

**OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN CNC TURNING
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEBULATAN
PADA BENDA KERJA MATERIAL ST 42 MENGGUNAKAN
METODE *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Prabowo Agung Pribadi NIM: 1042223

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2024/2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN CNC TURNING TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEBULATAN PADA BENDA KERJA
MATERIAL ST 42 MENGGUNAKAN METODE *RESPONSE SURFACE
METHODOLOGY* (RSM)**

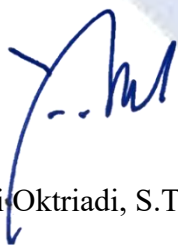
Oleh:

Prabowo Agung Pribadi / 1042223

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



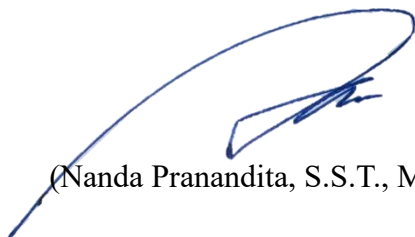
(Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng.)

Pembimbing 2



(Husman, S.S.T., M.T.)

Penguji 1



(Nanda Pranandita, S.S.T., M.T.)

Penguji 2



(Eko Yudo, S.S.T., M.T.)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Prabowo Agung Pribadi NIM: 1042223

Dengan Judul : Optimasi Parameter Pemesinan CNC *Turning* Terhadap Kekasaran Permukaan dan Kebulatan Pada Benda Kerja Material ST 42 Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM)

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

Sungailiat, 3 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Prabowo Agung Pribadi



ABSTRAK

Kekasaran permukaan dan kebulatan merupakan indikator penting dalam kualitas geometrik dan fungsional, khususnya pada komponen berputar seperti poros. Untuk mendapatkan hasil yang berkualitas dibutuhkan penggunaan parameter pemesinan yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter CNC Turning terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan benda kerja ST 42 dengan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM). Parameter yang diteliti meliputi cutting speed, feeding, dan depth of cut. Hasil Anova dari penelitian ini menunjukkan bahwa variabel cutting speed dan depth of cut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan, sedangkan dari hasil anova terhadap kebulatan menunjukkan bahwa ketiga variabel faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kebulatan. Dari hasil analisis didapatkan nilai optimal terhadap kekasaran permukaan yaitu cutting speed 264.56225 m/min, feeding sebesar 0.25420735 mm/rev, dan depth of cut sebesar 0.1 mm dengan prediksi nilai kekasaran 0.157754 Ra. Untuk kebulatan nilai optimal dari pengujian adalah 105.48029 m/min untuk cutting speed, 0.2788159 mm/rev untuk feeding, dan 0.336718 mm untuk depth of cut dengan prediksi nilai respon sebesar 14.1501735 μm .

Kata kunci: CNC, ST_42, Response_Surface_Methodology, Kekasaran_Permukaan, Kebulatan

ABSTRACT

Surface roughness and roundness are crucial indicators of geometric and functional quality, especially for rotating components such as shafts. To achieve high-quality results, the use of proper machining parameters is necessary. This study aims to optimize the CNC turning parameters for surface roughness and roundness of an ST 42 workpiece using the Response Surface Methodology (RSM). The parameters investigated include cutting speed, feed rate, and depth of cut. The Analysis of Variance (ANOVA) results from this study show that the cutting speed and depth of cut variables have a significant influence on surface roughness, whereas the ANOVA results for roundness indicate that all three factors have a significant influence. From the analysis, the optimal values for surface roughness were obtained: a cutting speed of 264.56225 m/min, a feed rate of 0.25420735 mm/rev, and a depth of cut of 0.1 mm, with a predicted surface roughness of 0.157754 Ra. For roundness, the optimal values from the test are a cutting speed of 105.48029 m/min, a feed rate of 0.2788159 mm/rev, and a depth of cut of 0.336718 mm, with a predicted response value of 14.1501735 μ m.

Keywords : CNC, ST_42, Response_Surface_Methodology, Surface_Roughness, Roundness

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyusun laporan proyek akhir ini dengan judul “Optimasi Parameter Pemесinan CNC Turning Terhadap Kekasaran Permukaan dan Kebulatan Pada Benda Kerja Material ST 42 Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM)” dan dapat menyelesaikan Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya, serta semoga semua umatnya senantiasa dapat menjalankan syari'at-syari'atnya, Aamiin.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini banyak kekurangan mengingat terbatasnya kemampuan penulis, namun berkat rahmat Allah SWT, serta pengarahan dari berbagai pihak, akhirnya laporan proyek akhir ini dapat diselesaikan. Harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat untuk kepentingan Bersama.

Sehubungan dengan itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta, Kakak dan Adik tercinta, serta seluruh keluarga yang dengan sepenuh hati selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi yang tak ternilai harganya.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak memberikan kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan.
3. Bapak Yudi Oktriadi, S.Tr. M.Eng dan Bapak Husman, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberi saran-saran dalam pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.

4. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik, membina, dan mengantarkan penulis untuk menempuh kematangan dalam berfikir dan berperilaku.
5. Bapak Ahmad Afriadi yang telah membantu penulis dalam pengerjaan mesin CNC.
6. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan support dan motivasi kepada penulis.
7. Seluruh keluarga besar kelas TMM A Angkatan 2022.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan penulis mohon maaf. Penulis juga menyadari bahwa penulisan proyek akhir ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan penulis adalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan. Karena yang benar hanya datang dari Allah SWT dan yang salah datang dari penulis sendiri. Oleh sebab itu, sangat diharapkan segala petunjuk, kritik, dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulis selanjutnya.

Penulis juga berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang berkepentingan terkhusus bagi perkembangan ilmu teknologi pada umumnya,

Sungailiat, 3 Juli 2025



Prabowo Agung Pribadi

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Mesin CNC.....	10
2.2.1. Mesin CNC Turning.....	11
2.2.2. Prinsip Kerja Mesin CNC <i>Turning Training Unit 2 Axis</i>	11
2.2.3. Pemrograman Mesin CNC Turning	12
2.2.3.1.Metode Pemrograman Mesin CNC.....	12
2.2.3.2.Bahasa Pemrograman Mesin CNC	13
2.2.4. Parameter Mesin CNC Turning.....	13
2.2.5. Alat Potong (<i>Turning Tools</i>).....	15
2.3. Karakteristik Baja ST 42	17
2.4. Optimasi	17
2.5. Kekasaran Permukaan	19

2.5.1.	Parameter-Parameter Permukaan	19
2.5.2.	Toleransi Harga Kekasaran	21
2.6.	Kebulatan.....	21
2.6.1.	Parameter-Parameter Kebulatan.....	23
2.6.2.	Pengukuran Kebulatan	25
2.6.3.	Toleransi Standar Kebulatan	27
2.7.	<i>Response Surface Methodology</i>	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		39
3.1.	Diagram Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>)	39
3.2.	Identifikasi Masalah	40
3.2.1.	Studi Literatur	40
3.3.	Desain Percobaan	40
3.3.1.	Variabel Proses	40
3.3.2.	Variabel Tetap.....	41
3.3.3.	Variabel Respon	42
3.4.	Persiapan Alat dan Bahan Penelitian.....	42
3.4.1.	Alat Penelitian.....	43
3.4.2.	Bahan Penelitian.....	46
3.5.	Pengambilan Data Penelitian	47
3.5.1.	Proses Pemesinan CNC.....	47
3.5.2.	Pengujian Kekasaran Permukaan dan Kebulatan.....	48
3.5.2.1.	Pengambilan Data Kekasaran Permukaan	48
3.5.2.2.	Pengambilan Data Kebulatan.....	50
3.6.	Pengolahan Data Penelitian.....	51
3.7.	Analisa Data Hasil Penelitian.....	51
3.8.	Kesimpulan.....	52
BAB IV PEMBAHASAN.....		53
4.1.	Hasil Pengujian.....	53
4.2.	Data Nilai Kekasaran Permukaan.....	53
4.3.	Data Nilai Kebulatan	54
4.4.	Pengolahan Data.....	64
4.4.1.	Uji Normalitas	64

4.4.2.	Sampel Analisis Varian (ANOVA).....	66
4.4.3.	Persamaan <i>Second Order</i>	72
4.4.4.	Uji <i>Lack of Fit</i> (Ketidaksesuaian Persamaan Regresi).....	78
4.4.5.	Analisis <i>Coeffisients Determination</i>	79
4.4.6.	Menetapkan Data <i>Stationary Point</i>	80
4.4.7.	Menetapkan Nilai Titik Optimal dari Faktor X_1 , X_2 , dan X_3	81
4.4.8.	Menetapkan Nilai Prediksi Respon Pada <i>Stationary Point</i>	83
4.4.9.	Model <i>Canonical</i>	84
4.4.10.	Grafik <i>Surface Plot</i>	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		90
5.1.	Kesimpulan.....	90
5.2.	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA		91

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Penelitian Terdahulu.....	7
2. 2 Macam-Macam Kode G dan Kode M Beserta Fungsinya	16
2. 3 Klasifikasi Alat Potong	17
2. 4 Klasifikasi Baja Karbon	18
2. 5 Kekasaran Menurut ISO.....	21
2. 6 Nilai-Nilai Kode Desain <i>Box-Behnken</i> Untuk Tiga Faktor.....	32
2. 7 Anova Regresi Berganda.....	37
3. 1 Desain Percobaan Dalam Bentuk Kode	41
3. 2 Desain Eksperimen.....	42
4. 1 Data Nilai Kekasaran Permukaan Keseluruhan	54
4. 2 Nilai Ketidakbulatan Dari Setiap Spesimen Uji	63
4. 3 Nilai <i>Minimum Zone Circle</i> Pada Setiap Spesimen Uji	64
4. 4 ANOVA Kekasaran Permukaan	70
4. 5 Anova Kebulatan.....	71
4. 6 <i>Model Summary</i> Kekasaran Permukaan.....	79
4. 7 <i>Model Summary</i> Kebulatan.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Mekanisme Arah Pergerakan Sumbu X dan Z pada Mesin Bubut.....	12
2. 2 Profil Kekasaran Permukaan.....	19
2. 3 Toleransi Untuk Geometrik Kebulatan	22
2. 4 Grafik Polar 4 Jenis Lingkaran Untuk Menentukan Parameter Kebulatan....	24
2. 5 Pengukuran Kebulatan Dengan 2 Sensor.....	25
2. 6 Pengukuran Kebulatan Dengan 3 Sensor.....	26
2. 7 Pengukuran Kebulatan Menggunakan <i>Dial Indicator</i> dan <i>V-Block</i>	26
2. 8 Tabel Dua Harga Batas Tingkat Diameter Nominal Sampai Dengan 500 mm	27
2. 9 Tabel Seluruh Harga Batas Toleransi Normal Sampai Dengan Diameter Nominal 500 mm	28
2. 10 Grafik <i>Response Surface</i> Terhadap Nilai X dan Y	30
2. 11 Plot Kontur <i>Response Surface</i>	30
2. 12 Desain <i>Box-Behnken</i> Untuk Tiga Faktor.....	32
2. 13 <i>Response Surface</i> dan <i>Contour Plot</i> Pada Posisi Maksimum	34
2. 14 <i>Response Surface</i> dan <i>Contour Plot</i> Pada Posisi Minimum	34
2. 15 <i>Response Surface</i> dan <i>Contour Plot</i> Pada Posisi Saddle Point.....	35
3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	39
3. 2 Mesin Gergaji Potong DOALL C-916	43
3. 3 Kikir	43
3. 4 Mesin <i>CNC Turning Mori Seiki SL-25</i>	44
3. 5 Pahat <i>Insert Carbide DNMG 150608</i>	44
3. 6 <i>Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210</i>	45
3. 7 Jangka Sorong	45
3. 8 <i>Dial Indicator</i> dan <i>V-Block</i>	46
3. 9 Spesimen Uji	46
3. 10 Proses Input Program CNC	48
3. 11 Spesimen Uji Setelah Dibubut	48
3. 12 Pengambilan Data Kekasaran	49
3. 13 Pengambilan Data Kebulatan.....	51
4. 1 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 1.....	55
4. 2 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 2.....	55
4. 3 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 3.....	56
4. 4 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 4.....	56
4. 5 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 5.....	57
4. 6 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 6.....	57
4. 7 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 7.....	58

4. 8 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 8.....	58
4. 9 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 9.....	59
4. 10 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 10.....	59
4. 11 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 11	60
4. 12 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 12.....	60
4. 13 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 13.....	61
4. 14 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 14.....	61
4. 15 Grafik Polar Pengukuran Kebulatan Spseimen Uji 15.....	62
4. 16 Grafik <i>Probability Plot of Roughness</i>	65
4. 17 Grafik <i>Probability Plot of Roundness</i>	66
4. 18 Grafik <i>Surface Plot Roughness Antara Cutting Speed dan Feeding</i>	86
4. 19 Grafik <i>Surface Plot Roughness Antara Cutting Speed dan Depth of Cut</i>	87
4. 20 Grafik <i>Surface Plot Roughness Antara Feeding dan Depth of Cut</i>	87
4. 21 Grafik <i>Surface Plot Roundnesss Antara Cutting Speed dan Feeding</i>	88
4. 22 Grafik <i>Surface Plot Roundness Antara Cutting Speed dan Depth of Cut</i>	89
4. 23 Grafik <i>Surface Plot Roundness Antara Feeding dan Depth of Cut</i>	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Analisis Kekasaran Permukaan Menggunakan *Software Minitab*

Lampiran 3: Analisis Kebulatan Menggunakan *Software Minitab*

Lampiran 4: Sertifikat Material ST 42

Lampiran 5: Pengambilan Data Kekasaran

Lampiran 6: Pengambilan Data Kebulatan

Lampiran 7: Program CNC

Lampiran 8: Proses Pemesinan CNC

Lampiran 9: Poster

Lampiran 10: Hasil Pengecekan Plagiasi Dengan *Turnitin*

Lampiran 11: Form Bimbingan Proyek Akhir

Lampiran 12: Form Monitoring Proyek Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat segala hal menjadi lebih praktis menyebabkan semua orang, industri, dan bisnis melakukan segala hal secara cepat dan dengan hasil yang maksimal. Terutama dalam dunia industri manufaktur, dimana persaingan baik secara global maupun nasional yang semakin kompetitif membuat semua produsen harus menghasilkan produk yang berkualitas secara cepat dan efisien dengan skala yang besar. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, penggunaan mesin – mesin berkualitas tinggi seperti mesin *milling*, mesin *turning*, dan mesin pengolah logam lainnya harus berada dalam kondisi yang baik [1].

Salah satu mesin yang biasanya digunakan industri untuk menghasilkan produk dengan hasil maksimal dalam waktu yang singkat adalah mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Mesin CNC adalah sebuah mesin industri yang digunakan untuk memproduksi komponen atau produk terhadap sektor teknik agar menghasilkan barang dalam jumlah besar serta cepat [2]. Dibandingkan dengan mesin konvensional, mesin CNC memiliki keunggulan seperti kepresisian yang tinggi dalam waktu yang singkat [3]. Namun, suatu bagian mesin mempunyai karakteristik geometri yang ideal apabila komponen tersebut mempunyai :1) Dimensi produk yang presisi, 2) Bentuk produk yang sempurna, dan 3) Permukaan benda yang baik [4].

Salah satu cara yang paling umum untuk menilai kualitas produk adalah dari kekasaran permukaan suatu produk [4-5]. Hal ini dikarenakan kekasaran permukaan dapat mempengaruhi sifat mekanis ketahanan aus, daya tahan terhadap korosi, kemampuan komponen untuk berinteraksi dengan elemen lainnya, daya tahan pakai, pelumasan, isolasi termal, serta tampilan estetika [6-7]. Selain itu

bentuk geometris dari produk juga menjadi hal yang diperhatikan seperti kebulatan karena suatu *part* dengan kebulatan ideal sangat sulit dicapai, sehingga dapat dipastikan bahwa akan terjadi ketidakbulatan pada part tersebut [8]. Kebulatan memiliki peranan penting dalam hal mendistribusikan beban secara merata, memperkirakan masa pakai komponen, memperkirakan presisi rotasi, dan membantu pelumasan [9]. Salah satu produk yang biasanya memperhatikan kedua hal ini adalah shaft atau poros.

Kekasaran permukaan dan kebulatan pada *shaft* akan mempengaruhi interaksi part tersebut dengan elemen lainnya seperti *bearing* terhadap kepresisian dari rotasi dan mengontrol kemampuan untuk menahan beban [10-11]. Tidak hanya itu, kesalahan bentuk geometris poros akan menyebabkan distribusi lapisan gas pada *bearing* tidak merata [12]. Hal ini akan mengakibatkan fluktuasi tekanan dan kemudian menghasilkan gaya yang tidak seimbang pada poros sehingga kestabilan dan keakuratan putaran *spindle* terpengaruh [12]. Dalam proses pemesinan CNC *Turning*, faktor-faktor yang mempengaruhi kedua hal tersebut antara lain adalah alat potong, pendingin, material dari benda kerja, dan parameter pemesinan seperti *cutting speed*, *feed rate*, *cooling*, dan *depth of cut* [13-17]. Oleh karena itu, peneliti akan melakukan penelitian terhadap optimasi parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan pada benda kerja material ST 42 menggunakan *Respon Surface Methodology*.

