

**PENGARUH KECEPATAN SPINDLE, KECEPATAN
PEMAKANAN, DAN KEDALAMAN PEMAKANAN PADA
MESIN BUBUT CNC TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN MATERIAL *STAINLESS STEEL (SS 304)***

PROYEK AKHIR

Laporan Akhir Ini Dibuat dan Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Sarjana Terapan Teknik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Disusun Oleh



Toto Aiwa

NPM : 1042257

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025/2026**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KECEPATAN SPINDLE,KECEPATAN PEMAKANAN, DAN KEDALAMAN PEMAKANAN PADA MESIN BUBUT CNC TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL *STAINLESS STEEL (SS 304)*

Diusulkan oleh
TOTO AIWA NPM 1042257

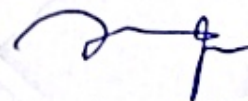
Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu
syarat kelulusan Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur
Negeri Bangka Belitung Menyetujui,

Pembimbing 1



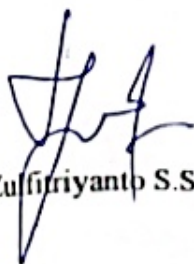
Husman, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



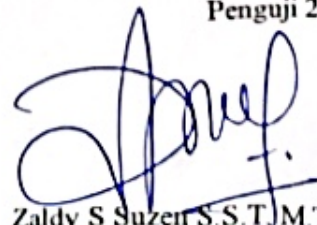
Zaldy kurniawan, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Zulfiriyanto S.S.T., M.T.

Penguji 2



Zaldy S Suzen, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : TOTO AIWA

NPM : 1042257

Dengan Judul : PENGARUH KECEPATAN SPINDLE,KECEPATAN PEMAKANAN, DAN KEDALAMAN PEMAKANAN PADA MESIN BUBUT CNC TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL STAINLESS STEEL (SS 304)

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar benarnya, dan bila terjadi kemudian hari ternyata melanggar pernyataan saya siap menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat,.....2025

Nama Mahasiswa

1. TOTO AIWA

Abstrak

Kekasaran permukaan merupakan salah satu indikator penting dalam menilai hasil pemesinan khususnya pada material stainless steel (SS 304). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter pemesinan, yaitu kecepatan spindle, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan material stainless steel (SS 304) pada proses pembubutan menggunakan mesin CNC MORI SEIKI SL-25. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) dan desain eksperimen Box-Behnken Design (BBD) untuk memperoleh kombinasi parameter terbaik. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat surface roughness tester Mitutoyo SJ-210 pada tiga titik pengukuran untuk setiap sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan, sedangkan kecepatan spindle tidak memberikan pengaruh yang dominan. Nilai kekasaran permukaan terbaik diperoleh pada spesimen ke-13 (tiga belas) dengan parameter kecepatan spindle 1400 rpm, kecepatan pemakanan 0,15 mm/put, dan kedalaman pemakanan 0,175 mm dengan nilai Ra sebesar 0,237 μm . Penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam proses pembubutan untuk memperoleh hasil permukaan yang optimal dan presisi tinggi.

Kata kunci: CNC, *stainless steel*, SS_304, kekasaran_permukaan, RSM, Box-Behnken_Design.

Abstract

Surface roughness is an important indicator in assessing machining results, particularly for stainless steel (SS 304). This study aims to determine the effect of machining parameters, namely spindle speed, feed rate, and depth of cut, on the surface roughness of SS 304 stainless steel during turning using a MORI SEIKI SL-25 CNC machine. The study was conducted using the Response Surface Methodology (RSM) and a Box-Behnken Design (BBD) experimental design to determine the best combination of parameters. Surface roughness measurements were performed using a Mitutoyo SJ-210 Surface Roughness Tester at three measurement points for each sample. The results indicate that feed rate and depth of cut significantly influence surface roughness, while spindle speed does not have a significant effect. The best surface roughness value was obtained on specimen 13 with a spindle speed of 1400 rpm, a feed rate of 0.15 mm/rev, and a feed depth of 0.175 mm, with a Ra value of 0.237 μm . This research can be used as a reference in the turning process to achieve optimal surface finishes and high precision.

Keywords: CNC, stainless_steel, SS_304, surface_roughness, RSM, Box-Behnken Design.

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian yang berjudul “Pengaruh Kecepatan Spindle, Kecepatan Pemakanan, dan Kedalaman Pemakanan pada Mesin Bubut CNC terhadap Kekasaran Permukaan Material Stainless Steel (SS 304)” dengan baik dan tepat waktu.

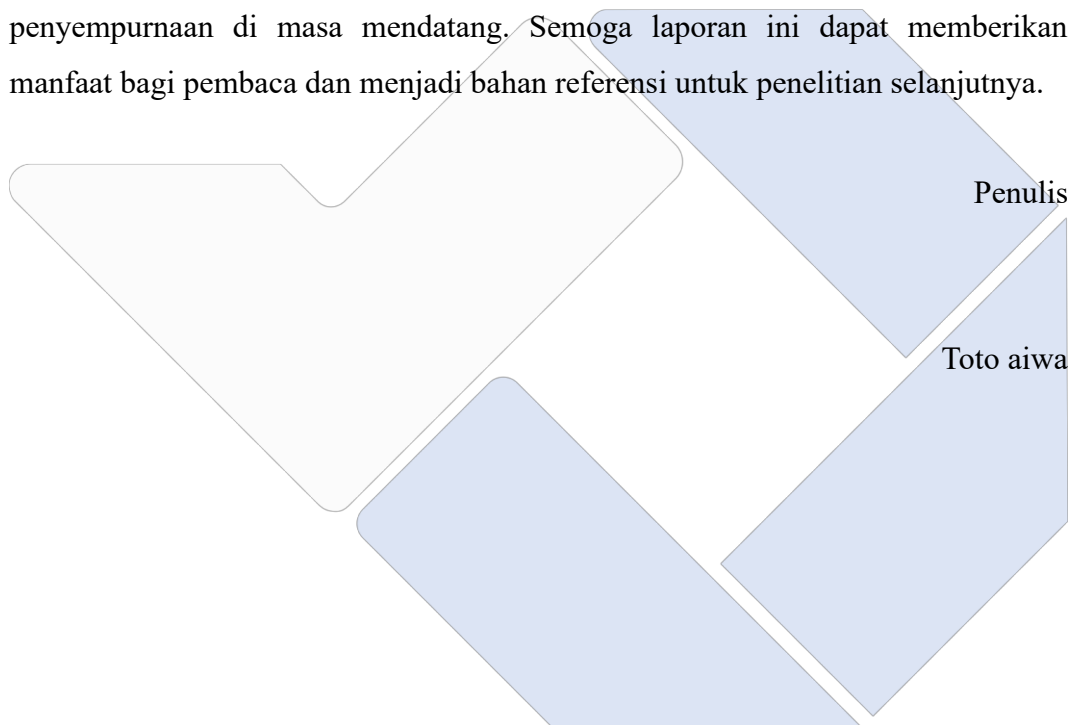
Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan tugas akhir pada jenjang pendidikan strata satu. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, penyusunan laporan ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua Bapak Ahmad ariyanto dan Ibu Eriyani Sagita serta keluarga tercinta, atas doa, semangat, serta dukungan moral dan materi yang tiada henti.
2. Bapak/Ibu Dosen Pembimbing, yang telah memberikan arahan, saran, serta motivasi dalam menyusun penelitian ini.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M Eng, PhD selaku direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Husman S.S.T, M.T selaku pembimbing 1 laporan proyek akhir ini, yang telah bersedia untuk menyediakan waktu dan tenaga dalam membimbing penulis.
5. Bapak Zaldy kurniawan S.S.T, M.T selaku pembimbing 2 laporan proyek akhir ini, yang telah bersedia untuk menyediakan waktu dan tenaga dalam membimbing penulis.
6. Teruntuk Bapak Ahmad selaku PLP cnc yang telah membantu penulis dalam Proses permesinan CNC.
7. Eca Juniarti dan Kelvin Pramana Satya selaku kakak dari penulis yang telah membantu penulis dan mendukung dalam kelangsungan proyek akhir ini.
8. Almh Ibu penulis yang telah melahirkan penulis dan Almh nenek penulis yang telah mendidik penulis hingga bisa berada pada titik ini.

