap perencanaan

Tahap perencanaan merupakan tahap terpenting. Pada tahapan ini peneliti dituntut untuk mempelajari percobaan-percobaan yang sudah dilakukan sebelumnya. Kecermataan pada tahapan ini akan membuat sebuah percobaan yang berisi informasi positif dan negatif. Informasi positif terjadi apabila hasil percobaan memberikan indikasi bahwa variabel dan level percobaan mengarah ke peningkatan performansi suatu produk. Informasi negatif terjadi bila hasil percobaan memberikan indikasi bahwa variabel-variabel yang mempengaruhi respon. Tahapan ini terjadi terdiri dari beberapa langkah (Soejanto, 2009) :

a. Perumusan masalah

Perumusan masalah harus dijelaskan secara teknis sehingga dapat dituangkan kedalam percobaan yang akan dilakukan dan harus dirumuskan secara spesifikasi.

b. Penentuan tujuan percobaan

Tujuan percobaan adalah jawaban dari masalah yang telah dirumuskan.

c. Penentuan respon

Respon memiliki nilai yang tergantung pada variabel-variabel lain yang disebut variabel bebas.

d. Pengidentifikasian variasi bebas

Variabel bebas merupakan nilai variabelnya dapat dikendalikan dan dapat ditentukan dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan penelitian. Dalam suatu percobaan, tidak semua variabel yang diperkirakan mempengaruhi harus dicoba. Dengan begitu, maka percobaan dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

e. Pemisahan variabel kontrol dan variabel gangguan

Variabel yang umum digunakan adalah variabel kontrol dan variabel gangguan. Variabel kontrol ialah nilai-nilai variabel yang dapat dikontrol. Variabel gangguan ialah nilai-nilai variabel tidak dapat dikontrol. Dalam metode taguchi, keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas, oleh sebab itu pengaruh antara kedua variabel tersebut berbeda.

f. Penentuan jumlah level

Penentuan jumlah level berpengaruh pada ketelitian hasil dan biaya percobaan. Semakin banyak level maka hasilnya akan semakin teliti, namun disisi lain biaya juga semakin besar.

g. Perhitungan derajat kebebasan

Derajat kebebasan ialah suatu konsep untuk mendeskripsikan seberapa besar percobaan yang akan dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan. Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menentukan jumlah percobaan yang akan diteliti/diamati.

2. Tahap pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan terdiri dari dua hal, antara lain penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan percobaan (Soejanto, 2009).

a. Jumlah replikasi

Replikasi ialah pengulangan kembali perlakuan yang sama pada kondisi yang sama dalam sebuah percobaan agar mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi, mempengaruhi tingkat kesalahan serta memperoleh harga dari taksiran yang salah.

b. Randomisasi

Randomisasi bertujuan untuk menyebarkan pengaruh dari data variabel yang tidak dapat dikendalikan pada semua percobaan. Selain itu pengacakan juga bertujuan untuk memungkinkan dilakukannya uji signifikansi, jadi tiga randomisasi bertujuan untuk memberikan validasi pada uji signifikansi tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

2.5.2 Pemilihan Matriks Ortogonal

Orthogonal array merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain (Ishak, 2002). *Orthogonal array* adalah matriks faktor dan level yang disusun sedemikian rupa sehingga pengaruh suatu faktor dan level tidak berbaur dengan faktor dan level lainnya. Elemen-elemen matriks disusun menurut baris dan kolom. Baris merupakan keadaan suatu faktor, sedangkan kolom adalah faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Notasi *orthogonal array* adalah:

$$L_n = (l^f) \dots \dots \dots (2.4)$$

f = banyaknya kolom

l = banyaknya level

n = banyaknya percobaan

L = rancangan bujur sangkar latin (Iriawan, 2006).

Metode *Taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Matriks ortogonal. Bagian terpenting dari metode matriks ortogonal terletak pada pemilihan level variabel-variabel input masing-masing eksperimen. Matriks ortogonal $L_9(3^2)$ ialah salah satu matriks ortogonal standar terdiri dari beberapa level gabungan. Matriks ortogonal $L_9(3^2)$ ditunjukkan pada Tabel 2.4.berikut ini.

Tabel 2.4 Matriks Ortogonal $L_9(3^2)$

Exp.	Kecepatan Putaran Benda Kerja	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

2.5.3 Rasio S/N

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 karakterteristik ini menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{S}{N} = -10 \log\left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n}\right] \dots\dots\dots(2.5)$$

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 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log\left[\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{Y})^2}{n}\right] \dots\dots\dots(2.6)$$

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:

$$\frac{S}{N} = -10 \log\left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n}\right] \dots\dots\dots(2.7)$$

2.5.4 Tahap analisis

Analisa variansi (ANAVA) ialah suatu teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam desain secara *statistic* (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} sepereti ditunjukkan pada Tabel 2.4 Dibawah ini :

Tabel 2.4 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:

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

- A₁ = Jumlah nilai data pada faktor A
- A₂ = Jumlah nilai data pada faktor A level 2
- n_{A1} = Banyak data pada faktor A level 1
- n_{A2} = 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*.

$$V_x = \text{Banyak level pada faktor } x - 1 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$V_t = \text{Total semua level} - 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$V_{\text{Error}} = V_t - (V_a + V_b + \dots + V_n) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

V_a = Derajat kebebasan faktor

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:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \dots\dots\dots (2.12)$$

4. Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum y^2 \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

y = Nilai data

5. Jumlah kuadrat karena rata-rata

$$SS_m = n \bar{Y}^2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

n = Banyak data

6. Jumlah kuadrat *error*

Dimana:

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + \dots SS_n \dots\dots\dots (2.15)$$

7. Residual *error*

$$SSE = SS_T - SS_m - SS_{faktor} \dots\dots\dots (2.16)$$

8. Kuadrat tengah *error*

$$MS_e = \frac{SSE}{V_e} \dots\dots\dots (2.17)$$

9. Jumlah kuadrat total

$$SS_{Total} = SS_A + SS_B + SSE \dots\dots\dots (2.18)$$

10. F Rasio

$$\text{Frasio} = \frac{SSa}{SSe} \dots\dots\dots (2.19)$$

11. Persen kontribusi

$$- SS'_x = SS_x - MS_E(V_x) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$- SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_n \dots\dots\dots (2.21)$$

$$- \rho = \frac{SS_{faktor}}{SST} \times 100\% \dots\dots\dots (2.22)$$

2.5.5 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:

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

H1 : sedikitnya ada satu pasangan μ yang berbeda

Kegagalan untuk melolak H0 menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan rata-rata respon yang dihasilkan pada perlakuan yang berbeda, sedangkan untuk menolak H1 menunjukkan adanya perbedaan rata-rata dari nilai respon tersebut. Selain itu, juga karena respon pada setiap percobaan dapat dimodelkan dalam bentuk (Montgomery, 2009) :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_1 + \epsilon_{ijk}$$

Maka hipotesis yang juga dapat digunakan dalam pengujian ini adalah untuk taraf variabel A $\rightarrow H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots\dots\dots = \tau_k = 0$

H1 : paling sedikit ada satu τ yang tidak sama dengan 0

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

H1 : paling sedikit ada satu β yang tidak sama dengan 0

Kegagalan menolak H0 menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh variabel A dan B terhadap respon, sedangkan penolakan H1 menunjukkan adanya pengaruh variabel A dan B terhadap respon. Kegagalan menolak atau penolakan H0 didasari nilai F Hitung yang dirumuskan (Soejanto, 2009) :

$$\text{Untuk taraf variabel A} \rightarrow F_{hitung} = \frac{MSa}{MSe} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\text{Untuk taraf variabel B} \rightarrow F_{hitung} = \frac{MSb}{MSe} \dots\dots\dots (2.24)$$

Penerimaan H0 pada masing-masing percobaan dilakukan jika mengalami kondisi 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.