Dalam memilih bahan benda kerja, ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti pertimbangan fungsi, kemampuan bentuk, dan kemudahan pencarian di pasaran [18]. Mempertimbangkan hal tersebut, maka material yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah material baja karbon rendah ST 42, karena material tersebut sering digunakan dalam otomotif, sektor konstruksi, mampu dikerjakan, dan mudah diperoleh di pasaran [18-19]. Baja ST 42 merupakan baja karbon rendah yang memiliki kandungan komposisi kimia, Karbon (C): 0,07 – 0,1%, Silikon (Si): 0,15 – 0,25%, Mangan (Mn): 0,3 – 0,6%, Fosfor (P): 0,03% dan ditambah unsur-unsur lainnya [19].

Dari penelitian yang dilakukan [20] meneliti efektifitas uji kekasaran permukaan baja ST 42 dengan parameter pemesinan kecepatan spindel (1000 *rpm*; 1500 *rpm*; 2000 *rpm*), kedalaman pemakanan (1 mm; 1,5 mm; 2 mm), dan gerak pemakanan (1 *rev/min*; 1,5 *rev/min*; 2 *rev/min*) menggunakan metode Taguchi didapatkan hasil terbaik pada variabel 2000 *rpm*, 2mm, dan 2 *rev/min* dan parameter yang paling berpengaruh adalah kedalaman pemotongan. Penelitian lain yang dilakukan [21] menggunakan mesin bubut konvensional dengan material baja ST 42 menyimpulkan bahwa kekasaran permukaan yang terbaik adalah pada kecepatan spindel 100 *rpm*, kedalaman pemakanan 0,5 mm yang menghasilkan 1,811 μm . Penelitian yang dilakukan [22] meneliti tentang pengaruh kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, dan gerak makan terhadap kekasaran permukaan proses pembubutan baja ST 42 menggunakan mesin CNC *Turning* menunjukkan bahwa kekasaran yang paling rendah didapatkan pada variabel putaran spindel diatur sebesar 1250 *rpm* dengan signifikansi -17,70%, gerak makan 0,1 *rev/min* dengan signifikansi 17,44%, dan kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan signifikansi 24,41%. Penelitian yang dilakukan [23] meneliti tentang optimasi parameter pemesinan menggunakan metode RSM pada material baja ST 40 dengan parameter kecepatan potong (200 m/menit; 230 m/menit; 260 m/menit) dan kedalaman pemakanan (0,6 mm; 0,8 mm; 1 mm) menunjukkan nilai optimum kedua parameter untuk menghasilkan kekasaran permukaan terbaik adalah 199,92 m/menit dan 0,58 mm namun kedua parameter tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon kekasaran. Penelitian lain [24] yang dilakukan tentang pengaruh kecepatan pemotongan dan kedalaman pemotongan terhadap nilai kekasaran permukaan baja SKD 11 menggunakan metode RSM menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekasaran permukaan yaitu 1,627 μm didapat dengan setting kecepatan pemotongan 240 m/min dan kedalaman pemotongan 0,325 mm namun parameter ini dan interaksi antara keduanya tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan setelah uji anova dengan *p-value* lebih besar dari $\alpha = 0.05$

Penelitian yang dilakukan [25] meneliti tentang optimasi parameter pemesinan yaitu kecepatan spindel (2016 *rpm*; 2229 *rpm*; 2441 *rpm*), gerak pemakanan (0,15 mm/rev; 0,20 mm/rev; 0,25 mm/rev), dan kedalaman pemakanan

(1 mm; 1,5 mm; 2 mm) terhadap kebulatan benda kerja ST 60 pada mesin CNC *Turning* dengan metode Taguchi didapatkan variabel proses yang optimal untuk menghasilkan nilai kebulatan terkecil dengan kecepatan spindel 2441 *rpm*, gerak makan 0,15 *mm/rev*, dan kedalaman pemakanan 1 mm dan parameter yang paling berpengaruh adalah kedalaman pemakanan dengan nilai kontribusi = 76.06%. Penelitian lain yang dilakukan [26] menggunakan parameter kecepatan pemotongan (285 *rpm*; 330 *rpm*; 385 *rpm*), geometri pahat (640; 670; 700), kedalaman potong (0,5 mm; 1 mm; 1,5 mm), dan gerak makan (0,1138 *mm/rev*; 0,2784 *mm/rev*; 0,4430 *mm/rev*) dengan mesin CNC *Turning* pada material komposit dan didapat hasil yaitu kontribusi gerak makan sebesar 77%, sudut pemotongan sebesar 18%, putaran spindel 3%, dan kedalaman pemotongan 1%. Penelitian yang lain dilakukan [27] menggunakan metode RSM dengan parameter kedalaman pemakanan pada material baja SKD-11 (0,15 mm – 0,25 mm), gerak makan (*high* 0,14 *mm/rev* dan *low* 0,17 *mm/rev*), dan gerak makan (*high* 250 *m/min* dan *low* 230 *m/min*) mendapatkan hasil nilai optimum terhadap variabel proses adalah kecepatan potong 234,7844 *m/min*, gerak makan 0,127417 *mm/rev*, dan kedalaman pemakanan 0,181681 mm dengan nilai prediksi ketidakbulatannya 13,05 μm namun variabel proses ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kebulatan.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapa nilai optimum dan variabel apa saja yang berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja material ST 42 menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)?
2. Berapa nilai optimum dan variabel apa saja yang berpengaruh terhadap kebulatan benda kerja material ST 42 menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai optimum dan variabel apa yang berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja material ST 42 menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM).
2. Mengetahui nilai optimum dan variabel apa yang berpengaruh terhadap kebulatan benda kerja material ST 42 menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM).

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan pada penilitan ini agar penelitian yang dilakukan lebih akurat dan tidak melenceng dari tujuan penelitian yang telah ditetapkan serta dapat memudahkan pengumpulan data dan informasi yang diperlukan:

1. Baja ST 42 akan digunakan sebagai bahan benda kerja untuk penelitian ini.
2. Benda kerja yang digunakan pada penilitian ini berukuran $\varnothing 30 \times 100$ mm.
3. Menggunakan mesin bubut CNC *Mori Seiki SL-25*.
4. Menggunakan Pahat *Insert Carbide DNMG 150608-MP*.
5. Menggunakan alat ukur yaitu *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210, *v-block*, *dial indicator* 1/1000, dan jangka sorong.
6. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Cutting Speed* atau kecepatan potong $v_c = \text{high } 140 \text{ m/min}$ dan $\text{low } 110 \text{ m/min}$, *Feeding* atau gerak pemakanan $f = \text{high } 0.45 \text{ mm/rev}$ dan $\text{low } 0.25 \text{ mm/rev}$, dan *Depth of Cut* atau kedalaman pemakanan $a_p = \text{high } 0.5 \text{ mm}$ dan $\text{low } 0.1 \text{ mm}$.
7. Penulis akan menggunakan variasi kecepatan potong, gerak pemakanan, dan kedalaman pemakanan sebagai variasi proses dalam penelitian ini untuk menguji kekasaran permukaan dan kebulatan material.
8. Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dalam penelitian ini untuk mengoptimasi kekasaran permukaan material dan kebulatan material.

9. Kalkulator digunakan sebagai alat perhitungan, *software Microsoft Excel*, dan *software Minitab* untuk pengolahan data.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendapatkan pengaturan kecepatan potong, gerak pemakanan, dan kedalaman pemakanan yang tepat sehingga menghasilkan kekasaran permukaan material dan kebulatan material terbaik.
2. Menjadi sumber referensi untuk penelitian di masa depan tentang kekasaran permukaan material dan kebulatan material.
3. Membantu dan mempermudah operator *CNC Turning* dalam pembubutan sehingga menghasilkan produk dengan kualitas terbaik.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini bertujuan agar peneliti dapat berfokus pada penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul penelitian peneliti. Berikut pada tabel 2.1 adalah hasil penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Analisa Efektifitas Uji Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Dengan Variabel Mekanik Mesin Dengan Metode Taguchi	Hasil dari penelitian [20] yang bertujuan untuk menganalisis efektivitas pengujian kekasaran permukaan pada baja ST 42 dengan variasi parameter pemesinan yaitu kecepatan spindel (1000 <i>rpm</i> , 1500 <i>rpm</i> , 2000 <i>rpm</i>), kedalaman pemakanan (1 mm, 1.5 mm, 2 mm), dan gerak pemakanan (1 <i>rev/min</i> , 1.5 <i>rev/min</i> , 2 <i>rev/min</i>) menunjukkan bahwa kombinasi parameter terbaik diperoleh pada kecepatan spindel 2000 <i>rpm</i> , kedalaman pemakanan 2 mm, dan gerak pemakanan 2 <i>rev/min</i> dengan parameter yang paling signifikan adalah kedalaman pemakanan.
2	Pengaruh Kedalaman Pemakanan Dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan	Hasil dari penelitian [21] ini adalah kekasaran permukaan terbaik dari benda kerja material ST 42 menggunakan bubut konvensional diperoleh pada kecepatan spindel 100 <i>rpm</i> dan kedalaman pemakanan 0.5 mm dengan nilai kekasaran sebesar 1,811 μm .

Baja St 42 Pada Proses Bubut		
No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
3	Analisis Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC <i>Turning</i> Material Baja ST 42 Menggunakan Metode Taguchi	Penelitian [22] untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan pada material baja ST 42 dengan parameter proses kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, dan gerak pemakanan menggunakan metode Taguchi menunjukkan bahwa kekasaran permukaan terendah dicapai pada variabel putaran spindle diatur sebesar 1250 <i>rpm</i> dengan signifikansi -17,70%, gerak pemakanan 0,1 <i>rev/min</i> dengan signifikansi 17,44%, dan kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan signifikansi 24,41%.
4	Optimasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja St 40 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan ResponseSurface Methodology	Optimasi parameter pemesinan yang dilakukan [23] menggunakan <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) pada material baja ST 40 dengan variabel proses kecepatan potong (200 m/menit; 230 m/menit; 260 m/menit) dan kedalaman pemakanan (0,6 mm; 0,8 mm; 1 mm) menunjukkan nilai optimum kedua variabel proses untuk mendapatkan hasil nilai kekasaran permukaan terendah adalah 199,2 m/menit dan 0,58 m akan tetapi kedua variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan.
5	Analisis Pengaruh Kecepatan Pemotongan	Hasil dari penelitian [24] terhadap nilai kekasaran permukaan baja SKD 11

dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD11 Dengan Metode RSM	menggunakan metode RSM menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekasaran permukaan baja SKD 11 yaitu $1,67 \mu\text{m}$ didapat dengan pengaturan kecepatan potong 240 m/min dan kedalaman pemotongan $0,325 \text{ mm}$ namun kedua parameter tersebut dan interaksi antar keduanya tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan setelah dilakukan uji ANOVA dengan $p\text{-value}$ lebih besar dari $\alpha = 0,05$.
--	--

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
6	Analisis Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Kebulatan Benda Kerja Pada Mesin CNC <i>Turning</i> Sl-25 Mori Seiki Dengan Metode Taguchi	Penelitian [25] tentang optimasi parameter pemesinan terhadap kebulatan benda kerja menggunakan metode Taguchi ini mendapatkan variabel proses yang optimal untuk menghasilkan nilai kebulatan terkecil dengan kecepatan spindel sebesar $2,441 \text{ rpm}$, gerak makan $0,15 \text{ mm/rev}$, dan kedalaman pemakanan 1 mm serta parameter yang paling signifikan mempengaruhi kebulatan benda kerja adalah kedalaman pemakanan dengan nilai kontribusi $76,06\%$.
7	<i>Effect of the Cutting Parameters and the Cutting Edge Angle of Turning Process on Product Geometry of Composite</i>	Penelitian [26] tentang pengaruh parameter pemotongan dan besaran sudut pemotongan pada proses CNC <i>Turning</i> terhadap geometri benda kerja material komposit menunjukkan bahwa kontribusi gerak makan sebesar 77% , sudut pemotongan sebesar 18% , putaran spindel sebesar 3% , dan kedalaman pemotongan sebesar 1% .

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
8	Variasi Parameter Proses Terhadap MRR Dan Pengujian Kebulatan Benda Kerja Dengan Mesin CNC Bubut Pada Proses Finishing Baja Skd-11 Menggunakan Rsm	Hasil dari penelitian [27] tentang variasi parameter proses terhadap kebulatan benda kerja material SKD 11 menggunakan metode RSM menunjukkan bahwa nilai optimum untuk menghasilkan nilai kebulatan terbaik adalah dengan kecepatan potong sebesar 234,7844 <i>m/min</i> , gerak makan sebesar 0,127417 <i>mm/rev</i> , dan kedalaman pemakanan sebesar 0,181681 mm dengan nilai prediksi ketidakbulatannya 13,05 μm akan tetapi ketiga variabel proses tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kebulatan benda kerja.

2.2. Mesin CNC

Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) adalah mesin perkakas yang dikontrol dengan perintah kode numerik yang mampu menghasilkan produk dengan kepresisian tinggi dalam waktu yang singkat serta dalam jumlah yang banyak [2]. Secara umum, konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan operatornya. Tata letak kode yang telah distandarisasi dalam kode pemesinan CNC memungkinkan mesin bisa beroperasi sesuai dengan intruksi yang diberikan oleh operatornya. Prosesor pada mesin CNC mengatur motor servo yang menggerakkan alat potong untuk menyelesaikan proses pemesinan dan menghasilkan produk sesuai dengan kode program yang telah dimasukkan operator. Dibandingkan dengan mesin konvensional, mesin CNC lebih tinggi tingkat kepresisiannya serta mampu menghasilkan produk secara cepat [3]. Hal ini menyebabkan mesin CNC menjadi alat yang diminati oleh perindustrian.

2.2.1. Mesin CNC Turning

Mesin CNC Bubut (*Turning*) adalah mesin bubut yang menggunakan perintah kode numerik untuk mengatur gerakan pemotongan pada benda kerja. Berbeda dengan mesin bubut konvensional, operator mesin CNC bubut hanya memasukkan program kode numerik yang telah dibuat ke dalam mesin CNC dan memantau gerakan alat potong terhadap benda kerja. Pada mesin CNC bubut, benda kerja yang akan dilakukan proses pemesinan dijepit pada *chuck* atau spindel yang kemudian diputar pada kecepatan yang telah ditetapkan sementara alat potong bergerak secara otomatis untuk menghasilkan bentuk dan ukuran yang diinginkan. Benda kerja yang berbentuk silinder dibuat dengan menggunakan mesin CNC bubut [28].

Secara garis besar, mesin CNC bubut dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu [29]:

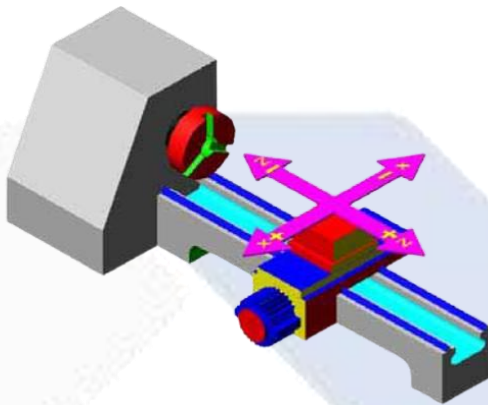
1. Mesin CNC Bubut *Training Unit* (CNC TU)
2. Mesin CNC Bubut *Production Unit* (CNC PU)

Prinsip kerja dari kedua jenis mesin bubut ini memiliki kesamaan akan tetapi penggunaannya di lapangan membuat kedua mesin ini berbeda. Mesin CNC Bubut *Training Unit* (CNC TU) digunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoperasian CNC yang dilengkapi dengan *External Programming System* (EPS) dan hanya digunakan untuk melakukan proses pemesinan ringan dengan material yang relatif lunak. Untuk mesin CNC Bubut *Production Unit* (CNC PU), digunakan untuk memproduksi produk secara massal dilengkapi dengan aksesoris tambahan seperti pembuka otomatis yang menggunakan prinsip kerja hidrolis, pembuangan tatal, dan sebagainya.

2.2.2. Prinsip Kerja Mesin CNC Turning Training Unit 2 Axis

Prinsip kerja dari Mesin CNC *Turning Training Unit 2 Axis* mempunyai prinsip dasar gerakan yang sama dengan mesin bubut konvensional dimana terdapat dua gerakan yaitu gerakan melintang dan gerakan memanjang atau horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Selain itu, mesin CNC *Turning Training*

Unit 2 Axis dan mesin bubut konvensional memiliki kesamaan juga pada prinsip kerja lainnya yaitu benda kerja dipasang pada chuck atau cekam bergerak sedangkan alat potong tetap diam di tempat. Gambar 2.1 berikut menunjukkan arah gerakan dari mesin bubut:



Gambar 2. 1 Mekanisme Arah Pergerakan Sumbu X dan Z pada Mesin Bubut

Adapun lambang dari arah gerakan mesin bubut sebagai berikut:

1. Arah gerak melintang yang tegak lurus terhadap sumbu ditunjukkan dengan dengan sumbu X.
2. Arah gerak memanjang (horizontal) yang tegak lurus terhadap sumbu ditunjukkan dengan sumbu Y.