9. Rekan-rekan mahasiswa terkhususnya Gusti Ahmad Gema Afriadi Fikri, Rangga Pratama, Haryoszi, dan Saddam al Ghofur yang selalu menemani penulis dalam penyusunan laporan proyek akhir ini dan teman seperjuangan, yang senantiasa memberi dukungan dan saling membantu dalam proses penyusunan laporan ini.

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

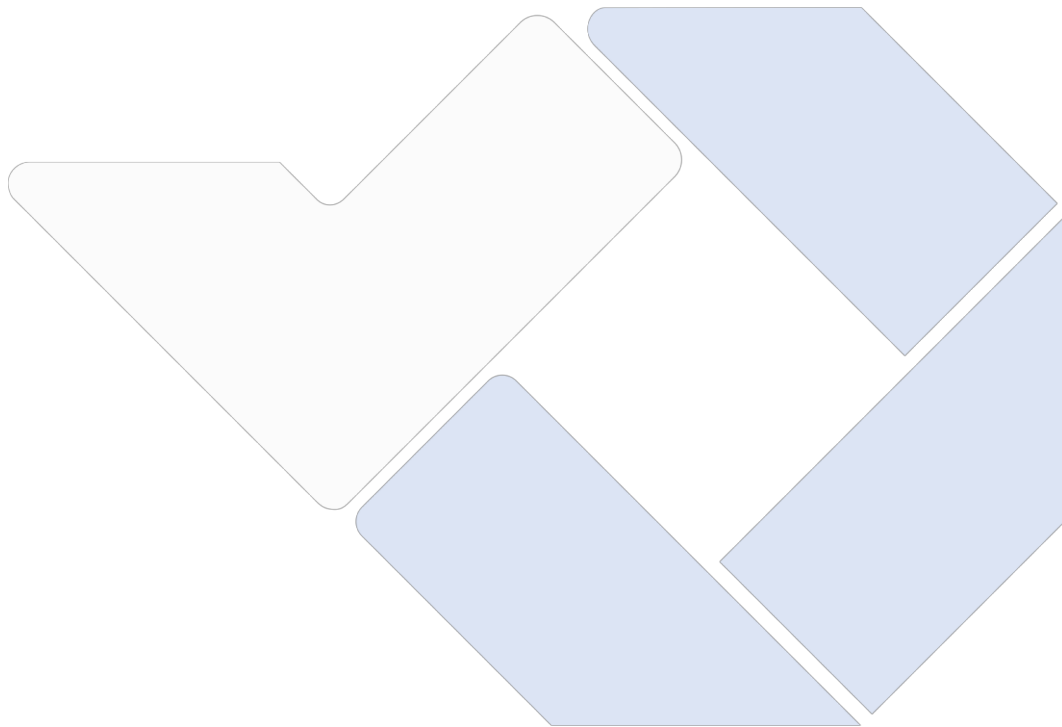


Daftar Isi

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Lampiran	xiv
BAB I	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah.....	3
1.3. Tujuan penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah Pada Penelitian Ini	3
BAB II.....	4
DASAR TEORII	4
2.1. Computer Numerical Control (CNC).....	4
2.2. Jenis Mesin CNC	4
2.3. Prinsip Kerja Mesin CNC	5
2.4. Kode Standar Mesin CNC.....	6
2.5. Parameter Pengoperasian Mesin CNC	6
2.6. <i>Stainless Steel 304</i>	7
2.7. Pahat <i>Insert Carbide</i>	7
2.8. Kekasaran Permukaan.....	7
2.9. <i>Respon Surface Methodology (RSM)</i>	9
2.10. Penelitian Terdahulu.....	9
BAB III	11
METODE PELAKSANAAN.....	11

3.1.	Tahap Penelitian	11
3.2.	Studi Literatur	12
3.2.	Tempat Dan Waktu	12
3.4.	Alat Dan Bahan	12
3.4.2.	Mata Potong	12
3.4.3.	Alat Uji Kekasaran	13
3.4.5.	Bahan Penelitian	15
3.5.	Parameter Penelitian	15
3.5.1.	Parameter Terikat (<i>Dependent Parameter</i>)	15
3.5.2.	Parameter Bebas (<i>Independent Parameter</i>)	15
3.5.3.	Noise	15
3.6.	Pengambilan Data Kekasaran Permukaan	15
3.7.	Analisis Data	16
3.7.1.	Rancangan Box – Behken	16
BAB IV		18
PEMBAHASAN		18
4.1.	Proses Pengambilan Data Hasil Percobaan	18
4.1.1.	Proses Memasukan Program Kedalam Mesin CNC	18
4.1.2.	Proses Pemesinan Benda Kerja	18
4.2.	Pengukuran Kekasaran Permukaan	20
4.2.1.	Data Hasil Kekasaran Permukaan	20
4.3.	Analisis Data	21
4.3.1.	Analisis Manual Mencari Nilai <i>Coefficients</i>	21
4.3.2.	Tabel Anova	22
4.4.	Analisis Of Varian Kekasaran Permukaan	23
4.5.	Uji Lack Of Fit Kekasaran Permukaan	24
4.6.	Uji Kenormalan Residual Kekasaran	25
4.7.	Pengujian Asumsi Residual IIDN Kekasaran Permukaan	26
4.8.	Grafik <i>Contour</i> Dan <i>Surface Plot</i>	27
4.8.1.	Grafik <i>Contour</i> Dan <i>Surface Plot</i> Vs Kecepatan <i>Spindle</i> Dan Kecepatan Pemakanan	27