Nilai prediksi kekasaran tersebut dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{\eta} = \eta_m + \sum_{i=1}^q (\eta_i - \eta_m) \dots\dots\dots (2.25)$$

Banyaknya pengamatan efektif dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_{eff} = \frac{\text{Jumlah total eksperimen}}{1 + \text{Jumlah derajat kebebasan-variabel untuk menduga rata-rata}} \dots\dots\dots (2.26)$$

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

$$CI_{optimasi} : \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;Ve} \cdot MSe}{N_{eff}}} \dots\dots\dots (2.27)$$

Nilai prediksi model persamaan rata-rata kekasaran permukaan adalah sebagai berikut.

$$U_{prediksi} = \bar{Y} + (\bar{A}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_1 - \bar{Y}) \dots \dots \dots (2.28)$$

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

$$CI_{optimasi} = \pm \sqrt{F(0,05; 2; 4)Ve \times \frac{1}{n_{eff}}} \dots \dots \dots (2.29)$$

Model persamaan rata-rata kekasaran permukaan adalah sebagai berikut :

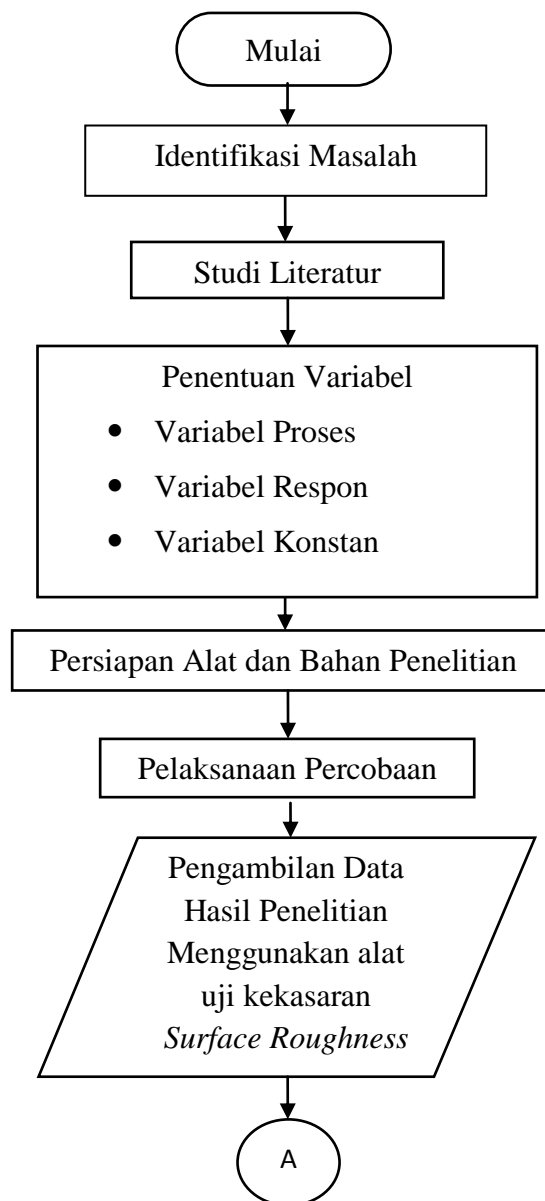
$$U_{prediksi} = \bar{B}_1 + \bar{A}_1 + 2 \times Y \dots \dots \dots (2.30)$$

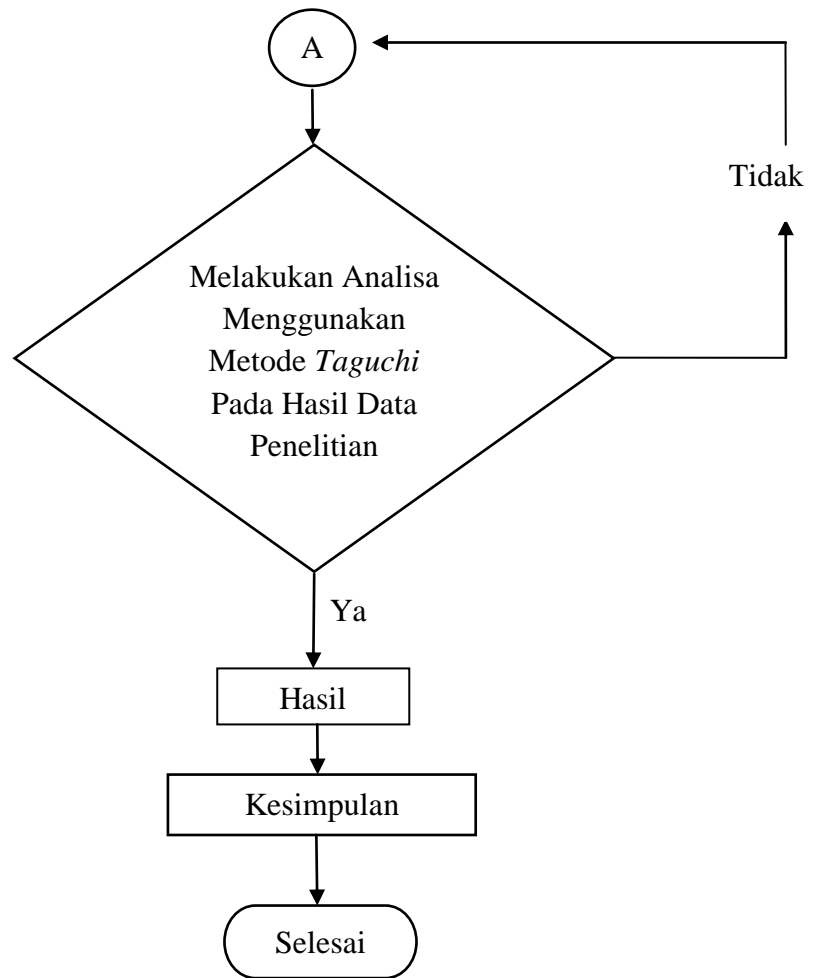
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

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





Gambar 3.1 Diagram Penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 5 bulan dari September 2020 – Februari 2021. Pelaksanaan penelitian bertempat di Laboratorium Mekanika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

3.3 Penentuan Variabel

a. Variabel Proses

Pada penelitian ini variabel proses yang digunakan berupa kedalaman pemotongan dengan parameter 0,015 mm, 0,020 mm, dan 0,025 mm yang divariasikan dengan kecepatan putaran benda kerja dengan parameter 66 rpm, 100 rpm, dan 158 rpm.

b. Variabel Respon

Pada penelitian ini variabel respon yang ingin dicapai yaitu kekasaran permukaan dengan satuan mikrometer (μm).

c. Variabel Konstan

Pada Penelitian ini variabel konstan yang digunakan antara lain kecepatan putaran batu gerinda 1440 rpm, media pendingin berupa dromus, dan jenis batu gerinda yang digunakan, yaitu jenis A36M5 V-12

3.4 Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

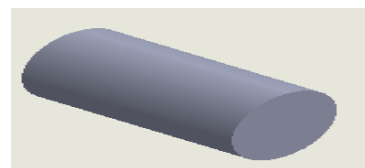
3.4.1 Benda Kerja

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja S45C, baja medium dengan kandungan carbon 0,45%. Dimensi benda kerja yang digunakan adalah $\text{Ø}25 \times 300$ mm. Seperti pada Gambar 3.2 dibawah ini.

a.)



b.)



Gambar 3.2 (a.)Ukuran Benda Kerja. (b.) Gambar Benda Kerja

3.4.2 Batu Gerinda

Dalam penelitian ini batu gerinda yang digunakan berjenis A36M5-V12, alumunium oxid dengan kekerasan batu gerinda sedang / *medium*, kekerasan batu gerinda sedang / *medium*, dan jenis perekatan yang digunakan *vitriified*. Pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Batu Gerinda A36M5-V12

Spesifikasi roda gerinda ini sudah tertera pada tulisan yang menempel pada roda gerinda yaitu A36M5-V12. Yang memiliki keterangan sebagai berikut:

- Keterangan :
- A = Aluminium Oxide.
 - 36 = Kekerasan batu gerinda sedang / *medium*.
 - M5 = Tingkat kekuatan dari perekatan material sedang.
 - V12 = Jenis perekatan yang digunakan *vitrified*.