2.2.3. Pemrograman Mesin CNC Turning

Pemrograman mesin CNC *Turning* adalah serangkaian kode-kode perintah terperinci yang dirancang oleh operator agar mesin CNC *Turning* bisa menjalankan perintah yang diinginkan. Agar dapat lebih siap dalam program CNC, Adapun hal-hal yang harus dipahami sebagai berikut:

2.2.3.1. Metode Pemrograman Mesin CNC

Metode pemrograman mesin CNC terbagi dalam dua jenis, yaitu:

a. Metode *Absolute*

Metode *Absolute* adalah metode pemrograman mesin CNC dimana titik sumbu tidak berubah-ubah atau tetap. Hal ini berarti hanya ada satu titik sumbu yang

digunakan sebagai acuan titik sumbu bagi seluruh proses pemesinan selanjutnya.

b. Metode *Incremental*

Metode *Incremental* merupakan metode pemrograman mesin CNC yang titik sumbu/referensinya terus berubah. Titik acuan sumbu pada metode ini ialah titik akhir yang menjadi sasaran program.

2.2.3.2. Bahasa Pemrograman Mesin CNC

Suatu format blok perintah yang berisikan kode menggunakan sebuah huruf, angka, dan symbol adalah bahasa pemrograman atau bahasa numerik. Bahasa numerik ini akan dimasukkan ke perangkat program mesin CNC dan diterjemahkan oleh *Machine Control Unit* atau MCU. Fungsi dari MCU ini adalah menerjemahkan bahasa pemrograman yang telah dimasukkan menjadi gerak perintah agar mesin dapat melaksanakan perintah yang ada untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

Terdapat kode standar yang digunakan pada mesin CNC berdasarkan ISO atau organisasi internasional lainnya yaitu *G-Code* dan *M-Code*. Kode G merupakan kode yang berfungsi pada pergerakan toolpost dalam pergerakan sumbu X, Y, dan Z. Sedangkan Kode M atau kode lainnya digunakan untuk mematikan dan menghidupkan operasi dari komponen mesin tertentu. Macam-macam kode dan fungsinya dapat dilihat pada tabel 2.2 [30].

2.2.4. Parameter Mesin CNC Turning

Dalam pemesinan CNC Turning terdapat tiga indikator utama yang terlibat yaitu gerak pemakanan (*feeding*), kecepatan spindel (*spindel speed*), dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Aspek lainnya seperti jenis perkakas dan bahan benda kerja juga mempunyai dampak terhadap hasil produk, namun ketiga parameter di atas dapat langsung diatur oleh operator mesin bubut [29].

Gerakan memutar benda kerja atau *workpiece* disebut sebagai “gerakan pemotongan”, yang mengindikasikan bahwa putaran primer dan kecepatan potong adalah Tindakan untuk menyayat atau mengikis benda kerja menggunakan alat

potong/pahat. Gerakan maju yang teratur pada alat akan mengakibatkan tersayatnya benda kerja yang diproses. Gerakan ini disebut sebagai kecepatan pemakanan.

Kecepatan potong (*cutting speed*) adalah suatu nilai yang perlu diperhatikan dalam menentukan kecepatan saat pemotongan benda kerja. Nilai dari kecepatan potong (*cutting speed*) ditentukan oleh jenis benda kerja dan jenis alat potong yang akan digunakan. Adapun rumus untuk menentukan kecepatan potong sebagai berikut:

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ (mm/menit)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

V_c = Kecepatan potong (mm/menit)

d = Diameter benda kerja (mm)

n = putaran spindel (put/menit)

$\pi = 3,14$

Kedalaman pemotongan (*depth of cut*) merupakan nilai dari kedalaman pemakanan yang akan dilakukan pada saat proses pembubutan. Adapun rumus untuk menentukan kedalaman pemotongan yaitu:

$$a = \frac{d_o + d_m}{2} \text{ (mm)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

d_o = Diameter awal benda kerja (mm)

d_n = Diameter akhir benda kerja (mm)

a = kedalaman pemotongan (mm)

Gerak makan (*feeding*) adalah jarak yang ditempuh alat potong setiap benda kerja mengalami putaran satu kali sehingga satuan yang digunakan adalah *mm/rev*. Faktor-faktor yang menentukan gerak makan adalah material dari benda kerja, material alat potong, bentuk pahat, kekuatan mesin, dan tingkat kehalusan

permukaan yang ingin dicapai. Kecepatan makan memiliki pengertian yaitu jarak dari gerakan alat potong sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran spindel [31]. Adapun rumus kecepatan pemakanan yaitu:

$$Vf=f \times n \text{ (mm/menit)} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Vf = Kecepatan pemakanan (mm/menit)

f = Gerakn makan (mm/rev)

n = Putaran spindel (rev/min)

2.2.5. Alat Potong (*Turning Tools*)

Alat potong atau *turning tools* merupakan komponen penting dalam proses pemesinan yang berfungsi untuk menghilangkan material dari benda kerja untuk mencapai bentuk dan ukuran yang diinginkan. Dalam pemesinan bubut CNC, alat potong digunakan untuk melakukan proses turning, dimana benda kerja berputar dan alat potong bergerak secara linier untuk memotong material [32]. Jenis-jenis alat potong adalah sebagai berikut:

1. Alat potong tunggal (*Single-Point Cutting Tool*)

Alat ini mempunyai satu titik potong yang umum digunakan dalam proses bubut (*turning*). Alat potong tunggal dapat berupa pahat bubut yang terbuat dari berbagai material seperti *High Speed Steel* (HSS) atau Karbida (*Carbide*) [33].

2. Alat potong multi-titik (*Multi-Point Cutting Tool*)

Alat ini memiliki beberapa titik potong dan biasanya digunakan pada proses pemesinan frais (*milling*). Meskipun alat potong ini tidak umum digunakan dalam *turning*, beberapa pengaplikasian khusus mempunyai kemungkinan memanfaatkan alat ini [34].

International Organization for Standardization (ISO) telah mengembangkan standar untuk mengklasifikasikan alat potong sesuai tabel 2.3 [35]:

Tabel 2. 2 Macam-Macam Kode G dan Kode M Beserta Fungsinya

Kode	Fungsi
a. Kode G	
G00	Perintah pergerakan tanpa pemakanan
G01	Perintah gerak pemakanan lurus
G02	Perintah gerak pemakanan melingkar searah jarum jam
G03	Perintah gerak pemakanan melingkar berlawanan arah jarum jam
G04	Perintah gerakan berhenti sesaat
G40	Perintah pembatalan kompensasi radius
G41	Perintah pembubutan diameter luar
G42	Perintah pembubutan diameter dalam
G54	Perintah titik nol benda kerja diaktifkan
G70	Perintah <i>finishing</i>
G71	Perintah pemakanan berulang secara otomatis
G84	Perintah siklus pembubutan memanjang
G88	Perintah siklus pembubutan melintang
G90	Pemrograman metode <i>absolute</i>
G91	Pemrograman metode <i>incremental</i>
G92	Pembubutan ulir
G96	Perintah mengatur kecepatan potong
G97	Perintah pengaturan kecepatan konstan off
b. Kode M	
M02	Program berakhir
M03	<i>Spindle</i> ON dengan putaran searah jarum jam
M04	<i>Spindle</i> ON dengan putaran berlawanan arah jarum jam
M05	<i>Spindel OFF (Stop)</i>
M06	Perintah pergantian alat potong (<i>tools</i>)

M08	Perintah ON <i>Cooling</i>
Kode	Fungsi
b. Kode M	
M09	Perintah OFF <i>Cooling</i>
M30	Akhir program dan mengembalikan posisi <i>tools</i> terakhir

Tabel 2. 3 Klasifikasi Alat Potong

Kode	Warna	Kegunaan
P	Biru	Untuk memotong material seperti <i>Carbon Steel</i> dan <i>Alloy Steel</i>
M	Kuning	Untuk memotong material <i>Stainless Steel</i>
K	Merah	Untuk memotong material <i>Cast Iron</i>
S	Coklat	Untuk memotong material <i>Titanium Alloy</i> dan Ni, <i>Co-based Alloy</i>
H	Abu-abu	Untuk memotong material <i>Hardened Steel</i>

2.3. Karakteristik Baja ST 42

Material ST 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik minimal 42 kg/mm² sampai 50 kg/mm². Struktur dari baja ST 42 yang terdiri dari ferrit dan sedikit perlite mengakibatkan baja ini mempunyai kekuatan tarik yang rendah namun tingkat keuletannya tinggi. Baja ST 42 ini memiliki kandungan komposisi kimia seperti Karbon (C): 0,07 – 0,1%, Silikon (Si): 0,15 – 0,25%, Mangan (Mn): 0,3 – 0,6%, Fosfor (P): 0,03% dan ditambah unsur-unsur lainnya [19]. Karena memiliki unsur karbon dibawah 0,3%, material ini diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah. Pada tabel 2.4 menunjukkan klasifikasi baja karbon.

2.4. Optimasi

Optimasi adalah proses yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kinerja, dan efektivitas dari suatu sistem atau proses agar mencapai hasil yang diinginkan. Dalam konteks ilmiah atau teknik, optimasi sering kali melibatkan

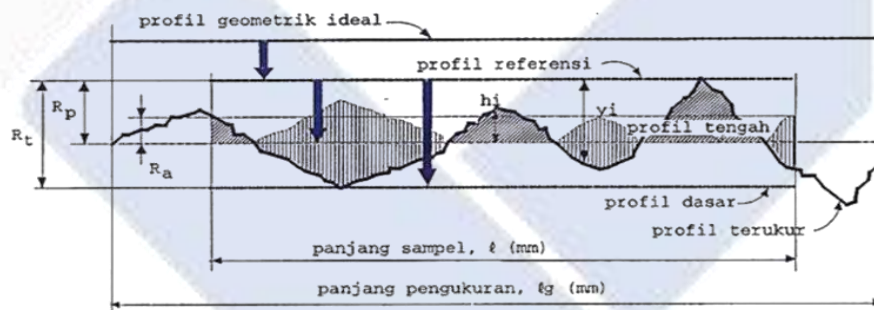
pencarian nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi sistematis dengan mempertimbangkan berbagai batasan yang ada [36].

Tabel 2. 4 Klasifikasi Baja Karbon

Jenis	Kelas	Kad ar Kar bon (%)	Kekuata n luluh (kg/mm)	Kekuata n Tarik (kg/mm ²)	Perpanjag an (%)	Kekerasa n Brinel
Baja Karbon Rendah	-baja lunak	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100
	-baja sangat lunak	0,08- 0,12	20-29	36-42	40-30	80-120
	-baja seteng ah	0,12- 0,20 0,20-	22-30 24-36	38-48 44-45	36-24 32-22	100-120 112-145
	-baja lunak	0,30				
Baja Karbon Sedang	-baja seteng ah keras	0,30- 0,40	30-40	50-60	30-17	140-170
Baja Karbon Tinggi	-baja	0,04-	34-46	58-70	26-14	160-200
	keras	0,05	36-100	65-100	20-11	180-235
	-baja sangat keras	0,50- 0,80				

2.5. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan struktur tak beraturan dari permukaan suatu objek atau benda [37]. Kekasaran dari permukaan suatu benda dapat dilihat menggunakan mikroskop atau menggunakan alat ukur kekasaran permukaan yaitu *Surface Roughness Tester*. Kekasaran permukaan dapat diukur menggunakan berbagai macam satuan seperti R_a (*Roughness Average*), R_z (*Roughness Depth*), R_p (*Roughness Profile*), dan lainnya. *Roughness Average*, adalah pengukuran nilai kekasaran permukaan yang paling umum digunakan yang dinyatakan dalam satuan mikrometer (μm) atau mikron (μ). Keakuratan dari ukuran benda kerja dan kekasaran permukaannya memiliki peran yang besar dalam menentukan kualitas dari suatu produk [38]. Hal tersebut berperan penting dalam menentukan hasil yang optimal dalam proses pembubutan. Kekasaran permukaan sendiri mengacu pada kemampuan dari permukaan untuk menghindari getaran atau bekas yang berkemungkinan muncul setelah proses pembubutan terjadi. Gambar 2.2 memperlihatkan profil kekasaran permukaan [39].



Gambar 2. 2 Profil Kekasaran Permukaan

2.5.1. Parameter-Parameter Permukaan

Supaya lebih memahami dalam menggunakan parameter-parameter permukaan, terdapat beberapa hal yang harus dipahami sebagai berikut:

1. Profil Geometris Ideal

Profil geometris ideal adalah profil permukaan yang ideal namun tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses

pembuatannya. Profil geometris ideal ini bisa berbentuk berupa garis lurus, lingkaran, dan garis melengkung.

2. Profil Referensi

Profil referensi digunakan sebagai acuan dalam menganalisis karakteristik atau ciri khas dari suatu permukaan benda kerja. Memiliki bentuk yang sama dengan profil geometris ideal, akan tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran benda tersebut.

3. Profil Terukur

Profil terukur merupakan profil dari suatu permukaan yang didapat melalui proses pengukuran. Profil inilah yang digunakan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan pada proses pemesinan.

4. Profil Dasar

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. Profil Tengah

Profil tengah merupakan profil yang terletak di tengah-tengah pada posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil ini sebenarnya adalah profil referensi yang hanya digeserkan ke bawah dengan arah tegak lurus dengan profil geometris ideal sehingga pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama ialah atas dan bawah.

$$Ra = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} (\mu m) \quad (2.4)$$

Keterangan:

Ra = Kekasaran permukaan rata-rata (μm)

y = Jarak profil referensi ke profil terukur

n = jumlah titik profil

2.5.2. Toleransi Harga Kekasaran

Nilai rata-rata aritmatika kekasaran (R_a) adalah nilai mean aritmatika antara garis terukur dan garis terukur. Organisasi internasional seperti ISO (*International Standardization Organization*) telah mengkategorikan nilai penyimpangan aritmatika ke dalam 12 tingkat kekasaran yang diidentifikasi dengan label N1 hingga N12. Hal ini memungkinkan ketentuan kekasaran untuk secara langsung mencantumkan angka kekasaran sesuai dengan standar ISO. Berikut hal tersebut dapat dilihat pada tabel 2.5 [4].

Tabel 2. 5 Kekasaran Menurut ISO

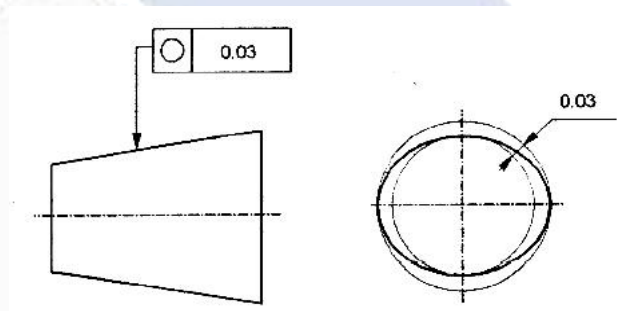
Kekasaran (μm)	Tingkatan Kekasaran	Panjang Sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	
1,6	N7	
0,8	N6	0,8
0,4	N5	
0,2	N4	
0,1	N3	0,25
0,05	N2	
0,025	N1	0,08

Tabel [4] memperlihatkan contoh nilai kekasaran permukaan yang dapat diperoleh melalui berbagai macam proses pemesinan atau metode pengolahan.

2.6. Kebulatan

Kebulatan adalah keseragaman atau keteraturan jarak (jari-jari) antara titik pusat dan titik terluar. Suatu profil kebulatan dikatakan tidak bulat sempurna terjadi

apabila adanya perbedaan jarak (jari-jari) pada bentuk geometrik terhadap titik pusatnya. Memeriksa suatu benda secara dekat menggunakan alat ukur, pengukuran kebulatan merupakan teknik yang digunakan untuk mengetahui kebulatan dari suatu benda yang diukur atau bisa dikatakan menilai apakah suatu benda tersebut benar-benar bulat atau tidak [40]. ISO/R 1101 mendefinisikan toleransi kebulatan sebagai daerah toleransi pada bidang penampang yang dibatasi oleh dua lingkaran konsentrik dengan selisih radius sebesar nilai toleransinya [8].