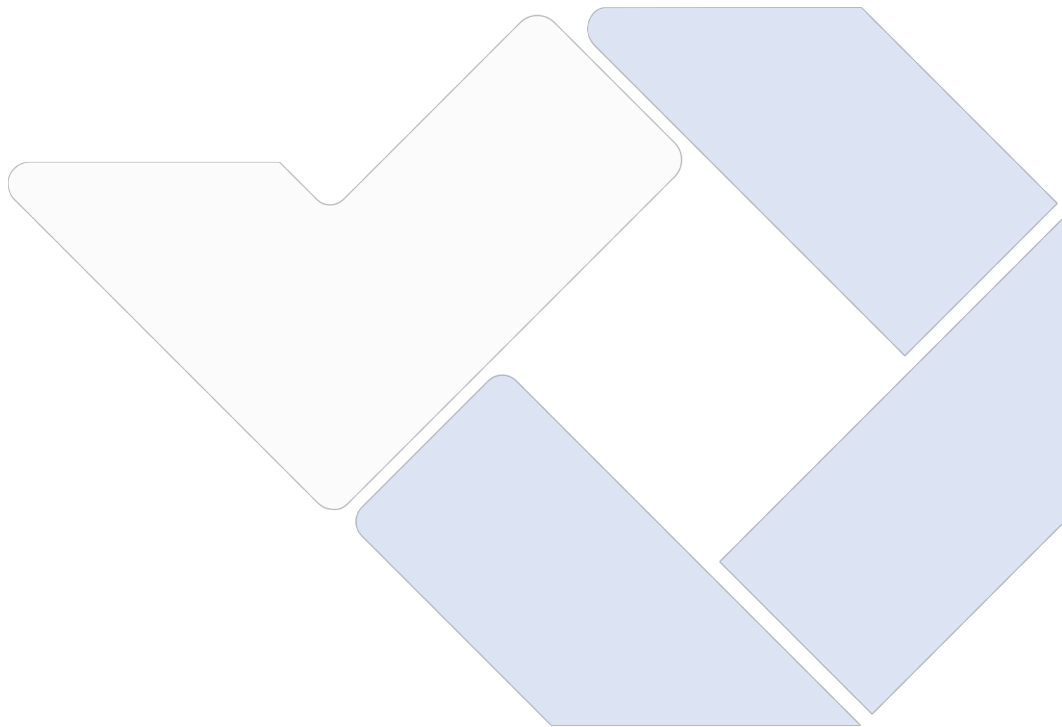
4.8.2. Grafik <i>Contour</i> Dan <i>Surface Plot</i> Kekasaran Vs Kecepatan <i>Spindle</i> Dan Kedalaman Pemakanan	29
4.8.3. Grafik <i>Contour</i> Dan <i>Surface Plot</i> Kekasaran Vs Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan	30
BAB V	32
5.1. Kesimpulan	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
Lampiran	36



Daftar Gambar

Gambar	Halaman
2. 1 Sistem <i>Absolute</i>	5
2. 2 Sistem <i>Incremental</i>	6
2. 3 Profil Kekasaran Permukaan	8
3. 1 Diagram Alir Penelitian	11
3. 2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL- 25	12
3. 3 <i>Insert Carbide Type</i> CNMG 120408-MA	13
3. 4 Spesifikasi <i>Insert Carbide Type</i> CNMG120404-MA	13
3. 5 <i>Holder</i> Pahat CNMG	13
3. 6 <i>Surface Roughness Tester</i>	14
3. 7 Jangka Sorong	14
3. 8 Titik Pengambilan Data Kekasaran	16
4. 1 Proses Memasukan Program Pada Mesin CNC Bubut	18
4. 2 Pengerjaan Benda Kerja	19
4. 3 Benda Kerja Yang Telah Diproses	19
4. 4 Pengukuran Kekasaran Permukaan	20
4. 5 Grafik <i>Plot Probability</i>	25
4. 6 Grafik <i>Versus Fits</i>	26
4. 7 Grafik <i>Versus Order</i>	27
4. 8 Grafik <i>Contour Plot</i> Kekasaran Vs Kecepatan <i>Spindle</i> , Kecepatan Pemakanan	27
4. 9 Grafik <i>Surface Plot</i> Kekasaran Vs Kecepatan <i>Spindle</i> , Kecepatan Pemakanan	28
4. 10 Grafik <i>Contour Plot</i> Kekasaran Vs Kecepatan <i>Spindle</i> Dan Kedalaman Pemakanan	29
4. 11 Grafik <i>Surface Plot</i> Kekasaran Vs Kecepatan <i>Spindle</i> Dan Kedalaman Pemakanan	29
4. 12 Grafik <i>Contour Plot</i> Kekasaran Vs Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan	30

4. 13 Grafik <i>Surface Plot</i> Kekasaran Vs Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan	30
---	----



Daftar Tabel

Tabel	Halaman
2. 1 Harga Kekasaran Permukaan	9
3. 1 Spesifikasi Alat <i>Surface Roughness Tester</i> Mitutoyo SJ-210	14
3. 2 Parameter Permesinan	15
3. 3 Rancangan BBd	16
4. 1 Parameter Permesinan	19
4. 2 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan	20
4. 3 Rancangan Eksperimen Menggunakan <i>Coded</i>	21
4. 4 <i>Coded Coefficients</i>	22
4. 5 <i>Model Summary</i>	22
4. 6 Anova	22

Daftar Lampiran

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

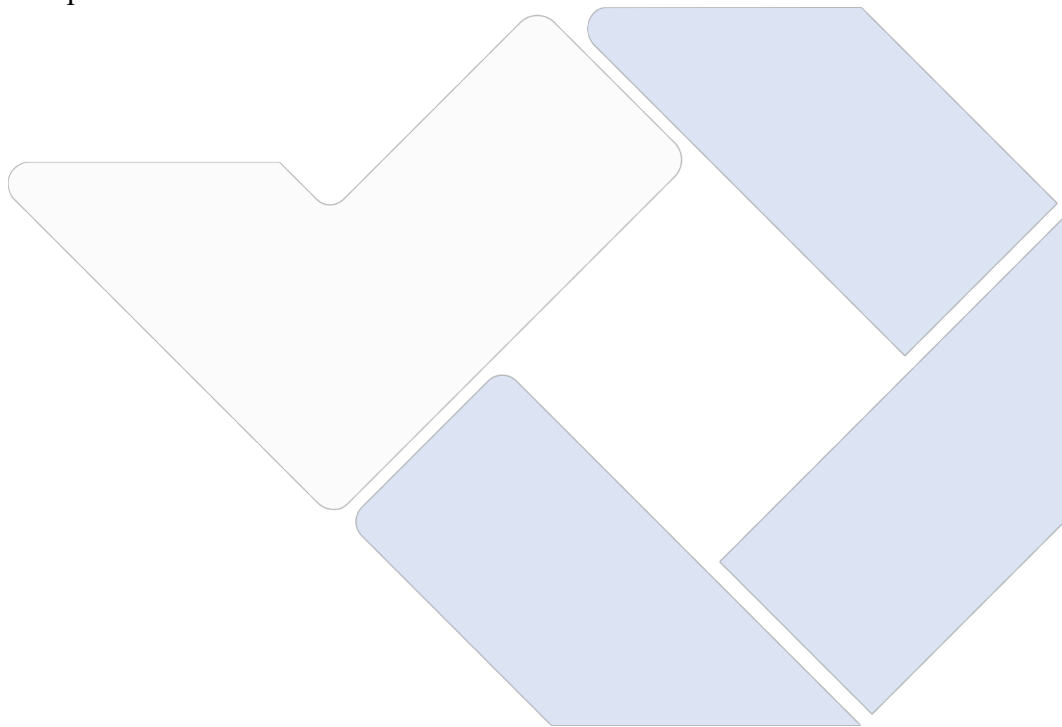
Lampiran 2 Program CNC

Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Data Kekasaran

Lampiran 4 Perhitungan Manual Mencari Nilai Koefisien

Lampiran 5 Perhitungan Manual Anova

Lampiran 6 Sertifikasi Material



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di tengah pesatnya kemajuan teknologi pada era globalisasi, penggunaan komputer dalam bidang pemesinan mengalami peningkatan yang signifikan. Salah satu hasil integrasi antara teknologi komputer dan mekanik adalah mesin CNC (*Computer Numerical Control*). Dalam industri manufaktur, kebutuhan konsumen akan produk yang presisi, berkualitas seragam, cepat diproses, dan diproduksi massal semakin tinggi. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, mesin CNC menjadi pilihan yang lebih efisien dibandingkan dengan mesin konvensional. Hal ini karena mesin CNC dapat dioperasikan secara otomatis maupun semi otomatis setelah melalui tahap pemrograman melalui komputer [1].

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh mesin CNC adalah kekasaran permukaan benda kerja. Seperti yang disebutkan oleh [2]. Dalam proses pemesinan, kualitas suatu hasil kerja umumnya dinilai dari tingkat kekasaran permukaan yang terbentuk. Kekasaran permukaan ini menjadi salah satu parameter utama yang mencerminkan mutu dari proses pemesinan yang dilakukan.