3.4.3 Mesin Gerinda Silindris

Mesin gerinda silindris yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan merk JAINNHER jenis JHU-3506H dengan nomor mesin 3506H006B. Yang tertera pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Mesin Gerinda Silindris JAINNHER Jenis JHU-3506H

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Jenis Mesin : JHU-3506H
- Pembuat Produk : JAINNHER
- No. Mesin : 3506H006B
- Berat Total : 2510 Kg
- Torsi Power : 6 KW/8HP
- Voltage : 120V

3.4.4 Alat Uji Kekasaran

Alat ini berfungsi untuk menguji kekasaran permukaan material. Alat uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *surface roughness tester type SJ201*. Yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 *Surface Roughness Tester Type SJ201*

Berikut spesifikasi *Surface Roughness Tester type SJ201*. Pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 *Surface Roughness Tester SJ201*

<i>Drive unit</i>	
<i>Speed</i>	<i>Measuring : 0,25 mm/s, 0,5 mm/s (0.1"/s, 0.2"/s)</i> <i>Returning : 0.8 mm/s (0.3"/s)</i>
<i>Measuring range (x-Axis)</i>	<i>12.5 mm</i>
<i>Mass</i>	<i>190 g</i>
<i>Standar probe</i>	<i>Code No. 178-395</i>
<i>Measuring range</i>	<i>350 μm (-200 μm to + 150 μm)</i>
<i>Stylus</i>	<i>Diamond cone</i>
<i>Skid radius</i>	<i>40 mm</i>
<i>Roughness parameters</i>	<i>Ra, Ry, Rz, Rq, S, Sm, Pc, R3z, Mr, Rt, Rk,</i> <i>Rpk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo (use-defined)</i>
<i>Roughness standart</i>	<i>JIS, DIN, ISO, ANSI</i>

3.5 Prosedur Percobaan

Langkah-langkah eksperimen yang akan dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan data dari proses permesinan adalah sebagai berikut:

- Tahap 1:
 1. Menyiapkan spesimen uji yang meliputi: penyesuaian ukuran, peralatan, pembersihan spesimen dari kotoran-kotoran yang dapat 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. Mendresser (mengasah batu gerinda), untuk membuang kotoran sisa pemakanan pada batu gerinda.
 5. Pemasangan spesimen uji pada lubang *center* yang terdapat pada pengecaman mesin gerinda silindris.

6. Penyetingan variable-variabel proses yang telah ditetapkan sesuai dengan rancangan eksperimen pada mesin gerinda silindris.
7. Menghidupkan mesin dan melakukan proses permesinan.
8. Mematikan mesin dan melepas spesimen uji pada pencekam mesin gerinda silindris.
9. Kembali ke rancangan percobaan no.4-7 dengan spesimen uji yang lain.
10. Lakukan sampai spesimen uji selesai.

- Tahap 2:

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

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. 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 spesimen dilakukan pengukuran pada 3 titik yang berbeda dengan posisi pengukuran memanjang. Yang dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Titik Pengambilan Data Kekasaran

3.6 Setting Variabel Proses Pada Mesin Gerinda Silindris

Untuk penelitian ini peneliti menggunakan mesin gerinda silindris JAINNHER model JHU-3506H no. mesin 3506H006B dengan tipe batu gerinda A36M5-V12 dengan menggunakan benda kerja S45C. Pada penelitian ini akan diuji coba dengan kedalaman pemotongan (*Dept of Cut*) 0,015 mm, 0,020 mm, 0,025 mm dan kombinasi kecepatan putaran/rotasi per menit (*RPM*) 66, 100, dan 158 Rpm.

Sehingga diperoleh desain eksperimen faktorial 3x3. Dengan demikian diperlakukan sembilan kondisi percobaan yang berbeda-beda. Pada masing-masing perlakuan dilakukan 1 kali pengulangan, sehingga tiap perlakuan diperoleh sebanyak tiga data, maka faktorial 3x3 ini akan diperoleh data sebanyak 18 data. Penelitian ini menggunakan desain *Taguchi* $L_9(3^2)$ OA dengan dua faktor dan tiga level. Berikut ini adalah Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji pada Tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.2 Nilai Level Dan Parameter Proses Yang Diuji

Faktor	ParameterProses	Level		
		1	2	3
A	KecepatanPutaranBendaKerja	66	100	158
B	KedalamanPemotongan	0,015	0,02	0,025

Berikut ini adalah desain *Taguchi* $L_9(3^2)$ OA pada Tabel 3.3 dibawah ini :

Tabel 3.3 Desain *Taguchi* $L_9(3^2)$ OA

Exp.	Kecepatan Putaran Benda Kerja	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

Berikut ini adalah Desain Faktorial Penelitian pada Tabel 3.4 dibawah ini :

Tabel 3.4 Desain Faktorial Penelitian

Exp.	Kecepatan putaran	Kedalaman pemotongan
1	66	0,015
2	66	0,020
3	66	0,025
4	100	0,015
5	100	0,020
6	100	0,025
7	158	0,015
8	158	0,020
9	158	0,025

Eksperimen akan dilakukan berdasarkan Tabel 3.4 dari nilai tiap parameter akan diinput ke mesin gerinda silindris dan akan dilakukan proses pengujian. Hasil dari nilai getaran yang terjadi akan dirat-ratakan, dan hasil nilai rata-rata tersebut akan dimasukkan ke *software* analisis kemudian akan diolah dan diambil kesimpulan.

BAB IV

ANALISIS DATA 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 merk JAINNHER jenis JHU-3506H dengan no mesin 3506H006B. Adapun 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 menggunakan software.

Pada penelitian ini dilakukan 1 kali pengulangan dengan parameter yang sama. Pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dilakukan dengan menggunakan alat ukur *surface roughness tester*. Dari penelitian yang dilakukan

Tabel 4.1 Hasil Data Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada Data

Kecepatan putaran benda Kerja	Kedalaman Pemotongan B	Data Awal			Jumlah	Mean
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
66	0,015	0,127	0,131	0,129	0,387	0.129
66	0,020	0,158	0,159	0,163	0,480	0.16
66	0,025	0,186	0,187	0,185	0,558	0.186
100	0,015	0,138	0,135	0,141	0,414	0.138
100	0,020	0,170	0,168	0,163	0,501	0.167
100	0,025	0,191	0,196	0,195	0,582	0.194
158	0,015	0,157	0,153	0,155	0,465	0.155
158	0,020	0,176	0,180	0,181	0,537	0.179
158	0,025	0,203	0,200	0,203	0,606	0.202

Selanjutnya dilakukan pengulangan dengan parameter yang sama, dan mendapatkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Hasil Data Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada Pengulangan 1

Kecepatan putaran benda Kerja	Kedalaman Pemotongan	Replikasi 1			Jumlah	Mean
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
A	B					
66	0,015	0,124	0,129	0,128	0,381	0.127
66	0,020	0,158	0,155	0,161	0,474	0.158
66	0,025	0,192	0,191	0,184	0,567	0.189
100	0,015	0,142	0,137	0,141	0,420	0.14
100	0,020	0,165	0,168	0,168	0,501	0.167
100	0,025	0,198	0,196	0,194	0,588	0.196
158	0,015	0,154	0,157	0,154	0,465	0.155
158	0,020	0,178	0,182	0,183	0,543	0.181
158	0,025	0,201	0,204	0,195	0,600	0.2

Dari Percobaan diatas maka didapat hasil yang ditunjukkan pada lampiran

1. Data hasil percobaan secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4.3 dibawah ini

Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran

Matriks Ortogonal L9(3 ²)						
Ekp.	Faktor		Data awal	Replikasi 1	Jumlah	Mean
	A	B				
1	1	1	0,129	0,127	0,256	0,128
2	1	2	0,160	0,158	0,318	0,159
3	1	3	0,186	0,189	0,375	0,1875
4	2	1	0,138	0,140	0,278	0,139
5	2	2	0,167	0,167	0,334	0,167
6	2	3	0,194	0,196	0,390	0,195
7	3	1	0,155	0,155	0,310	0,155
8	3	2	0,179	0,181	0,360	0,180
9	3	3	0,202	0,200	0,402	0,201
Rata-rata						0,167

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan permesinan khusus (*finishing*). Hasil percobaan awal tersebut menunjukkan bahwa rata-rata kekasaran permukaan dengan menggunakan *setting* kombinasi awal pada percobaan kombinasi ke-1 adalah sebesar 0,127 μm . Dengan demikian, dapat disimpulkan

bahwa hasil percobaan ini memberikan nilai kekasaran yang berada pada *range* kondisi pemotongan halus (*finishing*).