Gambar 2. 3 Toleransi Untuk Geometrik Kebulatan

Dalam proses manufaktur untuk menghasilkan benda dengan kebulatan yang ideal sangat sulit untuk dicapai karena pasti terdapat ketidakbulatan. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya ketidakbulatan pada komponen yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Keausan yang terjadi pada bantalan poros utama mesin bubut atau mesin gerinda yang digunakan.
2. Gaya pemotongan yang cukup besar mengakibatkan lenturan pada benda kerja atau mesin perkakas.
3. Kesalahan pada posisi senter pemegang.
4. Tekanan yang dihasilkan dari alat pencekam atau pemegang pada komponen yang memiliki dinding yang tipis.
5. Terjadinya *chatter* ketika proses pemotongan

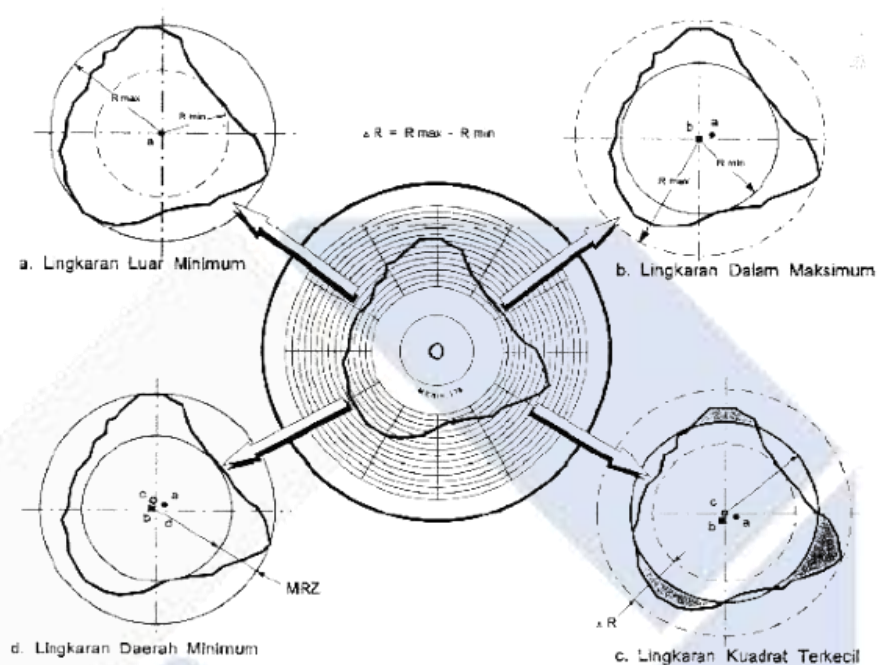
6. Terdapatnya ketidakbulatan dari cetakan pada proses ekstrusi atau penarikan (*drawing*).
7. Adanya ketidakbulatan bahan yang mencolok pada proses penggerindaan tanpa menggunakan senter.

2.6.1. Parameter-Parameter Kebulatan

Untuk menentukan tingkat ketidakbulatan dari suatu benda kerja maka parameter kebulatan sangat penting untuk digunakan sebagai acuan. Profil kebulatan relatif terhadap lingkaran referensi dapat digunakan untuk menghitung parameter kebulatan. Berdasarkan [41], terdapat empat tipe lingkaran referensi yang dapat menurut standar Inggris, Amerika, dan Jepang, yang terdiri dari:

1. **Lingkaran Luar Minimum** (*Minimum Circumscribed Circle*) merupakan lingkaran terkecil yang diperlakukan di luar profil kebulatannya tanpa ada pemotongan/pemutusan. Jarak radial dari lingkaran ke kurva terdalam sama dengan ketidakbulatan.
2. **Lingkaran Dalam Maksimum** (*Maximum Inscribed Circle*) merupakan lingkaran terbesar yang dapat diproses dalam profil kebulatannya tanpa adanya pemotongan/pemutusan. Jarak radial dari lingkaran sampai tonjolan terbesar sama dengan ketidakbulatan.
3. **Lingkaran Daerah Minimum** (*Minimum Zone Circle*) merupakan profil lingkaran yang dikelilingi dua lingkaran konsentris dengan jarak radial terpendek di antara keduanya. Lokasi dimana lingkaran minimum berpusat disebut sebagai Pusat Zona Minimal (*Minimum Zone Circle*). Ketidakbulatan dikenal sebagai Zona Radial Minimum (*Minimum Radial Zone*) adalah selisih antara jari-jari dari kedua lingkaran.
4. **Lingkaran Kuadrat Terkecil** (*Least Square Circle*) merupakan lingkaran yang diturunkan dari profil kebulatan sedemikian rupa sehingga lingkaran referensi memiliki jarak minimum kuadrat dari sejumlah titik pada profil kebulatan yang memiliki sudut yang seragam. Pusat Kuadrat Terkecil (LSC) adalah posisi kuadrat terkecil yang terletak di tengah lingkaran. *Mean Line Average* (MLA)

mengacu pada jarak radial dari nilai rata-rata absolut antara lingkaran kuadrat terkecil dan profil kebulatan.



Gambar 2. 4 Grafik Polar 4 Jenis Lingkaran Untuk Menentukan Parameter Kebulatan

Berdasarkan sudut pandang teoritis, *Mean Line Average* (MLA) merupakan parameter yang paling akurat untuk mencari titik pusat atau *Least Square Circle* (LSC) dan nilai ketidakbulatan. Selain itu, dikarenakan temuan Pusat Zona Minimal (*Minimum Zone Circle*) sejalan dengan definisi dari toleransi kebulatan, maka ISO menyarankan metode ini sebagai acuan untuk menghitung nilai ketidakbulatan. Selisih dari jari-jari antara profil lingkaran terbesar dan profil lingkaran terkecil disebut *Minimum Zone Circle* (MZC) yang nilai ketidakbulatannya apabila dinyatakan dalam rumus adalah sebagai berikut [8]:

$$MZC = R_{\max} - R_{\min} \quad (2.5)$$

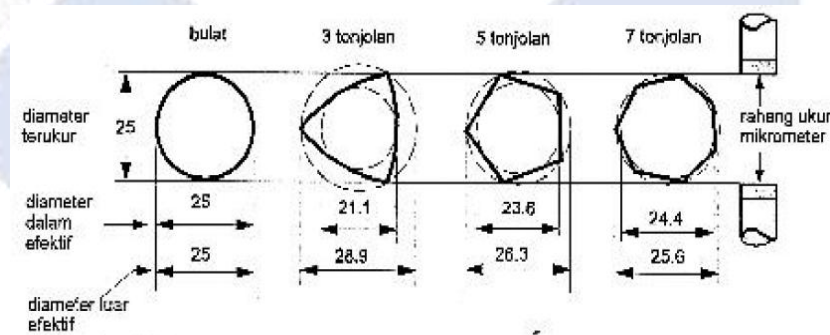
Keterangan:

$R_{\max}$ = Jari-jari profil lingkaran maksimum (μm)

$R_{\min}$ = Jari-jari lingkaran minimum (μm)

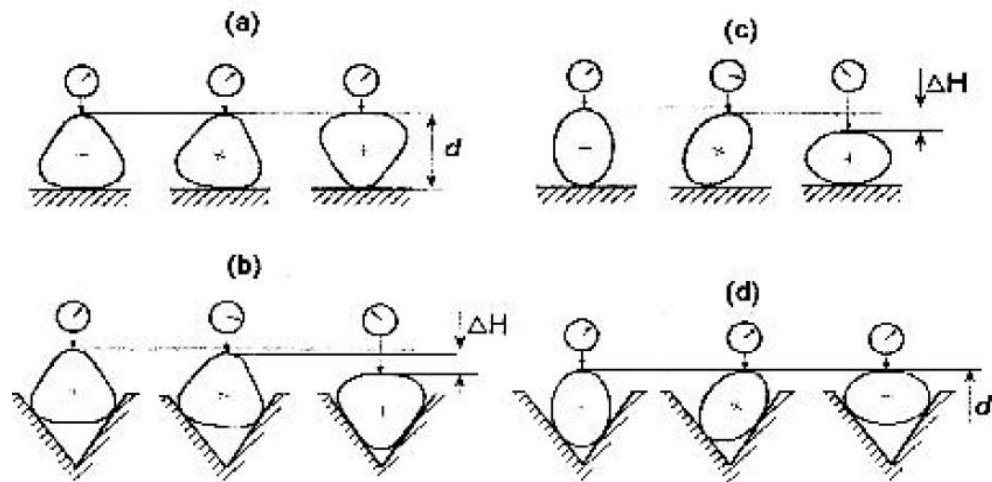
2.6.2. Pengukuran Kebulatan

Agar dapat mengukur nilai kebulatan diperlukanlah suatu alat ukur. Terdapat berbagai macam alat ukur yang bisa digunakan. Banyaknya sensor pada alat menunjukkan apakah suatu alat ukur tersebut dapat digunakan untuk pengukuran tersebut. Sensor dari alat ukur ini dapat dikategorikan dalam beberapa jenis yang berbeda, seperti mikrometer yang memiliki dua buah sensor yang terpisah berjarak 180 derajat. Salah satu cara untuk melakukan pengukuran adalah dengan menggunakan mikrometer untuk mengukur diameter sisi terjauh dan terdekat suatu poros untuk memastikan apakah poros tersebut memiliki ketidakbultan atau tidak. Akan tetapi, mikrometer ini hanya dapat digunakan apabila suatu poros hanya memiliki dua tonjolan beraturan (elips) pada ketidakbultan penampangnya. Apabila tonjolan pada suatu poros berjumlah ganjil maka mikrometer ini tidak dapat digunakan untuk melakukan pengukuran. Pengukuran kebulatan menggunakan alat dengan dua sensor dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut [41].



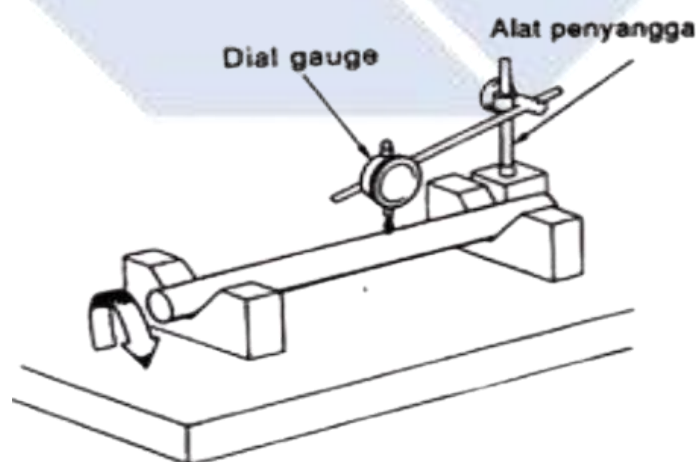
Gambar 2. 5 Pengukuran Kebulatan Dengan 2 Sensor

Cara lain yang dapat digunakan untuk mengukur nilai non-kebulatan adalah dengan menggunakan alat pengukur kebulatan 3 sensor. *Tester* kebulatan merupakan salah satu contoh alat ukur kebulatan tiga sensor namun *v-block* dan *dial indicator* juga dapat digunakan untuk mengukur nilai kebulatan dengan cara yang sama. Nilai dari kebulatan suatu benda kerja poros dapat diketahui dengan menggunakan alat *dial indicator*, *v-block*, dan *dial stand* [42]. Pengukuran kebulatan menggunakan alat ukur tiga sensor dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2. 6 Pengukuran Kebulatan Dengan 3 Sensor

Dengan menempatkan poros pada *v-block* dan memutar poros tersebut sambil memasang sensor jam pengukur pada permukaan poros memungkinkan seseorang untuk mengetahui nilai dari kebulatan poros tersebut. Pada penggunaan mesin CNC bubut, analisis profil kebulatan digunakan untuk mengidentifikasi cacat geometris dalam pembuatan suatu komponen. Hal ini merupakan metode tradisional untuk menghitung kebulatan. Pengukuran kebulatan yang diperoleh dengan kombinasi alat *v-block* dan *dial indicator* dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut [43].



Gambar 2. 7 Pengukuran Kebulatan Menggunakan *Dial Indicator* dan *V-Block*

2.6.3. Toleransi Standar Kebulatan

Terdapat delapan belas kelas toleransi yang dikenal sebagai toleransi standar yang ditetapkan oleh organisasi internasional untuk standarisasi atau ISO [4]. IT yang digunakan mewakili norma toleransi dari IT 01 sampai dengan IT 16. Untuk benda kerja dengan diameter nominal hingga 500 mm, toleransi standar ini ditetapkan. Penetapan nilai toleransi yang umum didefinisikan sebagai tingkat kualitas IT 5 hingga IT 16 dengan rumus sebagai berikut ini:

$$i = 0,45^3 \sqrt{D} + 0,001 D \quad (2.6)$$

Keterangan:

i = Satuan toleransi (μm)

D = Diameter nominal (mm)

Rata-rata geometrik yang didapat dari dua nilai batas pada tingkat diameter nominal tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan nilai D . Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini berdiameter 30 mm yang menempatkannya pada kisaran >18-30. Gambar 2.8 [4] memperlihatkan tabel dengan dua harga batas untuk tingkat diameter nominal sampai dengan 500 mm.

Tingkatan utama (dalam mm)		Tingkatan perantara [▼] (dalam mm)	
di atas	s.d.	di atas	s.d.
3	6		
10	18	10	14
18	30	14	18
30	50	18	24
50	80	24	30
80	120	30	40
120	180	40	50
180	250	50	65
250	315	65	80
315	400	80	100
400	500	100	120
		120	140
		140	160
		160	180
		180	200
		200	225
		225	250
		250	280
		280	315
		315	355
		355	400
		400	450
		450	500

Gambar 2. 8 Tabel Dua Harga Batas Tingkat Diameter Nominal Sampai Dengan 500 mm

Untuk seluruh toleransi standar yang menunjukkan semua toleransi normal terhadap benda dengan diameter hingga 500 mm dapat dilihat pada gambar 2.9 [4] di bawah ini.

Diameter (mm):	Angka Kualitas (IT; International Tolerance); Toleransi yang dimaksud dalam μm .																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$> 3-6$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$> 6-10$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$> 10-18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$> 18-30$	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$> 30-50$	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$> 50-80$	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$> 80-120$	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	36	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$> 120-180$	1,2	2	3,5	5	8	12	18	26	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$> 180-250$	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$> 250-315$	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$> 315-400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$> 400-500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Gambar 2. 9 Tabel Seluruh Harga Batas Toleransi Normal Sampai Dengan Diameter Nominal 500 mm

2.7. Response Surface Methodology

Response Surface Methodology (RSM) merupakan kumpulan perhitungan matematika dan metode statistika yang berguna untuk pemodelan dan analisa permasalahan dimana respons atau hasil yang diinginkan dipengaruhi oleh beberapa variabel dengan tujuan untuk mengoptimasi respons tersebut [44]. Selain itu, penggunaan RSM penting di dalam desain, pengembangan, dan perumusan produk baru, serta dalam peningkatan desain produk yang telah ada. Metode ini sangat efektif karena memperhitungkan efek utama dan efek interaksi dengan jumlah percobaan yang minimum, sehingga memperjelas hubungan sebab-akibat antara faktor dan respons [45].

Di zaman sekarang ini RSM diaplikasikan dalam pengoptimasian sistem dalam berbagai bidang karena tingkat efisiensinya yang tinggi, seperti elektronik, bio teknologi, kedirgantaraan, otomotif, ilmu pengetahuan hayati, lingkungan agrikultur, dan manufaktur [46-47]. Penggunaan paling dari luas metode ini adalah

dalam dunia industri, terutama dalam keadaan atau kondisi dimana beberapa variabel input berpotensi untuk mempengaruhi pengukuran kinerja atau karakteristik kualitas dari suatu produk atau proses. Pengukuran kinerja atau karakteristik kualitas ini disebut sebagai respons. Respons biasanya diukur dalam skala yang kontinu, meskipun sifat respons, peringkat, dan respons sensorik tidak biasa. Sebagian besar penggunaan dari metode RSM akan melibatkan lebih dari satu respons. *Input* variabel biasanya disebut sebagai *independent variables* atau variabel independen yang dikendalikan oleh peneliti atau insinyur, setidaknya untuk tujuan melakukan pengujian atau eksperimen.

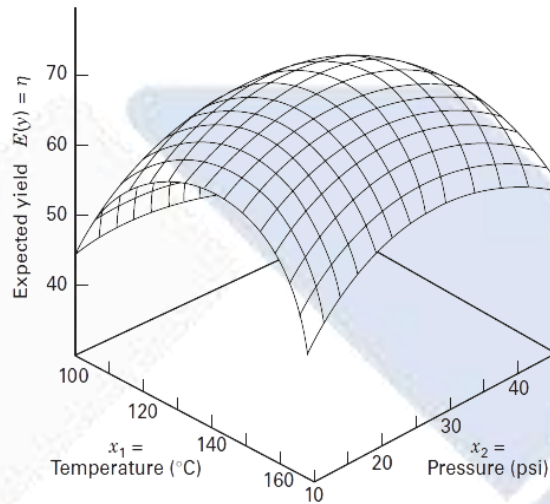
Dalam melakukan pendekatan analisis *response surface methodology* diperlukan pertimbangan yang cermat terhadap sejumlah faktor. Mengetahui apakah persamaan tersebut adalah fungsi *first-order* atau *second-order* merupakan langkah awal yang harus dilakukan. Memanfaatkan dua faktorial dengan dua taraf perlakuan untuk setiap perlakuan sudah cukup untuk fungsi terurut dalam hal desain eksperimen, dimana k adalah banyaknya komponen perlakuan. Berbeda dengan desain faktorial 2^k (*first-order*) yang memerlukan unit eksperimen lebih sedikit, *second-order of response surface methodology* menggunakan *Central Composite Design* (CCD) dan *Box-Behnken Design* (BBD) sebagai desain eksperimen. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan desain *Box-Behnken*.