Tingkat kekasaran permukaan pada benda kerja merupakan salah satu indikator utama dalam menilai keberhasilan suatu proses produksi di bidang pemesinan. Kekasaran permukaan yang terlalu tinggi pada komponen mesin dapat mempercepat terjadinya keausan, yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan komponen dan penurunan performa mesin secara keseluruhan. Untuk memperoleh hasil permukaan yang sesuai dengan standar yang ditetapkan, perlu diperhatikan sejumlah faktor yang memengaruhi kekasaran tersebut. Di antaranya adalah kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, kondisi mesin, penggunaan cairan pendingin, serta kecepatan pemakanan yang digunakan selama proses pemesinan [3].

Pemilihan benda kerja sangat berpengaruh terhadap hasil dari proses pemesinan yang berkaitan dengan kekasaran permukaan. Beberapa hal yang

menjadi perhatian terhadap pemilihan material yang digunakan antara lain kemudahan pencarian di pasaran, pertimbangan fungsi dari material tersebut [4]

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah *stainless steel* (SS 304). Hal tersebut dikarenakan *stainless steel* (SS 304) adalah salah satu jenis *Stainless steel* yang paling umum digunakan di berbagai industri. Selain itu *stainless steel* (SS 304) memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik dan material ini memiliki kekuatan, ketangguhan, dan kelenturan sehingga sifat-sifat tersebut membuat material ini cocok untuk berbagai struktural dan komponen mesin seperti pembuatan poros. Seperti yang penulis jumpai pada waktu melaksanakan magang, material ini banyak digunakan pada poros pompa. Poros ini nantinya akan dirangkai dengan *bearing*, oleh karena itu poros harus memiliki nilai kekasaran permukaan yang kecil agar menghindari keausan dari material sehingga memperpanjang umur komponen mesin. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis terhadap keterkaitan faktor yang mempengaruhi hasil dari kekasaran permukaan pada *stainless steel* (SS 304).

Penelitian yang dilakukan oleh [5] tentang variasi kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan *stainless steel* (SS304). Dari hasil penelitian didapatkan hasil adanya pengaruh antara variasi kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap Tingkat kekasaran permukaan material *stainless steel* (SS304), yang menghasilkan kekasaran permukaan terbesar terdapat pada parameter kedalaman pemakanan 0,5mm dan kecepatan *spindle* 600 rpm yaitu 2,259 μm , dan untuk nilai kekasaran terkecil terdapat pada parameter kedalaman pemakanan 0,1mm dan kecepatan *spindle* 960 rpm yaitu 1,137 μm .

Penelitian yang dilakukan oleh [6] tentang pengaruh kecepatan potong terhadap kekerasan permukaan pada pembubutan baja *stainless steel* dengan menggunakan mata pahat Karbida berlapis. Dari hasil penelitian adanya pengaruh kecepatan potong terhadap nilai kekerasan suatu pembubutan dan nilai keausan pahat. Rata-rata Nilai kekasaran permukaan ini paling tinggi adalah kondisi pemotongan 1 dengan nilai rata-rata 1,143 μm Dimana $V_c = 200 \text{ m/min}$, $f = 0,15 \text{ mm/put}$ dan $a = 1 \text{ mm}$, sedangkan nilai rata-rata yang paling rendah adalah pada

kondisi pemotongan 5 dengan nilai rata-rata $0,939 \mu\text{m}$, Dimana $V_c = 100 \text{ m/min}$, $f=0,15 \text{ mm/put}$ dan $a = 1 \text{ mm}$.

Berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh parameter pemesinan terhadap tingkat kekasaran permukaan pada proses pemesinan *turning* CNC, dengan material yang dipilih adalah *stainless steel (SS 304)*. Tujuan peneltian ini untuk mencari parameter terbaik terhadap Tingkat kekasaran permukaan *stainless steel (SS 304)* yang sesuai dengan standar.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut terdapat beberapa rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian adalah bagaimana pengaruh parameter permesinan terhadap kekasaran permukaan *stainless steel (SS 304)*?

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan *stainless steel (SS 304)* dan mengetahui parameter terbaik pada proses pemesinan sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang diinginkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan material *stainless steel (SS 304)*.
2. Meningkatkan pemahaman tentang pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan dari *stainless steel (SS 304)*.

1.5. Batasan Masalah Pada Penelitian Ini

1. Mesin CNC *turning* MORI SEIKI SL-25 terkalibrasi dengan baik.
2. Material yang digunakan pada penelitian ini merupakan *stainless steel (SS 304)*
3. Parameter pemesinan yang digunakan antara lain, kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, dan kecepatan potong.

BAB II

DASAR TEORII

2.1. Computer Numerical Control (CNC)

Mesin CNC (Computer Numerical Control) ditemukan dan dikembangkan pada tahun 1952 oleh John Pearson dari Institut Teknologi Massachusetts atas permintaan Angkatan Udara Amerika Serikat. Tujuan proyek ini adalah untuk memfasilitasi produksi benda kerja khusus yang rumit untuk dikerjakan pada mesin konvensional. Tahun 1973, harga mesin CNC masih sangat tinggi, sehingga Perusahaan jarang menggunakannya. Pada tahun 1975, dengan pengembangan mikroprosesor, produksi mesin CNC mulai meningkat [7]. CNC adalah mesin yang dioperasikan menggunakan kode N dan kode G. Sistem pengoperasian menggunakan komputer dengan bahasa numeric dan dilanjutkan oleh operator untuk menjalankan mesin CNC untuk menghindari kesalahan proses kerja [8].

Dibandingkan dengan mesin konvensional mesin CNC memiliki keunggulan dibandingkan dengan mesin konvensional antara lain tingkat kepresisian yang tinggi, efisiensi waktu pengerjaan, dan ketelitian ukuran.

2.2. Jenis Mesin CNC

Mesin CNC dibedakan menjadi dua jenis yaitu

1. CNC *Turning*

Mesin CNC *Turning* atau sering disebut dengan mesin CNC bubut yang biasa digunakan untuk membentuk benda yang berbentuk silindris seperti pembuatan poros, dan sebagainya

2. CNC *Milling/Frais*

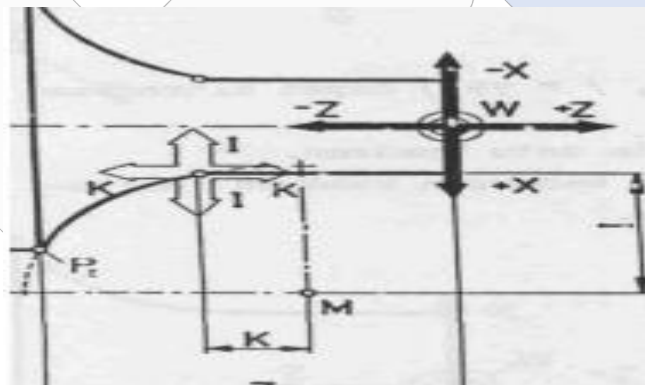
Mesin CNC *milling* merupakan proses permesinan yang dikontrol menggunakan kode, pada permesinan frais alat potong berputar dan melakukan pemotongan material sehingga mampu menghasilkan komponen dengan geometris yang rumit [9].