4.2 Penentuan Kombinasi level Dari Parameter Untuk Respon Optimal

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

$$A1 = 1/3 (0,128 + 0,159 + 0,1875) = 0,158$$

$$A2 = 1/3 (0,139 + 0,167 + 0,195) = 0,167$$

$$A3 = 1/3 (0,155 + 0,180 + 0,201) = 0,178$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor B

$$B1 = 1/3 (0,128 + 0,139 + 0,155) = 0,140$$

$$B2 = 1/3 (0,159 + 0,167 + 0,180) = 0,168$$

$$B3 = 1/3 (0,1875 + 0,195 + 0,210) = 0,194$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 Respon Rata-Rata Faktor Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Keseluruhan

Kode Parameter	Parameter Proses	Level 1	Level 2	Level 3
A	Kecepatan Putaran Benda Kerja	0,158	0,167	0,178
B	Kedalaman Pemotongan	0,140	0,168	0,195
Total nilai rata-rata kekasaran permukaan = 0,167				

Berdasarkan hasil respon rata-rata kekasaran permukaan pada masing-masing level dari parameter proses, maka dapat ditentukan untuk prediksi kombinasi parameter-parameter proses yang menghasilkan respon optimal. Kombinasi parameter-parameter proses untuk respon optimal dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Respon Rata-Rata Faktor Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Optimal

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kecepatan Putar Benda Kerja	Level 1	66 rpm
Kedalaman Pemotongan	Level 1	0,015 mm

4.3 Analisis Variansi Dan Persen Kontribusi

Analisis Variansi (ANAVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi dalam mengurangi variasi respon kekasaran permukaan benda kerja. Pada penelitian ini, ANAVA dilakukan pada kekasaran yang merupakan respon yang mewakili keseluruhan respon.

4.3.1. Analisis Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan

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

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \dots + \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.8)$$

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

Derajat bebas total :

$$V_t = \text{Total semua level} - 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$V_T = N - 1$$

$$= 9 - 1 = 8$$

Derajat bebas total :

$$V_e = V_t - (V_a + V_b + \dots + V_n) \dots \dots \dots (2.11)$$

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

Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor A :

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \dots + \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \dots \dots \dots (2.8)$$

Perhitungan *sum of square* faktor A :

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{0,4745^2}{3} + \frac{0,501^2}{3} + \frac{0,536^2}{3} - \frac{1,5115^2}{9} \\ &= 0,000634389 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan :

$$V_x = \text{Banyak level pada faktor x} - 1 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,000634389}{2} = 0,000317194$$

Jumlah kuadrat total :

$$SS_T = \sum y^2 \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= (0,128)^2 + (0,159)^2 + (0,1875)^2 + \dots \dots \dots + (0,201)^2 \\ &= 0,258882 \end{aligned}$$

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

$$SS_m = n \bar{y}^2 \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \times (0,167)^2 \\ &= 0,253 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + \dots SS_n \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B \\ &= 0,000634 + 0,004349 \\ &= 0,004983 \end{aligned}$$

Residual error :

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 0,258882 - 0,253848 - 0,004983 \\ &= 0,0000504 \end{aligned}$$

Perhitungan Frasio :

$$\text{Frasio} = \frac{SS_A}{SS_e} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\begin{aligned} F_{\text{rasio}} &= \frac{SS_A}{SS_e} \\ &= \frac{0,000634}{0,0000504} \\ &= 12,57591 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor B :

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \dots \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.8)$$

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

Perhitungan *sum of square* faktor B :

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{0,422^2}{3} + \frac{0,506^2}{3} + \frac{0,584^2}{3} - \frac{1,5115^2}{9} \\ &= 0,004349 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan :

$$V_x = \text{Banyak level pada faktor } x-1 \dots\dots\dots(2.9)$$

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,004349}{2} = 0,002174$$

Jumlah kuadrat total :

$$SS_T = \sum y^2 \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= (0,128)^2 + (0,159)^2 + (0,1875)^2 + \dots\dots\dots + (0,201)^2 \\ &= 0,258882 \end{aligned}$$

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

$$SS_m = n \bar{y}^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \times (0,167)^2 \\ &= 0,253 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + \dots SS_n \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B \\ &= 0,000634 + 0,004349 \\ &= 0,004983 \end{aligned}$$

Residual error :

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 0,258882 - 0,253848 - 0,004983 \\ &= 0,0000504 \end{aligned}$$

Perhitungan Frasio :

$$\text{Frasio} = \frac{SS_A}{SS_e} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\begin{aligned} F_{\text{rasio}} &= \frac{SS_B}{SS_e} \\ &= \frac{0,00434}{0,0000504} \\ &= 86,22136 \end{aligned}$$

Kuadrat tengah error :

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_{\text{error}}} = \frac{0,0000504}{4} = 0,000013$$

Jumlah kuadrat total :

$$SS_{\text{Total}} = SS_A + SS_B + SS_e \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= SS_A + SS_B + SS_e \\ &= 0,000634389 + 0,004349 + 0,0000504 \\ &= 0,005034222 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Analisa Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio
A	2	0,000634389	0,000317194	12,57591
B	2	0,004349	0,002174	86,22136
Error	4	0,0000504	0,000013	
Total	8	0,005034222		

4.3.2 Persen Kontribusi :

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

$$SS'_x = SS_x - MS_E(V_x) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E(V_A) \\ &= 0,000634389 - (0,0000126 \times 2) \\ &= 0,0006092 \end{aligned}$$

$$SS'_x = SS_x - MS_E(V_x) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 0,004349 - (0,0000126 \times 2) \\ &= 0,004324 \end{aligned}$$

$$SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_n \dots \dots \dots (2.21)$$

$$\begin{aligned} SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B \\ &= 0,00503422 - 0,000609167 - 0,004324 \\ &= 0,0001009 \end{aligned}$$

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

$$\rho = \frac{SS_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\begin{aligned} \rho_A &= \frac{0,0006092}{0,00503422} \times 100\% \\ &= 12,10051 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_B &= \frac{0,004324}{0,00503422} \times 100\% \\ &= 85,89542 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_e &= \frac{0,0001009}{0,00503422} \times 100\% \\ &= 2,00406 \%\end{aligned}$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.7 Persen Kontribusi

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	0,000634389	0,000317194	12,57591	12,10051 %
B	2	0,004349	0,002174	86,22136	85,89542 %
Error	4	0,0000504	0,000013		2,00406 %
Total	8	0,005034222	-		100 %

Dari tabel perhitungan kontribusi parameter di atas menunjukkan bahwa faktor B (kedalaman pemotongan) memiliki kontribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter kedalaman pemotongan yaitu sebesar 85,89542 %.