Menurut Montgomery [44] contoh dari RSM seandainya seorang peneliti ingin mencari tahu level dari *temperature* (x_1) dan *pressure* (x_2) untuk memaksimalkan respon atau hasil (y) suatu proses. Respon atau hasil adalah persamaan fungsi dari level *temperature* dan *pressure* dan dirumuskan sebagai berikut:

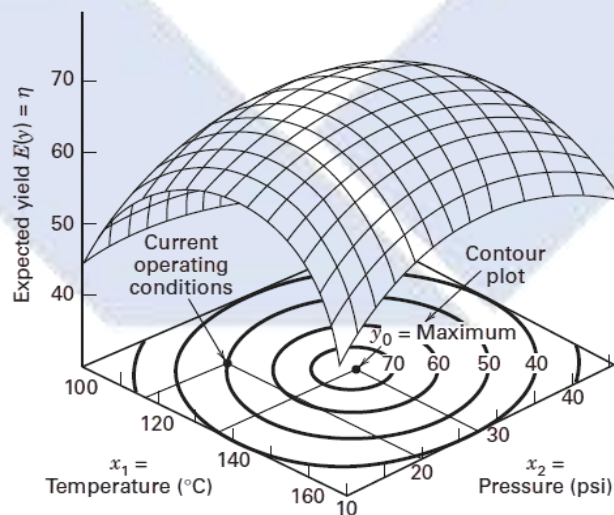
$$y = f(x_1, x_2) + \epsilon \quad (2.7)$$

Dimana ϵ merupakan simbol dari *noise* atau error dalam respon (y) untuk menyatakan respon optimal yaitu $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$, maka $\eta = f(x_1, x_2)$ disebut sebagai *response surface* yang mewakili permukaan. *Response surface* biasanya ditunjukkan secara grafis, seperti yang terlihat pada gambar 2.10 dimana η merupakan gambaran terhadap level x_1 dan x_2 . Untuk membantu dalam

memvisualisasikan bentuk dari suatu *response surface*, plot kontur dapat dilihat pada gambar 2.11. Dalam plot kontur (*contour plot*) tersebut, garis respon konstan digambar pada bidang x_1 dan x_2 . Setiap kontur sesuai dengan ketinggian tertentu dari *response surface*.



Gambar 2. 10 Grafik *Response Surface* Terhadap Nilai X dan Y



Gambar 2. 11 Plot Kontur *Response Surface*

Karena bentuk hubungan antara respon (y) dan variabel independen (x) tidak diketahui, maka langkah pertama dalam menggunakan metode RSM adalah menemukan perkiraan yang sesuai untuk hubungan fungsional sebenarnya antara respon (y) dan variabel independen (x). Biasanya, polinomial orde rendah di

beberapa wilayah variabel independen digunakan. Jika respon dimodelkan dengan baik oleh fungsi linier dari variabel independen (y), maka fungsi yang mendekati adalah model orde pertama. Persamaan model orde pertama ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k + \epsilon \quad (2.8)$$

Jika terdapat kelengkungan pada sistem, maka polinomial dengan derajat yang lebih tinggi harus digunakan, seperti model orde kedua. Persamaan model orde kedua ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (2.9)$$

- *Box-Behnken Design*

Box-Behnken Design (BBD) banyak digunakan dalam desain *response surface methodology* yang berguna untuk membangun hubungan sebab-akibat antara faktor dan respon dalam sebuah eksperimen [45]. BBD dikembangkan oleh George E. P. Box dan Donald Behnken pada tahun 1960 [48]. *Box-Behnken Design* adalah kelas desain dari orde kedua yang dapat diputar atau hampir dapat diputar berdasarkan desain faktorial tidak lengkap tiga tingkat. Untuk eksperimen tiga faktor, representasi grafisnya adalah sebuah kubus yang terdiri pusat dan titik-titik tengah tepi, titik-titik tersebut terletak di permukaan bola, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 [45]. Nilai-nilai kode untuk tiga faktor ditunjukkan pada tabel 2.6 [45]. Agar *Box-Behnken Design* dapat membentuk *response surface*, dibutuhkan tiga level (-1, 0, +1) dan dapat digunakan untuk faktor antara 3 dan 21. Titik tengah ditandai dengan “0” dan digunakan untuk menghasilkan model kuadratik serta untuk menganalisis efek interaksi antara orde kedua dan faktor. Jumlah percobaan (N) yang dibutuhkan untuk pengembangan BBD didefinisikan sebagai berikut [45]:

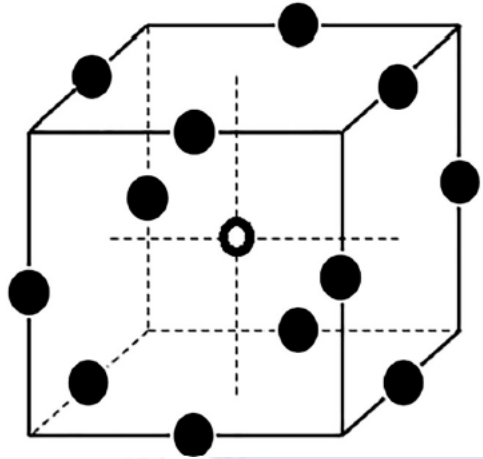
$$N = 2k \times (k - 1) + C_0$$

Keterangan:

N = Jumlah percobaan

k = jumlah faktor

C_0 = Jumlah titik senter.



Gambar 2. 12 Desain *Box-Behnken* Untuk Tiga Faktor

Tabel 2. 6 Nilai-Nilai Kode Desain *Box-Behnken* Untuk Tiga Faktor

Eksperimen	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	0
2	+1	-1	0
3	-1	+1	0
4	+1	+1	0
5	-1	0	-1
6	+1	0	-1
7	-1	0	+1
8	+1	0	+1
9	0	-1	-1
10	0	+1	-1
11	0	-1	+1
12	0	+1	+1
13 (C)	0	0	0
14 (C)	0	0	0
15 (C)	0	0	0
16 (C)	0	0	0

Dalam merancang *Box-Behnken Design*, peneliti akan menggunakan perangkat lunak Minitab 22 untuk mengolah dan menganalisis data pada *Box-Behnken*. Proses analisis terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Merancang sebuah eksperimen.
2. Dengan data yang telah tersedia, membuat model regresi.
3. Menerapkan pendekatan kuadrat terkecil pada estimasi parameter.
4. Meninjau ulang teori.
5. Memeriksa keluaran model.
6. Asumsikan bahwa permukaan dan kontur persamaan respon akan menghasilkan jawaban terbaik.
7. Menentukan level mana yang menghasilkan respon terbaik.

- *Analisis Second Order*

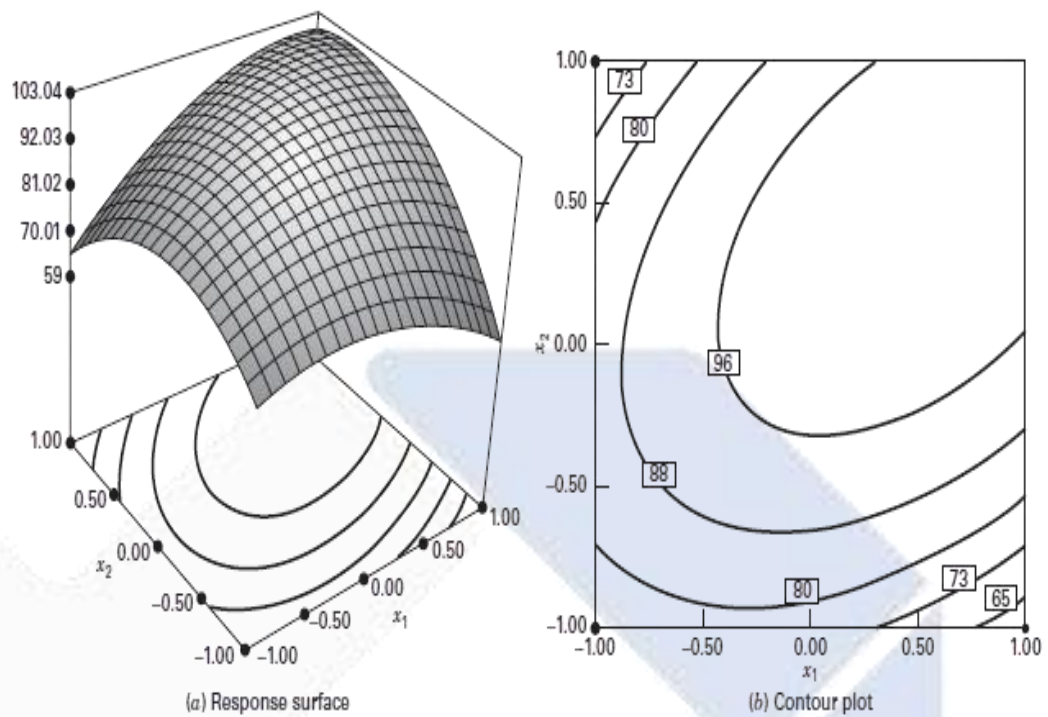
Prediksi respon (y) pada variabel bebas dengan pendekatan regresi ditunjukkan dalam persamaan berikut ini [44]:

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T \quad (2.10)$$

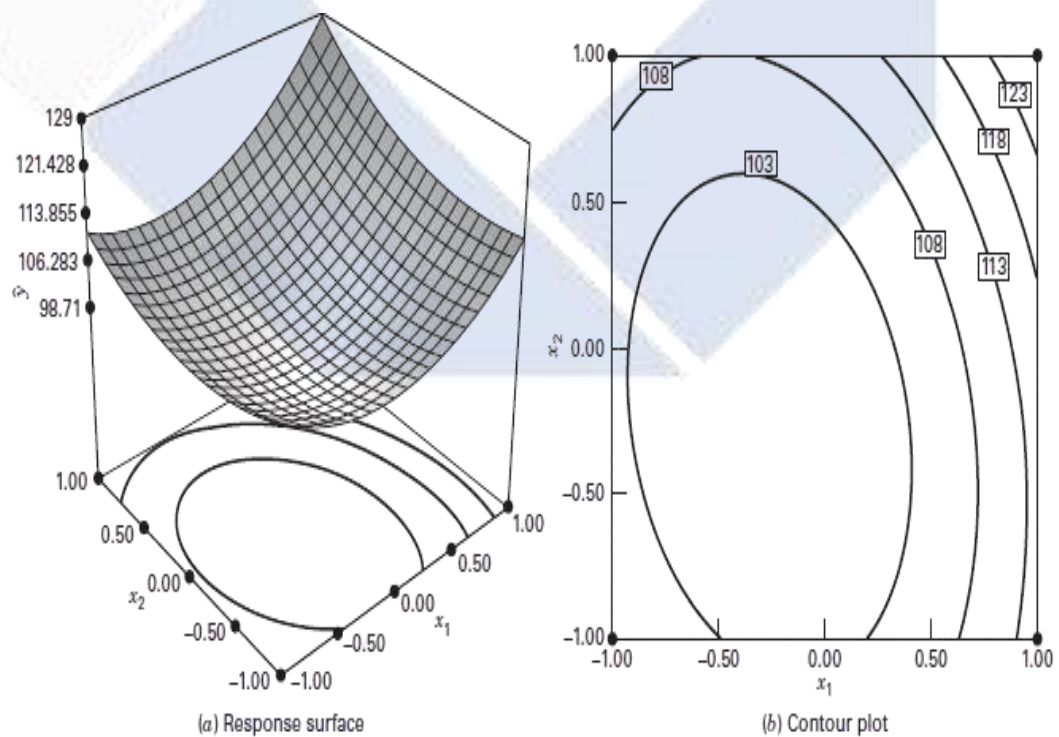
Setelah persamaan *second order* dengan pendekatan regresi diketahui maka tahap selanjutnya adalah mengetahui keadaan optimal dan karakteristik dari *surface response*.

- *Mencari Stationary Point*

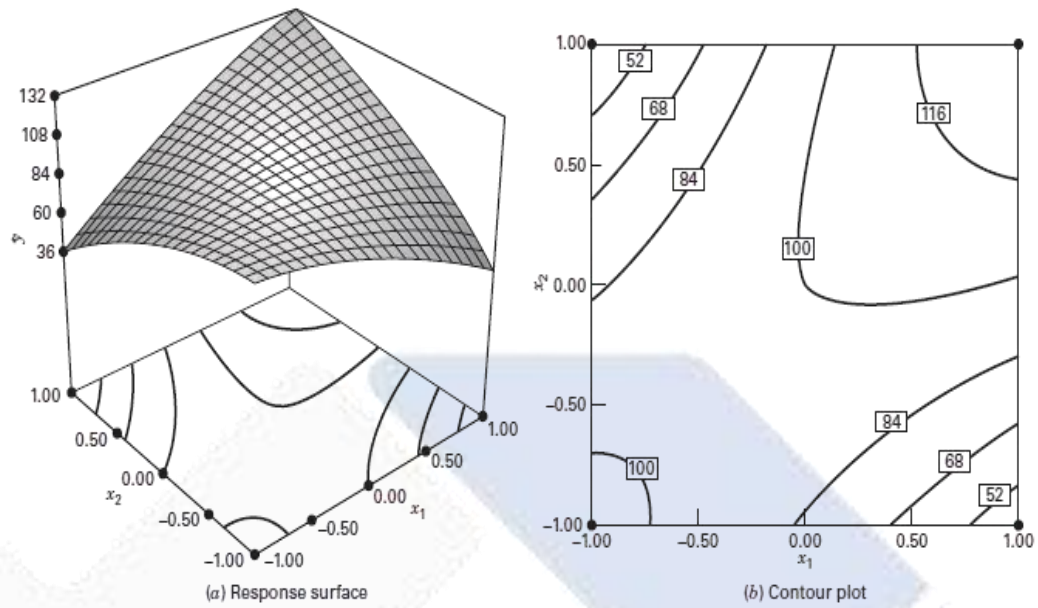
Berdasarkan pembahasan [44] yang dilakukan bahwa *stationary point* berfungsi untuk menentukan titik optimasi dari variabel bebas (x) sehingga titik optimasi tersebut dapat mengoptimalkan respon (y). *Stationary point* dapat mewakili suatu titik dari *maximum response* pada gambar 2.13 [44], titik dari *minimum response* pada gambar 2.14 [44], dan titik *saddle point* pada gambar 2.15 [44].



Gambar 2. 13 *Response Surface* dan *Contour Plot* Pada Posisi Maksimum



Gambar 2. 14 *Response Surface* dan *Contour Plot* Pada Posisi Minimum



Gambar 2. 15 *Response Surface* dan *Contour Plot* Pada Posisi Saddle Point

Persamaan untuk mencari *stationary point* dapat dinotasikan dalam matriks, sebagai berikut [44]:

$$x_s = -\frac{1}{2}B^{-1}b \quad (2.11)$$

Dengan:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_k \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \dots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad B = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{11}, & \hat{\beta}_{12}/2 & \dots, & \hat{\beta}_{1k}/2 \\ & \beta_{22}, & \dots, & \hat{\beta}_{2k}/2 \\ & & \ddots & \\ \text{sym.} & & & \hat{\beta}_{kk} \end{bmatrix}$$

Persamaan untuk menentukan nilai terbaik dari variabel bebas berdasarkan *stationary point* (x_s) yang didapatkan dengan cara berikut [44]:

$$x_i = \frac{\text{variabel bebas} - \text{center point}}{\frac{1}{2}(\text{maksimum} - \text{minimum})} \quad (2.12)$$

Persamaan untuk mendapatkan prediksi nilai respon dari *stationary point* terdapat pada persamaan berikut [44]:

$$\hat{y}_s = \hat{\beta}_0 + \frac{1}{2}x'_s b \quad (2.13)$$

- *Canocial Form (Model Canonical)*

Setelah selesai mendapatkan nilai dari *stationary point*, diperlukannya mengkarakterisasi *surface response* di sekitar *stationary point*. Dengan mengkarakerisasi *surface response* dapat ditentukakannya bentuk *stationary point* apakah termasuk pada titik *maximum response*, titik *minimum response*, ataupun *saddle point* menggunakan analisis *canonical* [44].

Persamaan untuk mencari model *canonical* terdapat pada persamaan berikut ini:

$$\hat{y} = \hat{y}_s + \lambda_1 w_1^2 + \lambda_2 w_2^2 + \dots + \lambda_k w_k^2 \quad (2.14)$$

Montgomery [44] menyatakan bahwa bentuk dari *response surface* ditentukan dari *stationary point* dan tanda serta besaran dari $\{\lambda_i\}$. Apabila nilai $\{\lambda_i\}$ semuanya positif, maka x_s merupakan titik *minimum response*. Jika nilai $\{\lambda_i\}$ semuanya negatif, maka x_s merupakan titik *maximum response* dan apabila nilai $\{\lambda_i\}$ mempunyai tanda yang berbeda, maka x_s adalah *saddle point*.

- Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan salah satu cara untuk mengetahui apakah sebaran data hasil uji berdistribusi normal atau tidak. Apabila histogram berbentuk lonceng mewakili data, maka data tersebut dianggap terdistribusi secara teratur. Diterimanya H_0 ditentukan berdasarkan $L_{hitung} < L_{tabel}$, maka hal tersebut menunjukkan data tidak terdistribusi norma, sedangkan penolakan H_0 terjadi ketika $L_{hitung} > L_{tabel}$, yang mengartikan data terdistribusi secara teratur.