2.3. Prinsip Kerja Mesin CNC

Mesin ini bekerja dengan cara membaca program yang telah dibuat pada computer melalui kode G yang berfungsi untuk menggerakkan alat alat pada mesin sehingga mesin dapat membentuk produk yang diinginkan sesuai dengan program yang telah dibuat oleh programmer. Namun secara karakteristik cara mengoperasikan mesin CNC dibagi menjadi dua yaitu:

a. Sistem *Absolute*

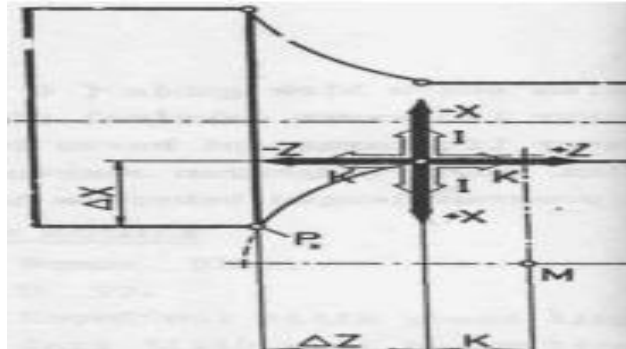
Sistem *absolute* titik awal penempatan alat potong adalah titik refensi yang berlaku tetap selama proses pemesinan berlangsung. Titik referensi pada pemesinan bubut berada pada ujung benda kerja yang akan di kerjakan [10], dapat dilihat pada Gambar 2.1. berikut.



Gambar 2. 1 Sistem *Absolute*

b. Sistem *Incremental*

Dalam sistem ini, titik referensi yang digunakan sebagai acuan bersifat dinamis, yaitu selalu bergeser mengikuti posisi akhir dari proses pemesinan sebelumnya. Dengan kata lain, setiap kali alat potong menyelesaikan suatu lintasan gerak, titik akhirnya akan dijadikan sebagai titik awal untuk pergerakan selanjutnya[10], hal tersebut dilihat pada Gambar 2.2. berikut.



Gambar 2. 2 Sistem *Incremental*

2.4. Kode Standar Mesin CNC

Mesin CNC hanya dapat membaca kode standar yang telah di program melalui *computer*, kode-kode tersebut berupa kode G atau sering disebut *G-code* , dan fungsi m.

2.5. Parameter Pengoperasian Mesin CNC

Paramater permesin sangat berpengaruh dalam hasil permukaan benda kerja. Parameter yang diperhatikan dalam proses permesinan:

2.5.1. Kecepatan Potong (*Velocity Cutting*)

Kecepatan potong merupakan kemampuan alat potong untuk melakukan penyayatan benda kerja dalam hitungan m/menit[11]. Kecepatan potong dipengaruhi oleh beberapahal yaitu jenis material benda kerja, dan material dari alat potong yang digunakan.Kecepatan potong biasa juga di dapatkan pada tabel yang tersedia sesuai dengan jenis mata pahat. Rumus untuk mencari kecepatan potong

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot \eta}{1000} \text{ m/ menit} \dots\dots\dots (2.1.)$$

Vc = kecepatan potong

π = 3,14

d = diameter benda yang berputar

η = kecepatan *spindle*

2.5.2. Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*)

Kecepatan pemakanan adalah kecepatan alat potongdalam melakukan pemotongan terhadap benda kerja dalam satuan mm/menit [12].

2.5.3. Kedalaman Pemakanan (*Depth Of Cut*)

Kedalaman pemakanan adalah selisih antara permukaan benda kerja sesudah terjadi penyayatan dan sebelum benda kerja mengalami penyayatan [13]. Rumus untuk mencari kedalaman permukaan adalah

$$a = \frac{d_o \times d_m}{2} \dots\dots\dots (2.2.)$$

Do = diameter awal

dm = diameter akhir

2.6. *Stainless Steel 304*

Stainless steel (SS 304) termasuk dalam kelompok baja tahan karat jenis *austenitik* yang mengandung unsur kromium sekitar 18–19,5%. Jenis baja ini merupakan salah satu material yang paling umum digunakan di berbagai sektor industri, karena memiliki sifat mekanik yang baik serta ketahanan terhadap korosi yang tinggi [14]. Penggunaannya antara lain untuk poros, dan bagian industri lainnya yang bersangkutan dengan cairan, selain itu material ini juga digunakan pada industri farmasi, dan makanan.

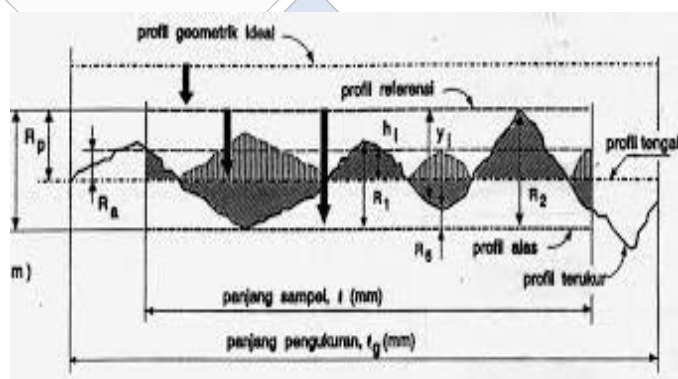
2.7. *Pahat Insert Carbide*

Pahat adalah alat potong yang sangat dibutuhkan pada proses permesinan bubut. Pahat berfungsi untuk melakukan penyayatan terhadap benda kerja yang ingin dibentuk sesuai dengan tuntutan pekerjaan . Jenis-jenis pahat *insert* adalah CNMG dengan sudut potong 60° yang bersifat serbaguna untuk proses *roughing* dan *finishing*, DNMG dengan sudut potong 55° untuk semi *finishing*, TNMG dengan sudut potong 60° untuk pembubutan umum .Pahat insert carbide memiliki *grade* yang berbeda sesuai dengan material yang digunakan. *Grade* tersebut dibagi menjadi tiga yaitu : *grade P* untuk material baja *carbon* , *grade M* untuk baja anti karat / *stainless steel*, *grade K* untuk material besi tuang [15].

2.8. *Kekasaran Permukaan*

Kekasaran permukaan merupakan deviasi rata-rata secara aritmetika dari profil permukaan terhadap garis tengah. Beberapa faktor yang memengaruhi tingkat

kekasaran ini antara lain ukuran pahat, parameter proses pemotongan, bentuk geometri, serta ketidaksempurnaan pada material dan gangguan pada aliran geram [16]. Kekasaran permukaan merupakan ukuran tingkat ketidakrataan mikro pada permukaan suatu material yang diukur dari titik referensi tertentu. Nilai kekasaran ini biasanya dinyatakan dalam beberapa parameter, antara lain *Roughness Average* (R_a), *Total Roughness* (R_t), dan *Maximum Roughness* (R_{max}) [17]. Karakteristik permukaan ini berperan penting terhadap aspek gesekan antar material, adhesi (kelekatan) antara dua permukaan, serta perpindahan panas. Dalam konteks logam, tingkat kekasaran permukaan menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kualitas suatu produk. Hubungan antara kekasaran permukaan dan sifat mekanik sangat berpengaruh terhadap mutu akhir komponen. Meskipun permukaan yang halus umumnya dianggap ideal, terdapat berbagai faktor yang memengaruhi nilai kekasaran tersebut, seperti parameter proses pemesinan, keterampilan operator, serta kondisi mesin yang digunakan. Gambar 2.3.. berikut menunjukkan bentuk profil permukaan.