4.3.3 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:

$$\hat{\eta} = \eta_m + \sum_{i=1}^q (\bar{\eta}_i - \eta_m) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$= 0,167 + (0,158 - 0,167) + (0,140 - 0,167)$$

$$= 0,131$$

Jadi dengan nilai kekasaran permukaan hasil prediksi untuk kombinasi variabel yang menghasilkan respon optimal adalah 0,131. Penerima interval keyakinan rata-rata kekasaran permukaan prediksi digunakan terlebih dahulu menghitung banyaknya pengamatan efektif. Banyaknya pengamatan efektif dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel-variabel untuk menduga rata-rata}} \quad (2.22)$$

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

$$= 3,6$$

Nilai $F_{(0,05;2;4)} = 6,9443$ dan $MS_E = 0,0000126$

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

$$CI_{\text{optimasi}} = \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;v_E} \cdot MS_E}{n_{\text{eff}}}} \quad \dots \dots \dots (2.23)$$

$$CI_{\text{optimasi}} = \sqrt{\frac{6,9443 \times 0,0000126}{3,6}}$$

$$CI_{\text{optimasi}} = 0,004930015213$$

Dengan demikian interval keyakinan 95% rata-rata kekasaran permukaan hasil optimasi adalah $0,131 \pm 0,004930015213$ atau $0,126 \leq U_{\text{prediksi}} \leq 0,135$

4.4 Penentuan Parameter Terhadap Variabilitas Kekasaran Permukaan

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 berikut ini :

$$\frac{S}{N} \text{ Rasio} = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \dots \dots \dots (2.5)$$

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 kekasaran permukaan maka akan semakin baik. Dalam penelitian ini nilai yang diharapkan adalah kekasaran permukaan benda kerja yang terkecil. Dengan replikasi sebanyak 1 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini:

Pada eksperimen ke 1:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,129^2 + 0,127^2) \right) = 17,855$$

Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,160^2 + 0,158^2) \right) = 15,971$$

Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,186^2 + 0,189^2) \right) = 14,539$$

Pada eksperimen ke 4:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{2} (0,138^2 + 0,140^2) \right) = 17,139$$

Pada eksperimen ke 5:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (0,167^2 + 0,167^2) \right) = 15,545$$

Pada eksperimen ke 6:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (0,194^2 + 0,196^2) \right) = 14,199$$

Pada eksperimen ke 7:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (0,155^2 + 0,155^2) \right) = 16,193$$

Pada eksperimen ke 8:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (0,179^2 + 0,181^2) \right) = 14,894$$

Pada eksperimen ke 9:

$$S/N = - 10 \log \left(\frac{1}{2} (0,202^2 + 0,200^2) \right) = 13,935$$

Hasil perhitungan rasio S/N yang diperoleh untuk respon yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini :

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Rasio S/N

No	Parameter Permesinan		Nilai Kekasaran Permukaan		S/N
	A	B	Data awal	Replikasi 1	
1	1	1	0,129	0,127	17,855
2	1	2	0,160	0,158	15,971
3	1	3	0,186	0,189	14,539
4	2	1	0,138	0,140	17,139
5	2	2	0,167	0,167	15,545
6	2	3	0,194	0,196	14,199
7	3	1	0,155	0,155	16,193
8	3	2	0,179	0,181	14,894
9	3	3	0,202	0,200	13,935
Rata-rata					15,586

4.5 Pengaruh Level Dari Parameter Terhadap Nilai Rasio S/N 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

$$A1 = 1/3 (17,855 + 15,971 + 14,539) = 16,122$$

$$A2 = 1/3 (17,139 + 15,545 + 14,199) = 15,628$$

$$A3 = 1/3 (16,193 + 14,894 + 13,935) = 15,007$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor B

$$B1 = 1/3 (17,855 + 17,139 + 16,193) = 17,062$$

$$B2 = 1/3 (15,971 + 15,545 + 14,894) = 15,470$$

$$B3 = 1/3 (14,539 + 14,199 + 13,935) = 14,224$$

Untuk ketiga parameter utama yang diamati yaitu kedalaman pemotongan, kecepatan putar benda kerja, dan gerak pengaruh parameternya dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.9 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan Dari Pengaruh Parameter

Rasio S/N dari pengaruh parameter		
Level	A	B
Level 1	16,122	17,062
Level 2	15,628	15,470
Level 3	15,007	14,224
Selisih	1,115	2,838
Peringkat	2	1

4.6 Analisis Variansi Dan Persen Kontribusi

Analisis Variansi (ANAVA) digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi dalam mengurangi variasi respon kekasaran permukaan benda kerja. Pada penelitian ini, ANAVA dilakukan pada kekasaran yang merupakan respon yang mewakili keseluruhan respon.

4.6.1 Analisis Varian Rasio S/N

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 :

$$V_t = \text{Total semua level} - 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

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

Derajat bebas total :

$$V_{Error} = V_t - (V_a + V_b + \dots + V_n) \dots\dots\dots (2.11)$$

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

Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor A :

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \dots + \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.8)$$

Perhitungan *sum of square* faktor A :

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{48,367^2}{3} + \frac{46,884^2}{3} + \frac{45,023^2}{3} - \frac{104,275^2}{9} \\ &= 1,87094 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan :

$$V_x = \text{Banyak level pada faktor x} - 1 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{1,87094}{2} = 0,93547$$

Jumlah kuadrat total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \dots\dots\dots (2.13) \\ SS_T &= \sum y^2 \\ &= (17,855)^2 + (15,971)^2 + (14,539)^2 + \dots\dots\dots + (13,935)^2 \\ &= 2200,6508 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} SS_m &= n \bar{y}^2 \dots\dots\dots (2.14) \\ SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \times (15,586)^2 \\ &= 2186,348 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + \dots SS_n \dots\dots\dots (2.15) \\ SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B \\ &= 1,87094 + 12,14000 \\ &= 14,01095 \end{aligned}$$

Residual error :

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \dots\dots\dots (2.16) \\ SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 2200,6508 - 2186,3484 - 14,0195 \\ &= 0,2914 \end{aligned}$$

Perhitungan Frasio :

$$\begin{aligned} \text{Frasio} &= \frac{SS_A}{SS_e} \dots\dots\dots (2.19) \\ &= \frac{1,87094}{0,2914} \\ &= 6,41990 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*) Faktor B :

$$SS_x = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \dots + \frac{A_n^2}{n_{A_n}} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (2.8)$$

Perhitungan *sum of square* faktor B :

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{51,188^2}{3} + \frac{46,411^2}{3} + \frac{42,674^2}{3} - \frac{140,275^2}{9} \\ &= 12,14000 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan :

$$V_x = \text{Banyak level pada faktor x-1} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*Mean square*) :

$$MS_x = \frac{SS_A}{V_A} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{12,14000}{2} = 6,0700$$

Jumlah kuadrat total :

$$SS_T = \sum y^2 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= (17,855)^2 + (15,971)^2 + (14,539)^2 + \dots\dots\dots + (13,935)^2 \\ &= 2200,6508 \end{aligned}$$

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

$$SS_m = n \bar{y}^2 \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 9 \times (15,586)^2 \\ &= 2186,348 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat *error* :

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + \dots SS_n \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B \\ &= 1,87094 + 12,14000 \\ &= 14,01095 \end{aligned}$$

Residual error :

$$SSE = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 2200,6508 - 2186,3484 - 14,0195 \\ &= 0,2914 \end{aligned}$$

Perhitungan Frasio:

$$\text{Frasio} = \frac{SS_A}{SS_e} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{12,14000}{0,2914} \\ &= 41,6568 \end{aligned}$$

Kuadrat tengah error :

$$MS_e = \frac{SSE}{V_e} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$MS_e = \frac{SSE}{V_{\text{error}}} = \frac{0,2914}{4} = 0,07285$$

Jumlah kuadrat total :

$$SS_{\text{Total}} = SS_A + SS_B + SS_e \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= SS_A + SS_B + SS_e \\ &= 1,87094 + 12,14000 + 0,2914 \\ &= 14,30238 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.10 dibawah ini :

Tabel 4.10 Analisi Variansi Rata-Rata Kekasaran Permukaan

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio
A	2	1,87094	0,93547	6,41990
B	2	12,14000	6,0700	41,6568
Error	4	0,2914	0,07285	
Total	8	14,30238		

4.6.2 Persen Kontribusi :

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

$$SS'_x = SS_x - MS_E(V_x) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_E(V_A) \\ &= 1,87094 - (0,07285 \times 2) \\ &= 1,7252 \end{aligned}$$

$$SS'_x = SS_x - MS_E(V_x) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 12,14000 - (0,07285 \times 2) \\ &= 11,9943 \end{aligned}$$

$$SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B \dots \dots \dots (2.21)$$

$$\begin{aligned} &= 14,3023 - 1,7252 - 11,9943 \\ &= 0,5829 \end{aligned}$$

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

$$\rho = \frac{SS_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\begin{aligned} \rho_A &= \frac{1,7252}{14,3023} \times 100\% \\ &= 12,0625 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_B &= \frac{11,9943}{14,3023} \times 100\% \\ &= 83,8622\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_e &= \frac{0,5829}{14,3023} \times 100\% \\ &= 4,07524\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.11 dibawah ini :

Tabel 4.11 Persen Kontribusi S/N

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	1,87094	0.93547	6,41990	12,0625 %
B	2	12,14000	6,0700	41,6568	83,8622 %
Error	4	0,2914	0,07285		4,07524 %
Total	8	14,30238	-		100 %

Dari tabel perhitungan kontribusi parameter di atas menunjukkan bahwa faktor B (kedalaman pemotongan) memiliki kontribusi yang paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan dibandingkan dengan parameter kedalaman pemotongan yaitu sebesar 83,8622%.