- Analisis Varian (ANOVA)

Dalam regresi berganda, total dari y kuadrat terdiri dari SSR, SSE, dan SST. Rumus berikut dapat digunakan dalam menentukan nilai dari SSR, SSE, dan SST:

$$SSR = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2 = \hat{y}'\bar{y} - n\bar{y}^2 = \beta'X'\hat{y} - n\bar{y}^2 \quad (2.15)$$

$$SST = \sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum y_i^2 - n\bar{y}^2 \quad (2.16)$$

$$SSE = SST - SSR \quad (2.17)$$

Tabel menunjukkan tabel anova regresi berganda. Hipotesis menyatakan persamaan regresi mempunyai relevansi dalam menggambarkan hubungan antara variabel bebas (x) dengan respon (y) jika $F_{\text{nilai}} > F_{\text{tabel}}$.

Tabel 2. 7 Anova Regresi Berganda

Source	Dof	Sum of Square	Mean of Square	F-Value	F-Table
Regresi	k	SSR	MSR	MSR/MSE	F(k, n – k – 1; α)
Residual	n – k – 1	SSE	MSE		
Total	n – 1	SST			

Berdasarkan tabel 2.7 bahwa MSR yang dihitung dengan membagi SSR dengan derajat kebebasan (DoF) regresi adalah kuadrat rata-rata akibat regresi. Sedangkan MSE yang dihitung dengan membagi SSE dengan derajat kebebasan yang tersisa adalah rata-rata kuadrat akibat kesalahan sisa.

- Uji Ketidaksesuaian Persamaan (*Lack of Fit Test*)

Ketidaksesuaian persamaan regresi dipastikan menggunakan statistik *Lack of Fit* berdasarkan Montgomery [44]. Analisis varian dapat digunakan sebagai penilaian dari ketidaksesuaian. $SS_E = SS_{PE} + SS_{LOF}$ yang dimana SS_{PE} melambangkan jumlah kuadrat karena kesalahan murni dan SS_{LOF} melambangkan jumlah kuadrat karena kurangnya kecocokan. Berikut ini merupakan persamaan SS_{PE} dan SS_{LOF} :

$$SS_{PE} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad (2.18)$$

$$SS_{LOF} = \sum_{i=1}^m n_i (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.19)$$

- Analisis *Coefisients* Determinasi (R^2)

Kualitas dari persamaan regresi dinilai dengan menggunakan koefisien determinasi. Dengan memahami nilai koefisien determinasi (R^2), maka persamaan regresi tersebut dapat mewakili keadaan (fakta) yang sebenarnya. Nilai yang paling mendekati 1 dimana $0 \leq R^2 < 1$ merupakan nilai koefisien determinasi optimal [44]. Persamaan berikut ini menampilkan hasil perhitungan koefisien determinasi [44]:

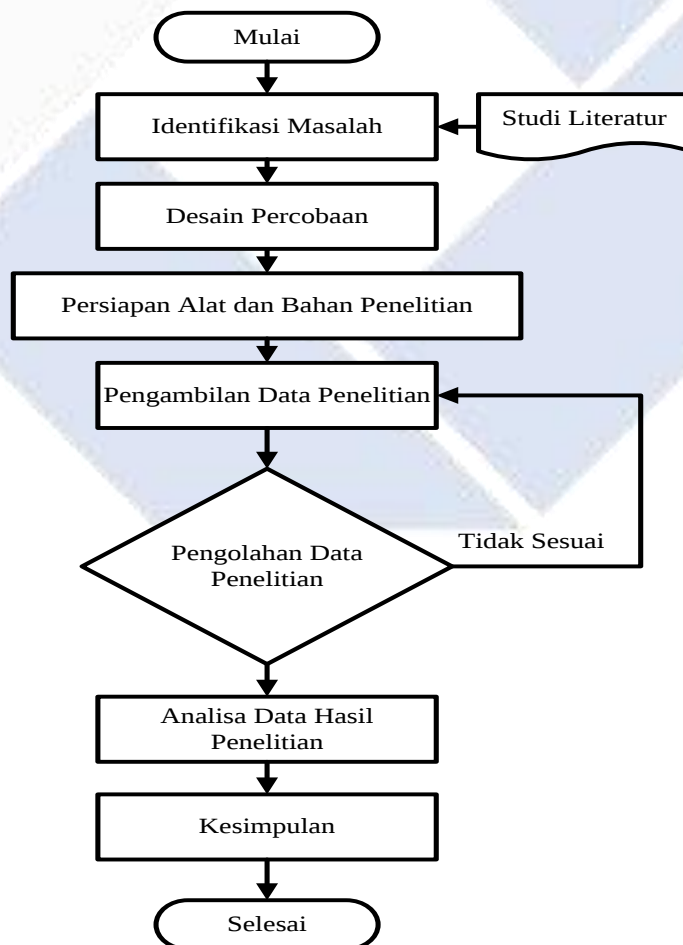
$$R^2 = \frac{SS_{Model}}{SS_{Total}} \quad (2.20)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

Tempat penelitian ini dilakukan adalah di Bengkel Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. *Response Surface Methodology* (RSM) merupakan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, dan menggunakan desain tiga parameter dengan dua level untuk setiap perubahan parameter. Terdapat diagram alir (*flowchart*) yang digunakan dalam penelitian ini agar memudahkan penulis mencapai tujuan penelitian yang ditunjukkan oleh gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Identifikasi Masalah

Langkah pertama yang penting untuk dilakukan dalam penelitian adalah mengidentifikasi dan menentukan isu atau permasalahan yang layak dijadikan sebagai landasan atau fokus penelitian. Setelah masalah telah teridentifikasi maka proses identifikasi masalah dapat terselesaikan. Berdasarkan hal ini peneliti mengambil langkah untuk mencari data-data yang mendukung melalui sumber-sumber relevan berdasarkan observasi, studi literatur, dan media lainnya.

3.2.1. Studi Literatur

Setelah permasalahan penelitian ditetapkan, peneliti akan melakukan tinjauan pustaka atau studi literatur yang bertujuan untuk menemukan materi atau informasi yang relevan terhadap inti bahasan penelitian dari buku, jurnal, penelitian sebelumnya, dan internet. Dengan melakukan studi literatur ini, segala informasi teoritis dan ide-ide yang didapat dapat dijadikan sebagai landasan atau kerangka kerja untuk memecahkan masalah.

3.3. Desain Percobaan

Desain percobaan atau eksperimen merupakan ilmu yang mempelajari tentang penetapan kerangka dasar operasi pengumpulan data pada objek dengan variasi menggunakan konsep statistik. Desain eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini yang berbentuk kode-kode variabel dapat dilihat pada tabel 3.1:

Berdasarkan tabel 3.1 maka dapat dirancang tabel desain eksperimen dalam bentuk aslinya dengan menggunakan *software* minitab (*license*). Desain eksperimen dapat dilihat pada Tabel 3.2 Desain Eksperimen.

3.3.1. Variabel Proses

Variabel proses merupakan variabel dibawah kendali peneliti yang mempengaruhi proses pemesinan bubut. Nilainya dapat divariasikan peneliti berdasarkan tujuan proyek penelitian serta elemen relevan lainnya. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. *Cutting Speed*

Cutting Speed atau kecepatan potong yang digunakan pada penelitian ini adalah *high* 140 m/min dan *low* 110 m/min.

b. *Feeding*

Feeding atau gerak pemakanan yang digunakan pada penelitian ini adalah *high* 0.45 mm/rev dan *low* 0.25 mm/rev.

c. *Depth of Cut*

Depth of Cut atau kedalaman pemakanan (mm) yang dipakai pada penelitian ini adalah *high* 0.5 mm dan *low* 0.1 mm.

Tabel 3. 1 Desain Percobaan Dalam Bentuk Kode

No.	Kode Level		
	A	B	C
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

3.3.2. Variabel Tetap

Variabel tetap atau konstan adalah faktor-faktor yang tidak diteliti dalam penelitian. Nilai dari faktor ini dipertahankan secara konsisten selama proses penelitian berlangsung supaya faktor tersebut tidak memiliki dampak yang terlihat pada hasil penelitian. Dalam penelitian ini variabel tetapnya adalah Pendingin Dromus B.

Tabel 3. 2 Desain Eksperimen

No.	Kode Level		
	<i>Cutting Speed</i>	<i>Feeding</i>	<i>Depth of Cut</i>
1	110	0.25	0.3
2	140	0.25	0.3
3	110	0.45	0.3
4	140	0.45	0.3
5	110	0.35	0.1
6	140	0.35	0.1
7	110	0.35	0.5
8	140	0.35	0.5
9	125	0.25	0.1
10	125	0.45	0.1
11	125	0.25	0.5
12	125	0.45	0.5
13	125	0.35	0.3
14	125	0.35	0.3
15	125	0.35	0.3

3.3.3. Variabel Respon

Variabel respon merupakan variabel yang nilainya tidak diketahui dan dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan selama penelitian berlangsung. Nilai ini akan didapatkan ketika proses penelitian selesai. Kekasaran permukaan dan kebulatan benda uji adalah variabel respon pada penelitian ini.

3.4. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian maka dilakukan persiapan terhadap alat dan bahan yang akan digunakan selama proses penelitian. Adapun alat dan bahan yang akan digunakan sebagai berikut:

3.4.1. Alat Penelitian

1. Mesin Gergaji Potong

Pada penelitian ini mesin gergaji potong digunakan untuk membuat benda uji dan memotong benda kerja. Model yang digunakan adalah DOALL C-916. Tampilan dari mesin ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Mesin Gergaji Potong DOALL C-916

2. Kikir

Kikir akan digunakan pada penelitian ini untuk membersihkan sisa komponen pemotong benda uji. Kikir dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3. 3 Kikir

3. Mesin bubut *CNC Mori Seiki SL-25*

Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin CNC Bubut *Mori Seiki SL-25*. Mesin ini akan digunakan selama proses pembubutan benda uji material ST 42. Adapun tampilan dari mesin ini dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Mesin *CNC Turning Mori Seiki SL-25*

4. Mata Potong

Mata potong yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Pahat *Insert Carbide Turning DNMG 150608-MP*. Mata potong ini akan digunakan selama pembubutan dan setiap pembubutan menggunakan satu sisi dari *Insert Carbide Turning DNMG 150608-MP*. Berikut gambar 3.5 merupakan gambar Mata Potong *Insert Carbide Turning DNMG 150608-MP*.



Gambar 3. 5 Pahat *Insert Carbide DNMG 150608*

5. *Surface Roughness Tester*

Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210 dipakai untuk menilai tingkat kekasaran permukaan di suatu objek atau bahan. Pada penelitian ini, alat tersebut akan dimanfaatkan untuk mengukur kekasaran permukaan benda uji material ST 42 yang sudah diproses. Tampilan dari alat ini ditunjukkan pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 *Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210*

6. *Jangka Sorong*

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dan panjang dari benda kerja sebelum dan sesudah dilakukannya proses pembubutan. Berikut gambar 3.7 Jangka Sorong



Gambar 3. 7 *Jangka Sorong*

7. *Dial Indicator* dan *V-Block*

Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk menguji kebulatan dengan menggabungkan kedua metode tersebut. Sebagai pengganti penguji kebulatan [8], peneliti menggunakan *V-Block* untuk menentukan nilai kebulatan benda uji, digunakan *Dial Indicator* dengan ketelitian 1/1000 atau 1 μm . Berikut gambar 3.8 *Dial Indicator* dan *V-Block*



Gambar 3. 8 *Dial Indicator* dan *V-Block*

3.4.2. **Bahan Penelitian**

1. Benda Kerja

Material yang digunakan sebagai benda uji adalah baja ST 42 dengan dimensi diameter 30 mm dengan panjang 100 mm. Bentuk dari material spesimen uji ditunjukkan pada gambar 3.9



Gambar 3. 9 Spesimen Uji

2. Media Pendingin

Media pendingin yang digunakan pada penelitian ini adalah Dromus B.

3. Media Pelumas

Pada penelitian ini media pelumas yang digunakan yaitu oli untuk mencegah korosi pada benda uji setelah dilakukannya proses pembubutan.

3.5. Pengambilan Data Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengambilan data penelitian:

3.5.1. Proses Pemesinan CNC

Urutan proses pemesinan menggunakan mesin CNC sesuai dengan langkah-langkah berikut:

1. Menghidupkan mesin CNC Bubut *Mori Seiki SL-25*
2. Buka pintu mesin CNC bubut.
3. Pasang pahat *Insert Carbide* DNMG 150608-MP pada *tool holder*. Setiap pembubutan spesimen uji menggunakan sisi mata potong yang berbeda.
4. Pasang spesimen uji pada *chuck* sedalam 50 mm dan pastikan spesimen uji telah tercekam dengan kuat agar aman dalam menjalankan mesin.
5. Memasukkan program pada *control panel* sesuai dengan kombinasi level dan variabel yang telah ditentukan. Kemudian setting titik nol pada spesimen uji.
6. Jalankan proses pembubutan benda kerja dengan pemakanan memanjang sepanjang 30 mm dan kedalaman sesuai dengan desain percobaan berdasarkan jumlah sampel.
7. Lepas spesimen uji apabila proses pembubutan selesai.
8. Lepas dan ganti sisi mata potong *Insert Carbide* DNMG 150608-MP pada *tool holder*.
9. Lakukan proses di atas secara berulang sampai 15 spesimen uji mendapatkan proses pemesinan sesuai dengan desain eksperimen yang telah ditetapkan.

10. Setelah semua spesimen uji telah selesai dilakukan proses pembubutan, matikan mesin CNC dan rapikan peralatan yang telah digunakan selama proses pemesinan dilakukan. Spesimen uji yang telah diproses dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Proses Input Program CNC



Gambar 3. 11 Spesimen Uji Setelah Dibubut

3.5.2. Pengujian Kekasaran Permukaan dan Kebulatan

Setelah proses pembubutan telah selesai dilakukan, selanjutnya peneliti akan melakukan proses pengambilan data penelitian menggunakan 2 pengujian yaitu pengujian terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan. Berikut ini adalah penjelasan terkait dengan pengambilan data pada setiap pengujian.

3.5.2.1. Pengambilan Data Kekasaran Permukaan

Dari proses pembubutan yang telah dilakukan pada spesimen uji, objek akan dianalisis kekasaran permukaannya dengan perangkat pengukur kekasaran permukaan, yaitu *surface roughness tester*. Setelah itu, hasil pengukuran akan

dicatat secara akurat dan teratur sesuai dengan fakta di lapangan. Dan berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian kekasaran permukaan:

1. Menyiapkan spesimen uji yang ingin diuji dan alat ukur *surface roughness tester Mitutoyo SJ-210*.
2. Menyiapkan perlengkapan seperti: *V-Block* dan *Holder Dial*.
3. Menyalakan alat ukur kekasaran permukaan untuk melakukan pengujian pada spesimen uji.
4. Melakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap alat ukur kekasaran permukaan agar hasil dari pengujian akurat dan maksimal.
5. Letakkan spesimen uji di atas *V-Block* dan pasang alat uji pada *holder dial*, serta atur ketinggian dial agar sesuai dengan spesimen uji.
6. Jalankan alat uji dengan menekan tombol *START* dan lihat nilai kekasarannya pada layar alat uji. Setelah itu catat hasil kekasaran permukaannya pada kertas dengan rapi dan cepat.
7. Lakukan ulang percobaan sebanyak lima belas sampel dan ukur setiap benda kerja di tiga titik yang berbeda.



Gambar 3. 12 Pengambilan Data Kekasaran

3.5.2.2. Pengambilan Data Kebulatan

Pengambilan data kebulatan pada permukaan spesimen uji dilakukan menggunakan alat *V-Block* dan alat ukur *dial indicator* 1/1000 atau 1 μm dengan jarak masing-masing 30 derajat sebanyak 12 titik. Satu sampel spesimen uji memiliki 2 titik panjang pengujian dengan jarak 15 mm masing-masing titik. Pengujiannya dimulai pada titik panjang 1 setiap 30 derajat sekali data diambil, kemudian dilanjutkan 30 derajat berikutnya sampai full 12 titik pengujian dan ketika titik panjang 1 telah selesai maka dilanjutkan pada titik panjang 2 sama seperti pada titik panjang sebelumnya. Setelah selesai diambil data dari kebulatannya, setiap spesimen uji akan diambil rata-ratanya dengan menggunakan tabel. Selanjutnya data diolah menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mengetahui variabel yang berpengaruh dan disimpulkan untuk mendapatkan hasil yang baik berdasarkan variabel yang telah digunakan. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan pada pengujian kebulatan sebagai berikut:

1. Pengujian kebulatan dilakukan pada meja perata.
2. Menyiapkan alat-alat seperti spidol, lem, penggaris dan kertas bergambar yang akan digunakan untuk membuat posisi sudut dan titik pada setiap spesimen uji yang ingin diuji.
3. Sebelum memulai penelitian, lakukan pemeriksaan terhadap alat ukur kebulatan yaitu *Dial Indicator* agar menghindari kesalahan dalam pengujian.
4. Letakkan spesimen uji pada *V-Block*.
5. Lakukan kalibrasi pada ujung sensor alat ukur *Dial Indicator* pada permukaan spesimen uji.
6. Lakukan pengujian kebulatan pada spesimen uji yang ingin diuji pada 2 titik panjang dengan jarak 15 mm, selanjutnya lakukan pengukuran kebulatan dengan memutar spesimen uji pada titik panjang 1 masing-masing 30 derajat sebanyak 12 titik.
7. Catat setiap hasil pengujian kebulatan di kertas dengan rapi.