Gambar 2. 3 Profil Kekasaran Permukaan

Harga kekasaran rata – rata (R_a) ditulis di atas tanda segitiga. Angka kekasaran dapat dikategorikan menjadi 12 angka kelas kekasaran seperti yang ada di Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Tabel Harga Kekasaran Permukaan

<i>Roughness values Ra μm</i>	<i>Roughness grade number</i>	<i>Roughness grade symbol</i>
50	N12	~
25	N11	▽
12,5	N10	
6,3	N9	▽▽
3,2	N8	
1,6	N7	
0,8	N6	▽▽▽
0,4	N5	
0,2	N4	
0,1	N3	▽▽▽▽
0,05	N2	
0,025	N1	

2.9. *Respon Surface Methodology (RSM)*

RSM adalah metode yang digunakan untuk memahami hubungan antara variabel independent dan respons yang dihasilkan. Metode ini mengandalkan model matematis untuk memperkirakan hubungan tersebut, sering kali menggunakan polinomial kuadratik. *Response Surface Methodology* (RSM) adalah teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara beberapa variabel *independen* dan satu atau lebih variabel *dependen*. Metode ini sering digunakan dalam eksperimen untuk mengoptimalkan proses dan menemukan kondisi terbaik untuk hasil yang diinginkan.

BBD, atau *Box-Behnken Design*, adalah salah satu jenis desain eksperimen dalam RSM yang memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi interaksi antara variabel dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit dibandingkan metode lain. Desain ini ideal untuk situasi di mana jumlah faktor yang diuji tidak terlalu banyak dan memberikan informasi yang cukup untuk analisis [17].

2.10. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan [6] tentang pengaruh kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan baja *stainless steel* dengan menggunakan mata pahat karbida berlapis. Dari hasil penelitian adanya pengaruh kecepatan

potong terhadap nilai kekasaran suatu pembubutan dan nilai keausan pahat. Rata-rata Nilai kekasaran permukaan ini paling tinggi adalah kondisi pemotongan 1 dengan nilai rata-rata $1,143 \mu\text{m}$ Dimana $V_c = 200 \text{ m/min}$, $f = 0,15 \text{ mm/put}$ dan $a = 1 \text{ mm}$, sedangkan nilai rata-rata yang paling rendah adalah pada kondisi pemotongan 5 dengan nilai rata-rata $0,939 \mu\text{m}$, Dimana $V_c = 100 \text{ m/min}$, $f=0,15 \text{ mm/put}$ dan $a = 1 \text{ mm}$.

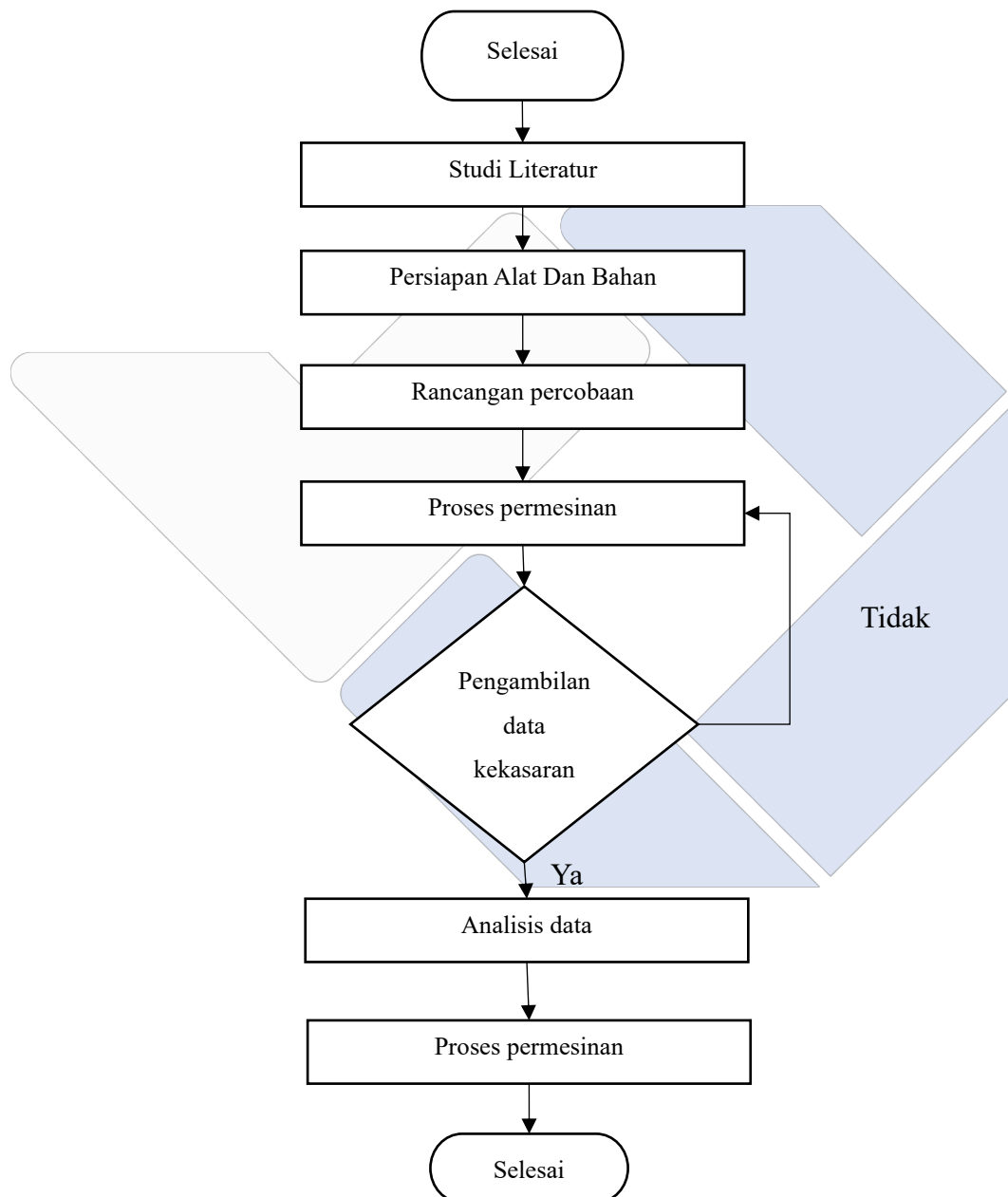
Penelitian yang dilakukan oleh [5] tentang Kekasaran permukaan akibat variasi parameter pada proses *roughing* CNC *turning* dengan parameter yang digunakan berupa kecepatan *spindle* dengan level 1990, 2100, dan 2300 rpm. Kecepatan pemakanan yang digunakan adalah 0,18; 0,23; dan 0,28 mm/rev. Menghasilkan kekasaran terendah terdapat pada kecepatan *spindle* 2300 rpm dan kecepatan pemakanan 0,18 mm/put dengan nilai kekasaran yang dihasilkan adalah $2,17 \mu\text{m}$.

Penelitian yang dilakukan [18] tentang analisis gerak pemakanan dan jenis media pendingin terhadap kekasaran permukaan logam hasil pembubutan pada material SUS304. Parameter pada penelitian ini adalah gerak pemakanan yaitu 0,11 mm/put, 0,15 mm/put, dan 0,19 mm/put. Sedangkan jenis media pendingin yang digunakan adalah *Fumio Lube Fumicool 794* dan oli pelumas suncut 16S. Dari parameter tersebut menghasilkan nilai kekasaran terendah terdapat pada parameter gerak pemakanan 0,11 mm/put dan media pendingin oli pelumas suncut 16S dengan nilai kekasaran $0,770 \mu\text{m}$, sedangkan nilai kekasaran tertinggi terdapat pada parameter dengan gerak pemakanan 0,19 mm/put dengan media pendingin *Fumio Lube Fumicool 794* dengan nilai kekasaran $3,942 \mu\text{m}$

BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1. Tahap Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memberikan informasi yang relevan terkait permasalahan yang diteliti, dengan merujuk pada hasil penelitian sebelumnya, buku referensi, serta jurnal ilmiah yang berkaitan dengan topik. Melalui studi ini, peneliti memperoleh dasar pemikiran yang kuat untuk memahami, mengkaji, dan menjelaskan permasalahan yang diangkat dalam penelitian.