4.6.3 Hasil 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 :

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

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

$$U_{prediksi} = \bar{B}_1 + \bar{A}_1 + 2 \times \bar{Y} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\begin{aligned}
&= \bar{B}_1 + \bar{A}_1 + 2 \times \bar{Y} \\
&= 17,062 + 16,122 + 2 \times 15,586 \\
&= 64,356
\end{aligned}$$

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

Diketahui :

$$\begin{aligned}
N_{\text{eff}} &= \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan variabel-variabel untuk menduga rata-rata}} \quad (2.22) \\
&= \frac{9 \times 2}{1 + (2+2)} = \frac{18}{5} \\
&= 3,6
\end{aligned}$$

Nilai $F_{(0,05;2;4)} = 6,9443$ dan $MS_E = 0,07285$

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

$$\begin{aligned}
CI_{\text{optimasi}} &= \pm \sqrt{F(0,05; 2; 4) \times Ve \times \frac{1}{n_{\text{eff}}}} \dots \dots \dots (2.25) \\
&= \pm \sqrt{6,9443 \times 0,07285 \times \frac{1}{3,6}} \\
&= \pm 0,3748
\end{aligned}$$

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

$$64,356 - 0,3748 \leq 64,356 \leq 64,356 + 0,3748$$

$$63,9812 \leq 64,356 \leq 64,7308$$

4.7 Hasil Perhitungan Rata-rata F-Hitung

Dari hasil perhitungan nilai rata-rata dengan menggunakan taraf interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95 %. Taraf interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.12 dibawah ini :

Tabel 4.12 Persen Kontribusi Rata-Rata

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	0,000634389	0.000317194	12,57591	12,10051 %
B	2	0,004349	0,002174	86,22136	85,89542 %
Error	4	0,0000504	0,000013		2,00406 %
Total	8	0,005034222	-		100 %

Berdasarkan hasil diatas diketahui bahwa nilai variasi kedalaman pemotongan pada F_{hitung} memiliki nilai paling besar yakni 86,22136 dan yang terendah pada nilai variasi kecepatan putaran benda kerja sebesar 12,57591.

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.

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 (variasi perlakuan yang memberikan berpengaruh terhadap kekasaran permukaannya).

Kesimpulan: $F_{hitung} = 12,57591 > F(0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, dengan demikian artinya terdapat pengaruh dari variabel kecepatan putaran benda kerja terhadap kekasaran permukaan.

2. Variabel B (kedalaman pemotongan)

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = 0$ (variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan).

H_1 : paling sedikit ada satu β tidak sama dengan 0(variasi perlakuan yang memberikan berpengaruh terhadap kekasaran permukaannya).

Kesimpulan: $F_{hitung} = 86,22136 > F(0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, dengan demikian artinya terdapat pengaruh dari variabel kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan.

Maka didapatkanlah nilai F_{tabel} yakni 6,9443, sehingga nilai F_{hitung} kecepatan putaran benda kerja (12,57591) $> F_{tabel}$ (6,9443) dan F_{hitung} kedalaman pemotongan (86,22136) $> F_{tabel}$ (6,9443) = terdapat pengaruh terhadap kekasaran permukaan. Yang mana artinya kecepatan putaran benda kerja dan kedalaman pemotongan memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja dengan persentase masing-masing 12,10051% dan 85,89542%

4.8 Hasil Perhitungan Rasio S/N F-Hitung

Dari hasil perhitungan nilai rata-rata dengan menggunakan taraf interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95 %. Taraf interval kepercayaan tersebut dapat dilihat pada hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata diperlihatkan pada Tabel 4.13 dibawah ini :

Tabel 4.13 Persen Kontribusi S/N

Sumber	V	SS	MS	F-Rasio	ρ %
A	2	1,87094	0,93547	6,41990	12,0625 %
B	2	12,14000	6,0700	41,6568	83,8622 %
Error	4	0,2914	0,07285		4,07524 %
Total	8	14,30238	-		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.

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 error :

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

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 (variasi perlakuan yang memberikan berpengaruh terhadap kekasaran permukaannya).

Kesimpulan: $F_{hitung} = 6,41990 < F(0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, dengan demikian artinya tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variabel kecepatan putaran benda kerja terhadap kekasaran permukaan.

2. Variabel B (Kedalaman pemotongan)

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (variansi perlakuan tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan)

H_1 : paling sedikit ada satu β tidak sama dengan 0 (variasi perlakuan yang memberikan berpengaruh terhadap kekasaran permukaannya).

Kesimpulan: $F_{hitung} = 41,6568 > F(0,05;2;4) = 6,9443$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, dengan demikian artinya terdapat pengaruh dari 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	Diterima/gagal ditolak
B	Tidak diterima/ditolak

Pada tabel 4.12 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 83,8622 % 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 :

$$SS'_x = SS_x - MS_E(V_x) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_E(V_B) \\ &= 12,14000 - (0,07285 \times 2) \\ &= 11,9943 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{SS_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\begin{aligned} \rho_B &= \frac{11,9943}{14,3023} \times 100\% \\ &= 83,8622 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.14 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 12,0625 % kedalaman pemotongan sebesar 83,8622 % ,dan persentase eror sebesar 4,07524 %. Maka jika variabel-variabel respon tersebut jika ditotalkan akan menghasilkan persentase sebesar 100 %.

4.9 Analisis

Nilai rata-rata $F_{hitung} = 86,22136 > F_{tabel} = 6,9443$ dan rasio S/N : $F_{hitung} = 41,6568 > F_{tabel} = 6,9443$ 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 $F_{hitung} = 12,57591 > F_{tabel} = 6,9443$ dan rasio S/N : $F_{hitung} = 6,41990 < F_{tabel} = 6,9443$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan proses yang pengaruh dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman Pemotongan Benda Kerja Baja S45C Terhadap Kekasaran Permukaan Mesin Gerinda Silindris” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Setting kombinasi level variabel optimal respon kekasaran permukaan yang minimal terdapat pada seting variabel kecepatan putaran benda kerja dengan *setting* 66 rpm dan Kedalaman pemotongan diatur sebesar 0,015 mm. sedangkan pada parameter kecepatan putaran benda kerja mendapatkan persen kontribusi sebesar 12,0625% dan kedalaman pemotongan sebesar 83,8622% dengan persen eror 4,07524%.