8. Lakukan ulang percobaan sebanyak 15 sampel dan ukur setiap spesimen uji sesuai dengan titik yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 13 Pengambilan Data Kebulatan

3.6. Pengolahan Data Penelitian

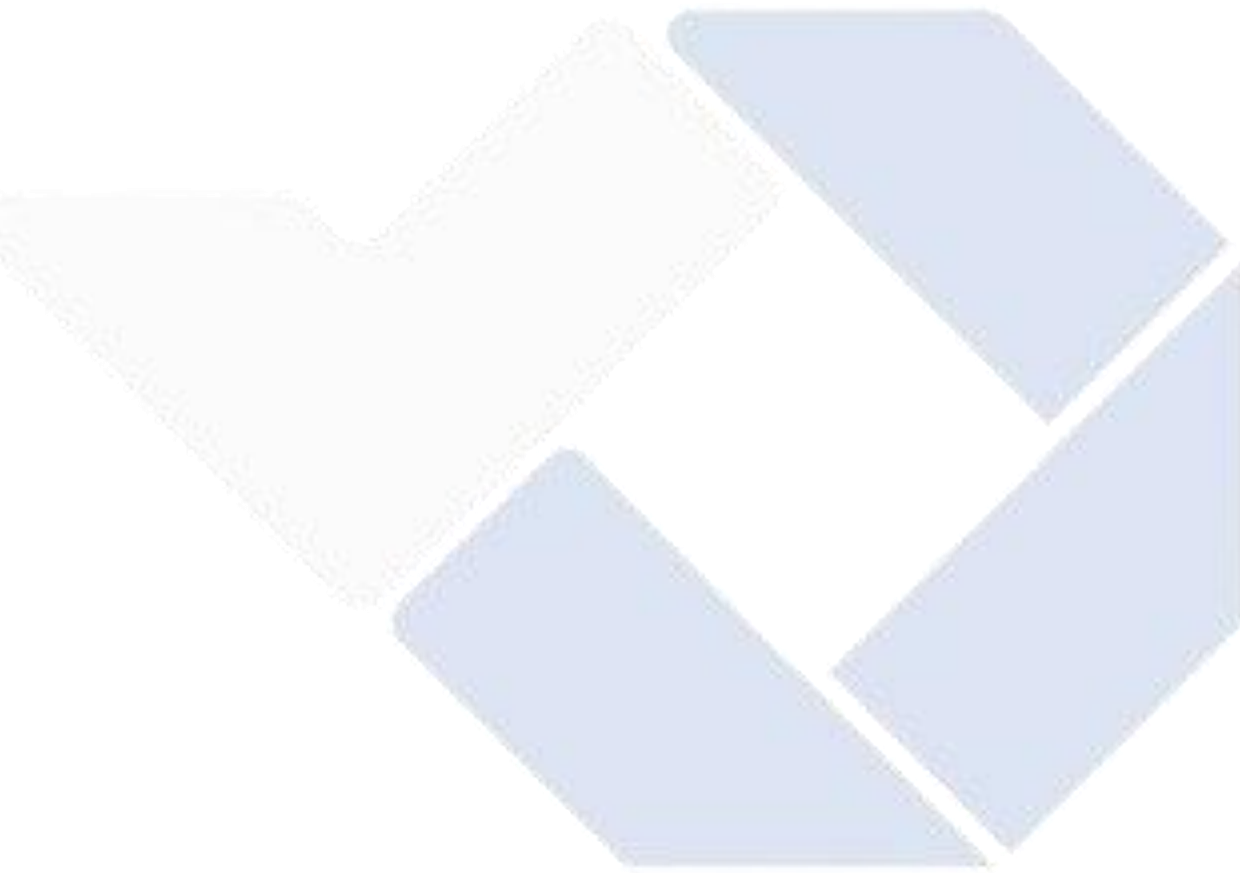
Penelitian ini menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) sebagai metode pengolahan data. *Response Surface Methodology* (RSM) digunakan untuk memodelkan dan menganalisa hubungan variabel proses (*input*) dan variabel proses (*output*). Tujuan utama menggunakan metode ini adalah untuk mengetahui kombinasi optimal variabel proses sehingga menghasilkan respon berkualitas baik. Jenis desain percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Box Behnken Design* yang dapat digunakan pada proses optimasi dalam suatu penelitian yang memiliki tiga variabel dan dapat memprediksi nilai optimum yang terbaik.

3.7. Analisa Data Hasil Penelitian

Pada tahap ini peneliti akan menganalisis data yang telah selesai diambil pada proses sebelumnya menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Signifikansi interaksi dan istilah kuadrat parameter diprediksi dengan jelas dalam RSM. Dalam teknik ini proses dapat dimodelkan dalam hal parameter significant, interaksinya, dan istilah kuadrat. Oleh karena itu, *Response Surface Methodology* (RSM) dapat memprediksi pengaruh dari variabel proses atau parameter terhadap respon dan merupakan metode yang lebih baik untuk melakukan optimasi dibandingkan dengan metode Taguchi [49].

3.8. Kesimpulan

Dari kesimpulan kita dapat mengetahui nilai parameter pemesinan yang optimal pada pengerjaan benda untuk mendapatkan kekasaran permukaan dan kebulatan terbaik.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan proses penelitian yang telah selesai dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai optimum terhadap variabel proses untuk kekasaran permukaan adalah *cutting speed* 264.56225 m/min, *feeding* sebesar 0.25420735 mm/rev, dan *depth of cut* sebesar 0.1 mm. Dari hasil data analisis varian yang telah dilakukan pada variabel *cutting speed* dan *depth of cut* menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Untuk nilai optimum terhadap variabel proses pada kebulatan sebesar 105.48029 m/min untuk *cutting speed*, 0.2788159 mm/rev untuk *feeding*, dan 0.336718 mm untuk *depth of cut*. Berdasarkan hasil data dari analisis varian terhadap variabel *cutting speed*, *feeding*, dan *depth of cut* menunjukkan bahwa ketiga variabel ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kebulatan.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan dan kebulatan dari hasil penelitian ini dengan memvariasikannya lagi.
2. Menambah variabel faktor serta jumlah percobaan sehingga hasil semakin maksimal dan akurat.
3. Sebelum melakukan penelitian pastikan semua alat telah tersedia agar tidak mengganggu waktu pengerjaan.
4. Menggunakan metode eksperimen selain *Box-Behnken Design* (BBD) seperti: Metode *Taguchi*, Desain Faktorial, serta metode-metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kabul Santoso dan Suhardiman, “Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Karbon Rendah Pada Proses Pembubutan”, Prosiding Seminar Nasional Industri Dan Teknologi, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2019, pp. 160-170.
- [2] Dian Untoro, Andriyanto, Erwin, Sunarso, Mesin CNC dan Kegunaan Mesin CNC dalam Dunia Industri, Solo : Solo Abadi, 2020.
- [3] Ery Yulius Elvys dan Duddy Arysandi, “Retrofit Mesin Milling Manual Z7632 Ke Sistem CNC Milling”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer FTKOM UNCP, FTKOM UNCP, Palopo, 2017, pp. 236-246.
- [4] Taufiq Rochim, Spesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik 1, Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2001.
- [5] Bukhari Kasim, Azwar Yunus, Ilyas Yusuf, Mawardi, Darmein, “Optimization of CNC Machining Parameters to Improve Surface Roughness Quality of The AL6061 Material Using The Taguchi Method”, *Jurnal Polimesin*, vol. 21, no. 4, pp. 408-413, 2023.
- [6] Saifuddin, Sumardi, Abdul Faturrahman, “Analysis of the effect of variations in cutting speed and feed depth in the ST42 steel turning process on surface roughness”, *Journal of Mechanical Engineering and Fabrication*, vol. 1, no. 2, pp. 25-28, 2024.
- [7] Sulthan Adib, “Pengaruh Spindle Speed dan Feed Rate Terhadap Bottom Surface Roughness Pada Proses Milling CNC 4-Axis”, Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, 2015.

- [8] Muhammad Yanis, "Analisis Profil Kebulatan untuk Menentukan Kesalahan Geometrik pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut CNC", *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, vol. 29, no. 1, pp. 50-58, 2010.
- [9] Shodikin, Adhy Prayitno, Dodi Sofyan Arief, "Studi Kecermatan Alat Ukur Roundness Tester Machine Produksi Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau Dengan Metode Helix", *JOM FTEKNIK*, vol. 2, no. 2, pp. 1-6, 2015.
- [10] Penghai Zhang, Yaolong Chen, Xiaoting Liu, "Relationship between roundness errors of shaft and radial error motions of hydrostatic journal bearings under quasi-static condition", *Precision Engineering*, vol. 51, pp. 564-576, 2018.
- [11] Arun P. Raj, Ankush Bhatti, P. B. Dhanish, "Combined effect of cylindricity, roundness and roughness on axial load-carrying ability of interference fits", *Part J: Journal of Engineering Tribology*, vol. 234, no. 11, pp. 1697-1711, 2020.
- [12] Guoqing Zhang, Jianming Zheng, Hechun Yu, Renfeng Zhao, Weichao Shi, Jin Wang, "Rotation Accuracy Analysis of Aerostatic Spindle Considering Shaft's Roundness and Cylindricity", *Applied Sciences*, vol. 11, no. 17, p. 7912, 2021.
- [13] Sudjarmiko dan Rudy Soenoko, "Surface Roughness and Roundness Optimization on Turning Process of Aluminium Alloy with Taguchi Method", *Journal of Mechanical Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 87-96, 2017.
- [14] Joko Setia Pribadi, Yulianto, Bayu Aji Girawan, "Optimasi Parameter Pemesinan Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Kebulatan Pada Pembubutan Internal Material S45C", *Jurnal Infotekmesin*, vol. 11, no. 1, pp. 31-36. 2020.

- [15] Chun Juan Tu dan Xiao Gu, "Research on the Predicted Model of the Surface Roughness in Dry Turning Hardened Steel", *Advanced Material Research*, vol. 337, pp. 363-367, 2011.
- [16] Gaurav Bartarya dan S. K. Choudhury, "A Regression Model for Force and Surface Roughness Estimation during Hard Turning", *Advanced Material Research*, vol. 299-300, pp. 1167-1170, 2011.
- [17] Nafis Ahmad, Tomohisa Tanaka, Yoshio Saito, "Optimization of Multipass Turning Parameters by Genetic Algorithm", *Advanced Material Research*, vol. 264-265, pp. 1545-1550, 2011.
- [18] Indra Lesmono dan Yunus, "Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Baja ST. 42 Pada Proses Bubut Konvensional", *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1, no. 3, pp. 48-55, 2013.
- [19] Adi Shaifudin, Hermin Istiasih, Am Mufarrih, "Optimalisasi Difusi Karbon Dengan Metode Pack Carburizing Pada Baja ST 42", *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 1, pp. 27-34, 2018.
- [20] Refa Anugrah Mahendra, M.R.A. Anggara, K.E. Kapel, A.M. Mifthahudin, K.I. Pratama, F. Rahmadiano, "Analisa Efektifitas Uji Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Dengan Variabel Mekanik Mesin Dengan Metode Taguchi", *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 5-8, 2021.
- [21] Khoirul Arifin, Dicki Nizar Zulfika, Achmad Rijanto, "Pengaruh Kedalaman Pemakanan Dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Bubut", *Majamecha*, vol. 4, no. 2, pp. 96-102, 2022.
- [23] Hermansyah Rhomadan, Robert Napitupulu, Husman, "Analisis Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC Turning Material Baja ST 42 Menggunakan Metode Taguchi", Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, Politeknik Negeri Bangka Belitung, Sungailiat, 2021, pp. 203-209.

- [24] Agus Febriyansa, Zaldy Kurniawan, Eko Yudo, “Analisis Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD11 Dengan Metode RSM”, *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 2, no.1, pp. 208-214, 2024.
- [25] Davina Oktavia, “Analisis Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Kebulatan Benda Kerja Pada Mesin CNC Turning SI-25 Mori Seiki Dengan Metode Taguchi”, Laporan Akhir Proyek Akhir, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat, 2024.
- [26] Adam Malik, Fadel Fawwazi, Alan Deri Putra, “Effect of the Cutting Parameters and the Cutting Edge Angle of Turning Process on Product Geometry of Composite”, Prosiding SNTTM XVIII, Universitas Andalas, Padang, 2019, pp. 9-10.
- [27] Anggi Saputra, “Variasi Parameter Proses Terhadap Mrr Dan Pengujian Kebulatan Benda Kerja Dengan Mesin CNC Bubut Pada Proses Finishing Baja SKD-11 Menggunakan RSM”, Laporan Akhir Proyek Akhir, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat, 2024.
- [28] Muhammad Nur Anwarul Masalik dan Dony Susandi, “Proses Pembuatan Bhusing Inner Free Cutting Dengan Menggunakan Mesin Bubut CNC DMC dan Mesin Bubut Milling”, Prosiding SENIATI, Universitas Majalengka, Majalengka, 2022, pp. 391-398.
- [29] Widarto, Teknik Pemesinan Jilid 2, Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [30] Yudi Oktriadi, Husman, Eko Yudo, Nanda Pranandita, Achmad Afriadi, Martadi, CTS 1 CNC Training System, Sungailiat : Polman Babel Press, 2020.
- [31] Bagus Purnomo, “Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 yang Dibubut Menggunakan Pahat Putar dan Udara Dingin”, Skripsi, Universitas Negeri Lampung, Bandar Lampung, 2017.

- [32] Milton Clayton Shaw, Metal Cutting Principles, Oxford : Oxford University Press, 2004.
- [33] John Barry DuVall dan David R. Hillis, Manufacturing Processes: Materials, Productivity, and Lean Strategies, New York : McGraw-Hill, 2011.
- [34] Serope Kalpakjian dan Steven Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, London : Pearson, 2020.
- [35] Mitsubishi Materials Corporation, Turning Tools [Online], New General Catalogue C009-2022/2023, diakses pada 22 April 2025, Available : <http://www.mhg-mediastore.net/>.
- [36] Shankar Sastry, Nonlinear Systems: Analysis, Stability, and Control, New Jersey : Springer, 2005.
- [37] Taufiq Rochim, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, Bandung : Institut Teknologi Bandung, 1993.
- [38] Bambang Setyono, Gatot Setyono, Sigit Pratama, “Pengaruh Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST60, Aluminium, Dan Polyethylene Pada Mesin CNC Turning Fanuc Oi Mate TC VT15L Type PU 2A”, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, 2020, pp. 247-254.
- [39] Herman Saputro, “Model Matematik Untuk Memprediksi Kekasaran Permukaan Hasil Proses CNC Bubut Tanpa Pendinginan”, *Traksi*, vol. 10, no. 1, pp. 18-31, 2010.
- [40] Dodi Sofyan Arief, Eko Jadmiko, Adhy Prayitno, Muftil Badri, M. Dalil, “Making Roundness Measurement Applications and Control Systems on the Roundness Tester Machine”, *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace*, vol. 63, no. 3, pp. 17-21, 2019.

- [41] Taufiq Rochim, Spesifikasi, Metrologi, Dan Kontrol Kualitas Geometrik 2, Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [42] Pranowo Sidi dan Muhammad Thoriq Wahyudi, “Aplikasi Metoda Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 101-108, 2013.
- [43] Eko Yudo dan Ariyanto, “Kinerja Mesin Bubut Geminis Ditinjau Dari Kebulatan Benda Kerja”, *Jurnal Integrasi*, vol. 11, no. 1, pp. 9-13, 2019.
- [44] Douglas Charles Montgomery, Design and Analysis of Experiments Ninth Edition, Arizona : Wiley, 2017.
- [45] N. Szpisják-Gulyás, Aws N. Al-Tayawi, Zs. H. Horváth, Zs. László, Sz. Kertész, C. Hodúr, “Methods for experimental design, central composite design and the Box–Behnken design, to optimise operational parameters: A review”, *Acta Alimentaria*, vol. 52, no. 4, pp. 521-537, 2023.
- [46] Christine M. Anderson-Cook, Connie M. Borrer, Douglas C. Montgomery, “Response surface design evaluation and comparison”, *Journal of statistical planning and inference*, vol. 139, no. 2, pp. 629-641, 2009.
- [47] Javad Zolgharnein, Ali Shahmoradi, Jahan B. Ghasemi, “Comparative study of Box–Behnken, central composite, and Doehlert matrix for multivariate optimization of Pb (II) adsorption onto Robinia tree leaves”, *Journal of Chemometrics*, vol. 27, no. 1-2, pp. 12-20, 2013.
- [48] G.E.P. Box dan D.W. Behnken, “Some new three level designs for the study of quantitative variables”, *Technometrics*, vol. 2, no. 4, pp. 455-475, 1960.
- [49] Aman Aggarwal, Hari Singh, Pradeep Kumar, Manmohan Singh, “Optimizing power consumption for CNC turned parts using response surface methodology and Taguchi's technique—A comparative analysis”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 200, no. 1-3, pp. 373-384, 2008.