3.2. Tempat Dan Waktu

Tempat untuk melaksanakan penelitian ini berada di Laboratorium Mekanik Jurusan Rekayasa Mesin Polteknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

3.4. Alat Dan Bahan

3.4.1. Mesin CNC Bubut

CNC MORI SEIKI SL-25, merupakan mesin CNC yang digunakan pada penelitian ini. Mesin ini sudah terkalibrasi dengan baik sehingga siap untuk digunakan pada penelitian ini. Gambar 3.2. merupakan mesin CNC MORI SEIKI SL-25



Gambar 3. 2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL- 25

3.4.2. Mata Potong

Mata potong *insert carbide type* CNMG120404-MA yang digunakan pada penelitian ini. Grade pahat yang dipilih pada penelitian ini adalah Grade M. Grade tersebut sesuai dengan material yang dipilih pada penelitian ini Mata potong ini . Spesifikasi alat potong *insert carbid* dapat dilihat pada Gambar 3.4. berikut.



Gambar 3. 3 *Insert Carbide Type CNMG 120408-MA*



Gambar 3. 4 Spesifikasi *Insert Carbide Type CNMG120404-MA*



Gambar 3. 5 *Holder Pahat CNMG*

3.4.3. Alat Uji Kekasaran

Pengukuran kekasaran permukaan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat *surface roughness tester*. Instrumen yang digunakan adalah Mitutoyo SJ-210 seperti yang dilihat pada Gambar 3.6 berikut:



Gambar 3. 6 *Surface Roughness Tester*

Spesifikasi alat *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Kecepatan Pengukuran	0,25 mm/s dan 0,5 mm/s (0,1 – 0,2 in/s)
2	Kecepatan Kembali	0,8 mm/s (0,3 in/s)
3	Rentang Pengukuran (Sumbu X)	12,5 mm
4	Rentang Pengukuran Vertikal	$\pm 200 \mu\text{m}$ ($-200 \mu\text{m}$ hingga $+150 \mu\text{m}$)
5	Standar Pole	Kode produk: 178-395
6	Radius Skid	40 mm
7	Tipe Stylus	Diamond cone (kerucut berlian)
8	Massa Alat	190 gram
9	Standar Pengukuran Kekasaran	JIS, ISO, DIN, ANSI

3.4.4. Jangka sorong

Pengukuran benda kerja menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,02

Gambar jangka sorong ditunjukkan pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 7 Jangka Sorong

3.4.5. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah material *Stainless steel 304* material ini banyak di temukan pada komponen mesin mesin industri seperti poros pompa. Untuk ukuran benda kerja telah ditentukan $\varnothing 25 \times 100$ mm.

3.5. Parameter Penelitian

3.5.1. Parameter Terikat (*Dependent Parameter*)

Selama proses pengujian, parameter terikat merupakan variabel yang responsnya dipengaruhi oleh perubahan pada parameter bebas. Pada penelitian ini, yang menjadi parameter terikat adalah tingkat kekasaran permukaan, yang diukur dengan standar *Ra (Roughness Average)* dan hasilnya dinyatakan dalam mikrometer (μm).

3.5.2. Parameter Bebas (*Independent Parameter*)

Dalam penelitian ini parameter bebas yang digunakan adalah kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan *kecepatan pemakanan*. Parameter bebas penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 2 Parameter Permesinan

No	Parameter bebas	Level	
		1	2
1	Kecepatan <i>spindle</i> (Rpm)	1200	1600
2	Kecepatan pemakanan (mm/put)	0,14	0,16
3	Kedalaman pemakanan (mm)	0,15	0,2

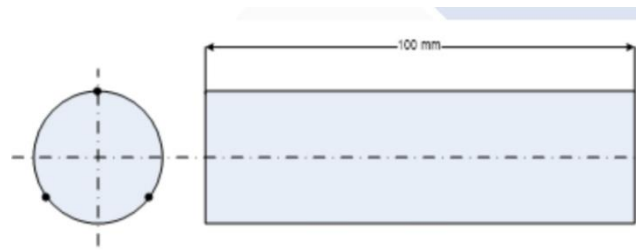
3.5.3. Noise

Noise merupakan faktor gangguan yang dapat memengaruhi hasil respon, namun keberadaannya sulit dikontrol secara langsung. Dalam penelitian ini, salah satu sumber noise berasal dari lokasi pengambilan data kekasaran pada permukaan benda kerja. Untuk meminimalkan pengaruh ketidakpastian tersebut, pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali di tiga titik yang berbeda.

3.6. Pengambilan Data Kekasaran Permukaan

Pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja setelah melalui proses pemesinan pada mesin CNC bubut MORI SEIKI SL-25 pada posisi horizontal.

Pengambilan data dilakukan pada tiap variasi parameter yang telah ditentukan yaitu *kecepatan pemakanan*, *depth of cut*, dan RPM . Pengambilan data nilai kekasaran permukaan benda kerja dilakukan pada tiga titik yang berbeda menggunakan *surface roughness tester* Mitutoyo SJ 210.



Gambar 3. 8 Titik Pengambilan Data Kekasaran

3.7. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis *Response surface methodology*. Tahapan yang harus dilakukan pada analisis data adalah sebagai berikut:

3.7.1. Rancangan Box – Behken

Metode rancangan percobaan dan kombinasi level berdasarkan rancangan *Box – Behken Design*. Pemilihan metode ini didasarkan pada efisiensinya dalam menghasilkan kombinasi variabel dengan jumlah percobaan yang relatif lebih sedikit. Rancangan percobaan dengan BBD dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut

Tabel 3. 3 Rancangan BBD

No	Kecepatan <i>spindle</i> (RPM)	Kecepatan pemakanan (mm/put)	Kedalaman pemakanan (mm)
1	1200	0,14	0,175
2	1600	0,14	0,175
3	1200	0,16	0,175
4	1600	0,16	0,175
5	1200	0,15	0,15

No	Kecepatan <i>spindle</i> (RPM)	Kecepatan pemakanan (mm/put)	Kedalaman pemakanan (mm)
6	1600	0,15	0,15
7	1200	0,15	0,2
8	1600	0,15	0,2
9	1400	0,14	0,15
10	1400	0,16	0,15
11	1400	0,14	0,2
12	1400	0,16	0,2
13	1400	0,15	0,175
14	1400	0,15	0,175
15	1400	0,15	0,175

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Proses Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mengombinasikan berbagai faktor yang diduga memengaruhi kekasaran permukaan benda kerja yang telah diproses menggunakan mesin CNC MORI SEIKI SL-25, di mana faktor-faktor tersebut meliputi kecepatan *spindle* (A), laju pemakanan atau kecepatan pemakanan (B), dan kedalaman pemakanan (C); setelah data diperoleh dari hasil percobaan, selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menganalisis pengaruh masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan.

4.1.1. Proses Memasukan Program Kedalam Mesin CNC

Program yang telah dibuat dimasukan pada mesin cnc bubut. Program ini sebelumnya telah dicoba menggunakan software swansoft cnc, program yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 2. Proses memasukan program ke mesin dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4. 1 Proses Memasukan Program Pada Mesin CNC Bubut

4.1.2. Proses Pemesinan Benda Kerja

Setelah program dimasukan kedalam mesin cnc, program siap digunakan untuk memproses benda kerja sesuai dengan desain eksperimen yang ditentukan. Faktor – faktor yang digunakan pada proses dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut.