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 seperti memvariasikan kecepatan gerak meja atau pemvariasian media pendingin.
2. Variasi-variasi faktor yang mempengaruhi dapat dikembangkan lagi kedepannya. Pada penelitian ini menggunakan kedalaman pemotongan 0,015 , 0,020 , dan 0,025. Bisa divariasikan kembali ke pemakanan yang lebih banyak atau lebih sedikit dari penelitian ini.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *taguchi*. Pada penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan dengan metode lainnya seperti MMR atau sejenisnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Juhana, O., dan Suratman, M., (2000), Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO, Pustaka Grafika, Bandung.
2. Pramono Yohan, Didik Wahjudi, Gan Shu San," Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi", Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, 2001.
3. Rochim, Taufiq, 2001. *Spesifikasi, Metrologi, Dan Kontrol Kualitas Geometri*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
4. Ishak, A. 2002. Rekayasa Kualitas. Jurnal Teknik Industri Universitas Sumatra Utara, hal. 10-16.
5. Iriawan, Nur., dan Septin Puji Astuti. 2006. "Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14". Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
6. Petropoulos, G., Kechagias, J., Akis, V.I., dan Maropoulos, S. 2009. Surface Roughness Investigation of a Reinforced Polymer Composite. International Conference on Economic Engineering and Manufacturing Systems.
7. *Beyond-steel&metal* ,2010. Baja Carbon S45C | S50 | SUJ2. www.metal.beyond-steel.com. 5 mei 2020.
8. Sakti, Arya Mahendra. 2010. Optimasi Proses Gerinda Untuk Permukaan. Jurnal Teknik Industri, Vol. 11, No. 1.
9. Careca Fonsa dan Rusnaldy. 2014. Optimasi Parameter Proses Bubut baja ST60 Dengan Menggunakan Metode Taguchi. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol .2, No. 1.
10. Sridhar, M Melwin Jagadesh, M Manickam, dan V Kalaiyarasan: 2014. Optimization of Cylindrical Grinding Process Parameters of OHNS Steel (AISI 1-0) Rounds Using Design of Experiments Concept. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*.

11. 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.
12. 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.
13. Wijanarko Fuad, Bambang Waluyo F, Masyrukan. 2015. Pengaruh Penggunaan Perekat *Epoxy* Dan *Phenolic* Terhadap Kekuatan Impak Dan keausan Pada Pembuatan Batu Gerinda. Jurnal Karya Ilmiah, 1-16.
14. Anne Arfian. 2016. Pengaruh feeding dan cutting fluid terhadap kekasaran permukaan baja ems 45 pada proses surface grinding.

LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Mahendra Saputra
Tempat & Tanggal lahir : Sungailiat, 02 Mei 1999
Alamat : JLN. BATIN TIKAL. GG. CEMARA SRI
PEMANDANG Prov. Bangka Belitung.
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 0831-7565-2353
E-mail : msaputra504@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 2 SUNGAILIAT Tahun 2005-2011.
SMP NEGERI 1 PEMALI Tahun 2011-2014.
SMK MUHAMMADIYAH SUNGAILIAT Tahun 2014-2017.

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, Maret 2021

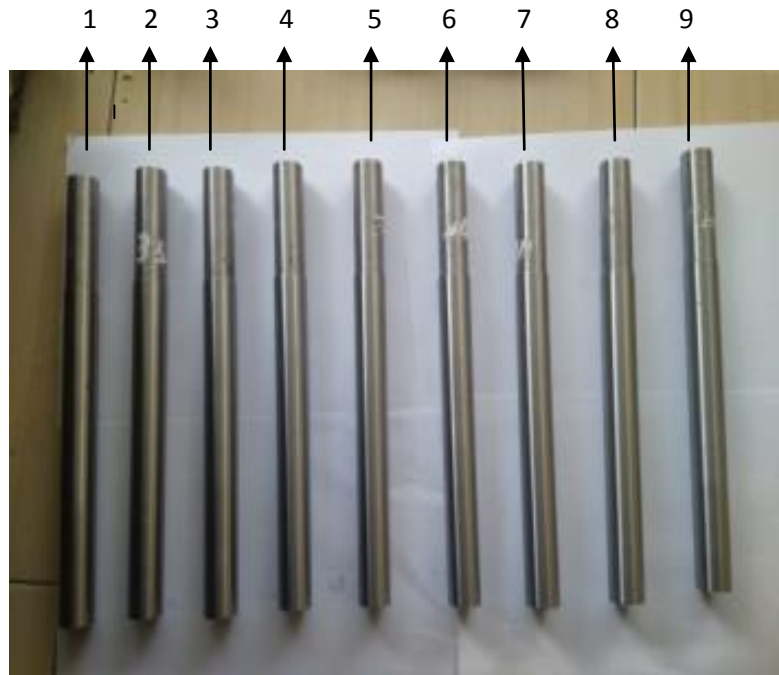
Mahendra Saputra

LAMPIRAN 2

Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja

Tabel 1.1 Pengukuran kekasaran permukaan data awal benda kerja hasil percobaan

Kecepatan putaran benda Kerja	Kedalaman Pemotongan	Data Awal			Jumlah	Mean
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
A	B					
66	0,015	0,127	0,131	0,129	0,387	0.129
66	0,020	0,158	0,159	0,163	0,480	0.16
66	0,025	0,186	0,187	0,185	0,558	0.186
100	0,015	0,138	0,135	0,141	0,414	0.138
100	0,020	0,170	0,168	0,163	0,501	0.167
100	0,025	0,191	0,196	0,195	0,582	0.194
158	0,015	0,157	0,153	0,155	0,465	0.155
158	0,020	0,176	0,180	0,181	0,537	0.179
158	0,025	0,203	0,200	0,203	0,606	0.202



Gambar 1.1 Benda uji percobaan awal setelah dilakukan proses permesisan gerinda silindris

Data untuk eksperimen 1



Data untuk eksperimen 2



Data untuk eksperimen 3



Data untuk eksperimen 4



Data untuk eksperimen 5



Data untuk eksperimen 6



Data untuk eksperimen 7



Data untuk eksperimen 8

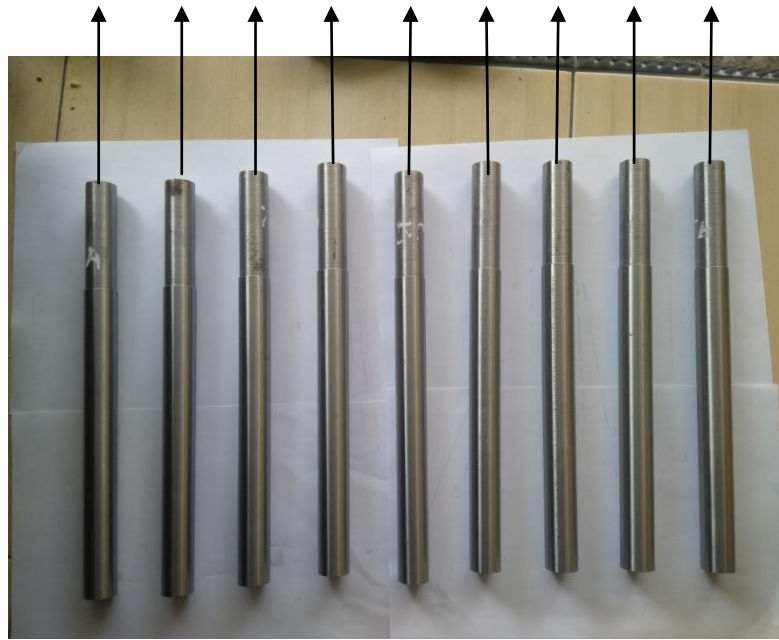


Data untuk eksperimen 9



Tabel 1.2 Pengukuran kekasaran permukaan replikasi 1 benda kerja hasil percobaan

Kecepatan putaran benda Kerja	Kedalaman Pemotongan	Replikasi 1			Jumlah	Mean
		Titik 1	Titik 2	Titik 3		
A	B					
66	0,015	0,124	0,129	0,128	0,381	0.127
66	0,020	0,158	0,155	0,161	0,474	0.158
66	0,025	0,192	0,191	0,184	0,567	0.189
100	0,015	0,142	0,137	0,141	0,420	0.14
100	0,020	0,165	0,168	0,168	0,501	0.167
100	0,025	0,198	0,196	0,194	0,588	0.196
158	0,015	0,154	0,157	0,154	0,465	0.155
158	0,020	0,178	0,182	0,183	0,543	0.181
158	0,025	0,201	0,204	0,195	0,600	0.2



Gambar 1.1 Benda uji percobaan replikasi 1 setelah dilakukan proses permesisan gerinda silindris