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Daftar Pribadi

Nama Lengkap : Prabowo Agung Pribadi

Tempat, Tanggal Lahir : Bekasi, 28 Juni 2004

Alamat : Jl. Batin Tikal, Gang Keluarga, Sri Pemandang,
Kelurahan Sri Menanti, Kecamatan Sungailiat,
Kabupaten Bangka.

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam

Telp : -

HP : 0895357018600

Email : prabowoagungpribadi@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SD Muhammadiyah Sungailiat	2010 – 2016
SMP Negeri 1 Sungailiat	2016 – 2019
SMA Negeri 1 Sungailiat	2019 – 2022

Sungailiat, 3 Juli 2025

Prabowo Agung Pribadi

Lampiran 2 Analisis Kekasaran Permukaan Menggunakan *Software Minitab*

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	9	4.98484	93.70%	4.98484	0.55387	8.27
Linear	3	3.69463	69.45%	3.69463	1.23154	18.38
Cutting Speed	1	0.69149	13.00%	0.69149	0.69149	10.32
Feeding	1	0.13992	2.63%	0.13992	0.13992	2.09
Depth of Cut	1	2.86322	53.82%	2.86322	2.86322	42.73
Square	3	0.40895	7.69%	0.40895	0.13632	2.03
Cutting Speed*Cutting Speed	1	0.03038	0.57%	0.05376	0.05376	0.80
Feeding*Feeding	1	0.03584	0.67%	0.05466	0.05466	0.82
Depth of Cut*Depth of Cut	1	0.34273	6.44%	0.34273	0.34273	5.11
2-Way Interaction	3	0.88125	16.57%	0.88125	0.29375	4.38
Cutting Speed*Feeding	1	0.02624	0.49%	0.02624	0.02624	0.39
Cutting Speed*Depth of Cut	1	0.77264	14.52%	0.77264	0.77264	11.53
Feeding*Depth of Cut	1	0.08237	1.55%	0.08237	0.08237	1.23
Error	5	0.33502	6.30%	0.33502	0.06700	
Lack-of-Fit	3	0.29719	5.59%	0.29719	0.09906	5.24
Pure Error	2	0.03783	0.71%	0.03783	0.01892	
Total	14	5.31986	100.00%			

Source	P-Value
Model	0.016
Linear	0.004
Cutting Speed	0.024
Feeding	0.208
Depth of Cut	0.001
Square	0.228
Cutting Speed*Cutting Speed	0.411
Feeding*Feeding	0.408
Depth of Cut*Depth of Cut	0.073
2-Way Interaction	0.073
Cutting Speed*Feeding	0.559
Cutting Speed*Depth of Cut	0.019
Feeding*Depth of Cut	0.318
Error	
Lack-of-Fit	0.165
Pure Error	
Total	

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0.258853	93.70%	82.37%	4.84015	9.02%	95.54	15.33

Regression Equation in Uncoded Units

$$\begin{aligned}
 \text{Roughness} = & 3.243 - 0.2940 \text{ Cutting Speed} - 0.1323 \text{ Feeding} + 0.5983 \text{ Depth of Cut} \\
 & - 0.121 \text{ Cutting Speed*Cutting Speed} - 0.122 \text{ Feeding*Feeding} \\
 & - 0.305 \text{ Depth of Cut*Depth of Cut} + 0.081 \text{ Cutting Speed*Feeding} \\
 & - 0.440 \text{ Cutting Speed*Depth of Cut} + 0.144 \text{ Feeding*Depth of Cut}
 \end{aligned}$$

Lampiran 3 Analisis Kebulatan Menggunakan *Software Minitab*

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value
Model	9	611.817	95.94%	611.817	67.980	13.12
Linear	3	304.625	47.77%	304.625	101.542	19.59
Cutting Speed	1	112.500	17.64%	112.500	112.500	21.70
Feeding	1	72.000	11.29%	72.000	72.000	13.89
Depth of Cut	1	120.125	18.84%	120.125	120.125	23.18
Square	3	108.504	17.01%	108.504	36.168	6.98
Cutting Speed*Cutting Speed	1	30.858	4.84%	41.540	41.540	8.01
Feeding*Feeding	1	42.067	6.60%	47.963	47.963	9.25
Depth of Cut*Depth of Cut	1	35.579	5.58%	35.579	35.579	6.86
2-Way Interaction	3	198.688	31.16%	198.688	66.229	12.78
Cutting Speed*Feeding	1	150.063	23.53%	150.062	150.062	28.95
Cutting Speed*Depth of Cut	1	45.562	7.14%	45.562	45.562	8.79
Feeding*Depth of Cut	1	3.063	0.48%	3.063	3.063	0.59
Error	5	25.917	4.06%	25.917	5.183	
Lack-of-Fit	3	20.750	3.25%	20.750	6.917	2.68
Pure Error	2	5.167	0.81%	5.167	2.583	
Total	14	637.733	100.00%			

Source	P-Value
Model	0.006
Linear	0.003
Cutting Speed	0.006
Feeding	0.014
Depth of Cut	0.005
Square	0.031
Cutting Speed*Cutting Speed	0.037
Feeding*Feeding	0.029
Depth of Cut*Depth of Cut	0.047
2-Way Interaction	0.009
Cutting Speed*Feeding	0.003
Cutting Speed*Depth of Cut	0.031
Feeding*Depth of Cut	0.477
Error	
Lack-of-Fit	0.284
Pure Error	
Total	

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
2.27669	95.94%	88.62%	343.625	46.12%	160.77	80.56

Regression Equation in Uncoded Units

$$\begin{aligned}
 \text{Roundness} = & 15.17 + 3.750 \text{ Cutting Speed} - 3.000 \text{ Feeding} + 3.875 \text{ Depth of Cut} \\
 & + 3.35 \text{ Cutting Speed*Cutting Speed} + 3.60 \text{ Feeding*Feeding} \\
 & + 3.10 \text{ Depth of Cut*Depth of Cut} - 6.13 \text{ Cutting Speed*Feeding} \\
 & + 3.38 \text{ Cutting Speed*Depth of Cut} + 0.88 \text{ Feeding*Depth of Cut}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4 Sertifikat Material ST 42

PT. CITRA TANAMAS
Jl. Raya Serang Km. 8 Tangerang 15810
Telp. (021) 59301888, 59302365 Fax. (021) 59302586

ISO CERTIFIED
9001 : 2008

No. CT/QA/QC-19-VII-049/049 DATE : 27-Jul-19

MILL CERTIFICATE

ISSUED TO : DELIVERY DATE : Mar-Jun 19

TRANSPORT BY : Truck

DESCRIPTION OF GOODS : Cold Finished Carbon Steel Round Bar, ref to JIS G-3123
GRADE : SGD 400 D

NO.	NO. HEAT	GRADE	QTY Pcs.	SIZE Dia. x Length	CHEMICAL COMPOSITION / ANALYSIS					MECHANICAL PROPERTIES			
					C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	UTS N/mm ²	YIELD N/mm ²	ELONGATION %	HARDNESS HB
					0.18-0.23	0.30-0.60	NA	0.030 Max	0.035 Max	450 - 760	NA	NA	NA
1	8212111	SGD400D	300	1 1/8" x 6000 mm	0.14	0.37	0.22	0.015	0.005	481.3	471.9	22	
2	712005	SGD400D	400	30 mm x 6000 mm	0.14	0.50	0.19	0.028	0.006	458.6	455.4	19	
3	80278772	SGD400D	700	1 1/4" x 6000 mm	0.15	0.54	0.25	0.015	0.007	487.7	482.3	22	
4	232554	SGD400D	100	1 3/8" x 6000 mm	0.15	0.44	0.28	0.010	0.005	471.9	453.3	23	
5	8872922	SGD400D	550	2" x 6000 mm	0.16	0.45	0.27	0.008	0.006	490.2	405.6	32	

PT. CITRA TANAMAS
QA/QC

Manufacturing of Hot Rolled Carbon Steel Round Bar, Square Bar, Flat Bar, Deformed Bar & Cold Drawn Steel Round Bar, Hexagonal Bar

Lampiran 5 Pengambilan Data Kekasaran

Spesimen Uji 1

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 2

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 3

Titik 1



Titik 2



Titik 3

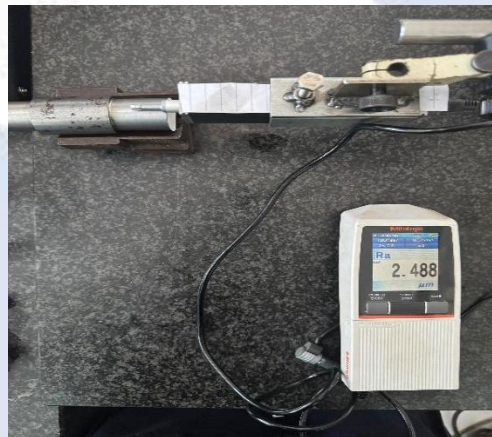


Spesimen Uji 4

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 5

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 6

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 7

Titik 1



Titik 2

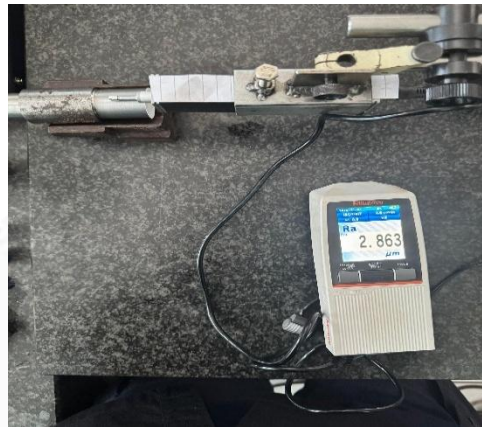


Titik 3



Spesimen Uji 8

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 9

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 10

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 11

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 12

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 13

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 14

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Spesimen Uji 15

Titik 1



Titik 2



Titik 3



Lampiran 6 Pengambilan Data Kebulatan



Spesimen Uji 1



Spesimen Uji 2



Spesimen Uji 3



Spesimen Uji 4



Spesimen Uji 5



Spesimen Uji 6



Spesimen Uji 7



Spesimen Uji 8



Spesimen Uji 9



Spesimen Uji 10



Spesimen Uji 11



Spesimen Uji 12



Spesimen Uji 13



Spesimen Uji 14



Spesimen Uji 15

Lampiran 7 Program CNC







Lampiran 8 Proses Pemesinan CNC



Lampiran 9 Poster



PEMBIMBING 1
YUDI OKTRIADI S.T.R., M.ENG.

PRABOWO AGUNG PRIBADI

PEMBIMBING 2
HUSMAN. S.S.T., M.T.

PROYEK AKHIR TAHUN 2025

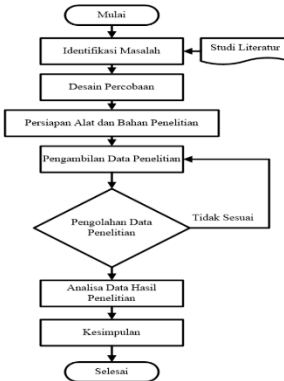
Optimasi Parameter Pemessinan CNC Turning Terhadap Kekasaran Permukaan dan Kebulatan Pada Benda Kerja Material ST 42 Menggunakan Metode Response Surface Methodology (RSM)

LATAR BELAKANG

Kekasaran permukaan dan kebulatan merupakan indikator penting dalam kualitas geometrik dan fungsional, khususnya pada komponen berputar seperti poros. Untuk mendapatkan hasil yang berkualitas dibutuhkan penggunaan parameter pemessinan yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter CNC Turning terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan benda kerja ST 42 dengan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM). Parameter yang diteliti meliputi cutting speed, feeding, dan depth of cut.



DIAGRAM ALIR / METODOLOGI PENELITIAN

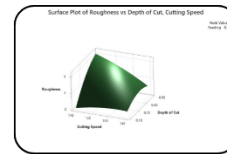
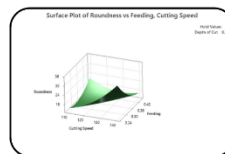
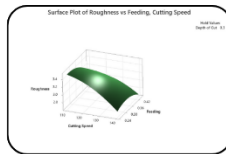
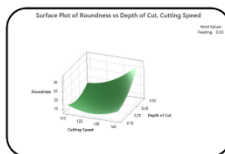


Nomor Sampel	Nomor Sampel	Nomor Sampel
1	3.607	13.9
2	2.89	34
3	7.86	37.5
4	2.922	18.5
5	2.081	18.5
6	2.304	18.5
7	4.211	38
8	2.676	38.5
9	2.314	22.5
10	2.118	17
11	3.189	30
12	3.587	35
13	3.402	17
14	3.17	34
15	2.158	24.5

HASIL PENELITIAN KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEBULATAN

Variabel	Level	
	High	Low
Cutting Speed (m/min)	140 mm	120 mm
Feeding (mm/rev)	0.45 mm/rev	0.25 mm/rev
Depth of Cut (mm)	0.5 mm	0.1 mm

TABEL VARIASI PARAMETER



KESIMPULAN

Hasil Anova dari penelitian ini menunjukkan bahwa variabel cutting speed dan depth of cut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan, sedangkan dari hasil anova terhadap kebulatan menunjukkan bahwa ketiga variabel faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kebulatan. Dari hasil analisis didapatkan nilai optimal terhadap kekasaran permukaan yaitu cutting speed 264.56225 m/min, feeding sebesar 0.25420735 mm/rev, dan depth of cut sebesar 0.1 mm dengan prediksi nilai kekasaran 0.157754 Ra. Untuk kebulatan nilai optimal dari pengujian adalah 105.48029 m/min untuk cutting speed, 0.2788159 mm/rev untuk feeding, dan 0.336718 mm untuk depth of cut dengan prediksi nilai respon sebesar 14.1501735 μ m.

Lampiran 10 Hasil Pengecekan Plagiasi Dengan *Turnitin*



Page 1 of 146 - Cover Page

Submission ID trnoid::1:3288773023

Prabowo Agung

OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN CNC TURNING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEBULATAN PADA...

Proyek Akhir 2025 D4

PA D4 2025

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Document Details

Submission ID

trnoid::1:3288773023

Submission Date

Jul 2, 2025, 7:37 AM GMT+7

Download Date

Jul 2, 2025, 8:12 AM GMT+7

File Name

OPTIMASI_PARAMETER_PEMESINAN_CNC_TURNING_TERHADAP_KEKASARAN_PERMUKAAN_DAN....docx

File Size

15.4 MB

143 Pages

17,058 Words

103,458 Characters



Page 1 of 146 - Cover Page

Submission ID trnoid::1:3288773023

19% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 19%  Internet sources
- 0%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

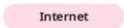
A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

19%  Internet sources
0%  Publications
0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1  Internet
repository.polman-babel.ac.id 19%

Lampiran 11 Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3-4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....			
JUDUL		Optimasi Parameter Pemrosesan CNC Turning Terhadap Kekasaran Permukaan dan Ketepatan Pola Benda Kerja Material ST 42 Menggunakan Metode RFM	
Nama Mahasiswa		Prabowo Agung Pribadi NIM: 1042223	
Nama Pembimbing		1. Yudi Oktardi, S.Tc., M.Eng 2. Husman, S.S.T., M.T 3.	
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	10/02/2025	Bab I	
2	14/02/2025	Lanjutan Bab I sampai Bab III	
3	27/02/2025	Program CNC	
4	10/03/2025	Parameter Penditikan	
5	16/04/2025	Cek parameter Penditikan serta Bab I-III	
6	17/04/2025	Pembahasan Monitoring I	
7	17/04/2025	Pembahasan Monitoring I	
8	21/04/2025	Program CNC	
9	21/04/2025	Program CNC	
10	25/05/2025	Pembahasan mengenai uji keuletan	

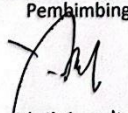
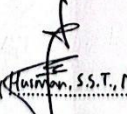
Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Komisi Proyek Akhir

Lampiran 12 Form Monitoring Proyek Akhir

 FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2025			
JUDUL		Optimasi Parameter Pemrosesan CNC Turning Terhadap Kekasaran permukaan dan Ketepatan Pada Benda Kerja Material ST 42 Menggunakan Metode Response Surface Methodology (RSM)	
Nama Mahasiswa		1. Prabowo Agung Pribadi /NIM: 1042223 2. /NIM: 3. /NIM: 4. /NIM: 5. /NIM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	17/04/2025	Bab 1-3	
2	23/05/2025	Bab 1-3	
1	17/04/2025	Bab 1-3	
2	28/05/2025	Bab 1-3	
1	27/7/2025	BAB 1-5	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ☒ SIAP ☐ BELUM (coret yang tidak terpenuhi)

Mengetahui		
Pembimbing 1	Pembimbing 2	Pembimbing 3
 Yudi Ottiadi, S.T., M.Eng	 Hainan, S.S.T., M.T.	(.....)

Silahkan diatur kolom baru jika jumlah pembimbing lebih dari yang tersedia.