Data untuk eksperimen 1



Data untuk eksperimen 2



Data untuk eksperimen 3



Data untuk eksperimen 4



Data untuk eksperimen 5



Data untuk eksperimen 6



Data untuk eksperimen 7



Data untuk eksperimen 8

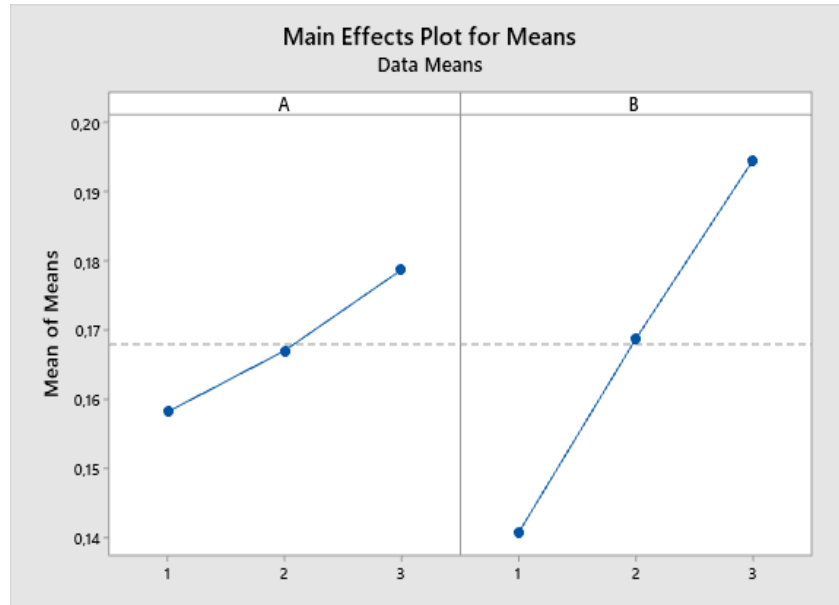


Data untuk eksperimen 9



Lampiran 3

Data Mean Anova



Response Table for Means

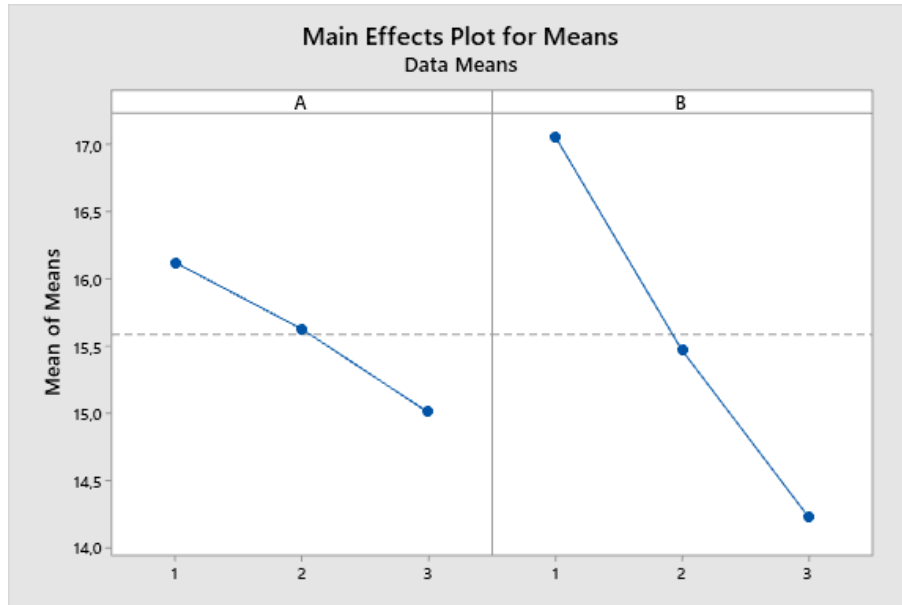
Level	A	B
1	0,1582	0,1407
2	0,1670	0,1687
3	0,1787	0,1945
Delta	0,0205	0,0538
Rank	2	1

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	0,000634	0,000317	25,15	0,005
B	2	0,004349	0,002175	172,44	0,000
Error	4	0,000050	0,000013		
Total	8	0,005034			

Lampiran 4

Data S/N Anova



Response Table for Means

Level	A	B
1	16,12	17,06
2	15,63	15,47
3	15,01	14,22
Delta	1,11	2,84
Rank	2	1

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	2	1,8709	0,93547	12,84	0,018
B	2	12,1400	6,07000	83,31	0,001
Error	4	0,2914	0,07286		
Total	8	14,3024			

Lampiran 5

Distibusi Nilai $t_{\text{tabel } 0,5}$

(316)

TABLE 7 (Continued)
 $\alpha = .05$

$\nu_2 \backslash \nu_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8452	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1468	4.0990
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8378	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.0280	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2252	3.3690	2.9751	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2540	2.1665	2.0970	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2900	2.1750	2.0867	2.0164	1.9588
∞	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799

Lampiran 6

Sertifikat Baja S45C



CERTIFICATE

DAVE SPECIAL STEEL CO., LTD.
 740000 AVENUE, HANGZHOU, ZHEJIANG PROVINCE, CHINA
QUALITY CERTIFICATE
 ACC TO EN10028-2



CONTRACT NO. Y0000P012000

Roll No.	Size	Mat. No.	Lot No.	Grade	Form	Section	Weight (kg)	Total Length (m)	Delivery Location
000000	100x	000000	000000	S45C	00	1	14.00	100	See order

I. General Information:

1. Order No.: 000000
 2. Order Date: 2015-03-20
 3. Order Qty: 100
 4. Order Weight: 14.00
 5. Order Length: 100

II. Mechanical Properties:

1. Yield strength (R_e): 355
 2. Tensile strength (R_m): 510-550
 3. Elongation (A₅): 22-26

III. Chemical Composition:

1. C: 0.45-0.55
 2. Si: 0.10-0.35
 3. Mn: 0.30-0.60
 4. P: ≤0.025
 5. S: ≤0.010

IV. Dimensions, Tolerances and Surface Quality:

1. Width tolerance: ±0.10
 2. Thickness tolerance: ±0.10
 3. Surface quality: See order

V. Inspection, Approval and Delivery Status:

1. Inspection report ref: 000000-0000

No.	(1) We hereby certify that the material herein described has been manufactured, sampled, tested and inspected in accordance with the requirements of specifications and purchase order, and meet the requirements. (2) Where there is any complaint, you are kindly requested to reach the Head Office, Head No., Size, Delivery Date, Cause and reason for material in the condition of delivery. (3) Our company's quality management system has been certified by TUV SUD for fulfilling all requirements of ISO9001:2015 (L1711044310044310000). The defects per the requirement such as fabric, end-surface, surface quality, etc. are in accordance with our standard and we accept the given quality for delivery.	Date: 2015-03-20 Inspector: Ming Chen Manager of Inspection: Li Guanghui
-----	--	--



Page 1 of 1

Lampiran 7

Langkah-langkah Penelitian



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



Pembuatan *center* atau lubang disetiap ujung benda kerja.



Hasil pembuatan lubang center berfungsi untuk titik cekam pada center putar pada mesin gerinda silindris.



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



Hasil pembubutan bakal dan pembuatan lubang center



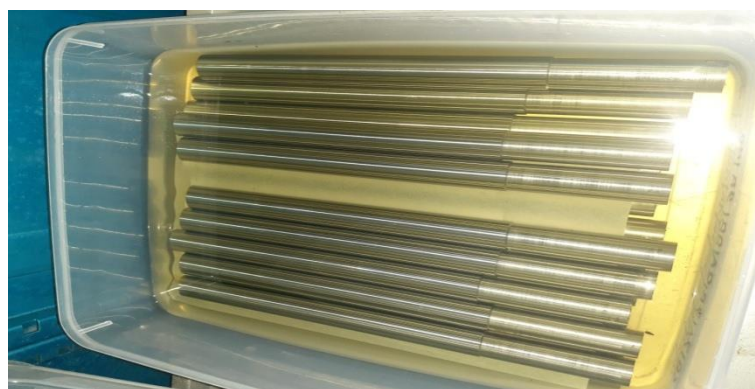
Mengkalibrasi meja pada mesin gerinda silindris sebelum melakukan proses penelitian.



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



Melakukan proses pengujian eksperimen yang telah ditetapkan.



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.