Tabel 4. 1 Parameter Permesinan

No	Parameter bebas	Level	
		1	2
1	Kecepatan <i>spindle</i> (Rpm)	1200	1600
2	Kecepatan pemakanan (mm/put)	0,14	0,16
3	Kedalaman pemakanan (mm)	0,15	0,2

Dalam proses permesinan tiap – tiap benda kerja menggunakan satu sisi pahat. Proses permesinan benda kerja dapat dilihat pada gambar 4.2. berikut:



Gambar 4. 2 Pengerjaan Benda Kerja

Proses permesinan dilakukan sebanyak benda kerja yang telah ditentukan menggunakan desain experiment, berikut adalah gambar benda kerja ang telah dilakukan proses permesinan dapat dilihat pada gambar 4.3:



Gambar 4. 3 Benda Kerja Yang Telah Diproses

4.2. Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran data hasil kekasaran permukaan benda kerja menggunakan alat *surface roughnes tester*. Pengujian dilakukan pada tiga titik yang berbeda agar mendapatkan validasi hasil. Proses pengambilan data uji kekasaran permukaan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4. 4 Pengukuran Kekasaran Permukaan

4.2.1. Data Hasil Kekasaran Permukaan

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

No	Kecepatan <i>spindle</i> (Rpm)	Kecepatan pemakanan (mm/put)	Kedalaman pemakanan (mm)	Kekasaran (Ra)			Rata – rata (Ra)
				1	2	3	
1	1200	0,14	0,175	0,253	0,250	0,237	0,246
2	1600	0,14	0,175	0,400	0,412	0,419	0,410
3	1200	0,16	0,175	0,854	0,840	0,837	0,843
4	1600	0,16	0,175	0,837	0,855	0,837	0,843
5	1200	0,15	0,15	0,795	0,788	0,781	0,778
6	1600	0,15	0,15	0,497	0,454	0,451	0,467
7	1200	0,15	0,2	1,127	1,119	1,141	1,129
8	1600	0,15	0,2	0,755	0,782	0,766	0,767
9	1400	0,14	0,15	0,407	0,403	0,413	0,408
10	1400	0,16	0,15	0,453	0,445	0,439	0,445
11	1400	0,14	0,2	0,243	0,233	0,248	0,241
12	1400	0,16	0,2	0,559	0,578	0,593	0,576
13	1400	0,15	0,175	0,223	0,260	0,229	0,237
14	1400	0,15	0,175	0,574	0,566	0,569	0,569
15	1400	0,15	0,175	0,381	0,385	0,378	0,382

4.3. Analisis Data

Analisis data menggunakan software analisis dengan metode pengolahan data adalah *respon surface methodology*. Dari data yang terdapat pada tabel 4.2 dilakukan analisis data menggunakan metode *respon surface methodology* untuk mencari tabel anova. Hasil pengolahan data terdapat pada tabel 4.3 :

4.3.1. Analisis Manual Mencari Nilai *Coefficients*

Rancangan desain eksperimen menggunakan coded

Tabel 4. 3 Rancangan Eksperimen Menggunakan *Coded*

Run	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

1. Buat model regresi kuadratik untuk 3 faktor

$$Y=b_0+b_1A+b_2B+b_3C+b_4AB+b_5AC+b_6BC+b_7A^2+b_8B^2+b_9C^2$$

2. Desain Matriks

Dapat dilihat pada lampiran 3.

Maka matriks X didapatkan dan Matriks Y. Y merupakan respon yaitu kekasaran permukaan. Rumus mencari koefisien :

$$b=(X^T X)^{-1}(X^T Y)$$

X^T = Matriks Transpose

Y = Matriks hasil respon

$^{-1}$ = invers matriks.

Tabel 4. 4 Tabel *Coded Coefficients*

<i>Coded coefficients</i>				
<i>Term</i>	<i>Coef</i>	<i>SE Coef</i>	<i>T-value</i>	<i>P-value</i>
<i>Constant</i>	0.39600	0.13077	3.028	0.029
Rpm	-0.0648	0.08008	-0.810	0.455
Kecepatan pemakanan	0.17525	0.08008	2.189	0.080
Kedalaman pemakanan	0.7562	0.08008	0.944	0.388
RPM*RPM	0.27988	0.11787	2.237	0.064
Kecepatan pemakanan *kecepatan pemakanan	-0.09038	0.11787	-0.767	0.478
Kedalaman pemakanan*kedalaman pemakanan	0.011188	0.11787	0.939	0.386
Rpm*kecepatan pemakanan	-0,04100	0.11325	-0.362	0.732
Rpm*kedalaman pemakanan	-0.01025	0.11325	-0.91	0.931
Kecepatan pemakanan*kedalaman pemakanan	0.07450	0.11325	0.658	0.540

Tabel 4. 5 Tabel *Model Summary*

<i>Model summary</i>			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq (pred)
0.226492	73,90%	0.00%	26,92%

4.3.2. Tabel Anova

Tabel 4. 6 Tabel Anova

<i>Analysis of variance</i>						
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj ms</i>	<i>F value</i>	<i>P value</i>
<i>Model</i>	9	0.726303	0.726303	0.080700	1.57	0.321
<i>Linear</i>	3	0.325124	0.325124	0.108375	2.11	0.217
Rpm	1	0.033670	0.033670	0.033670	0.66	0.455
Kecepatan pemakanan	1	0.245700	0.245700	0.245700	4.79	0.080
Kedalaman pemakanan	1	0.045753	0.045753	0.045753	0.89	0.388
<i>Square</i>	3	0.371834	0.371834	0.123945	2.42	0.182
Rpm*Rpm	1	0.289232	0.289232	0.289219	5.64	0.064
Kecepatan pemakanan *	1	0.036390	0.030157	0.030157	0.59	0.478

<i>Analysis of variance</i>						
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj ms</i>	<i>F value</i>	<i>P value</i>
kecepatan pemakanan						
Kedalaaman pemakanan kedalaman pemakanan *	1	0.046213	0.046213	0.046213	0.90	0.386
Interaksi	3	0.029345	0.029345	0.009782	0.19	0.898
Rpm * kecepatan pemakanan	1	0.006724	0.006724	0.006724	0.13	0.732
Rpm * kedalaman pemakanan	1	0.000420	0.000420	0.000420	0.1	0.931
Kecepatan pemakanan kedalaman pemakanan *	1	0.022201	0.022201	0.022201	0.43	0.540
Error	5	0.256494	0.256494	0.051299		
Lack -of-fit	3	0.201088	0.201088	0.067029	2,42	0.306
Pure error	2	0.0055406	0.0055406	0.027703		
Total	14	0.982797	0.982797			

4.4. Analisis Of Varian Kekasaran Permukaan

a. Hipotesis

H0 = variabel faktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan

H1 = variabel faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan

b. Kriteria Uji

H0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

H0 gagal ditolak jika $F_{hitung} < F_{tabel}$

c. $\alpha=0,05(5\%)$

d. Statistik Uji

F hitung : 1,57

F tabel : 4,77 didapat dari tabel f dengan probability 0,05

e. Analisis

H0 gagal ditolak dikarenakan F hitung lebih kecil dari F tabel, sehingga cukup bukti untuk menerima H0, Artinya variabel faktor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan.

4.5. Uji Lack Of Fit Kekasaran Permukaan

a. Hipotesis

H0 = tidak terdapat *lack of fit*

H1 = terdapat *lack of fit*

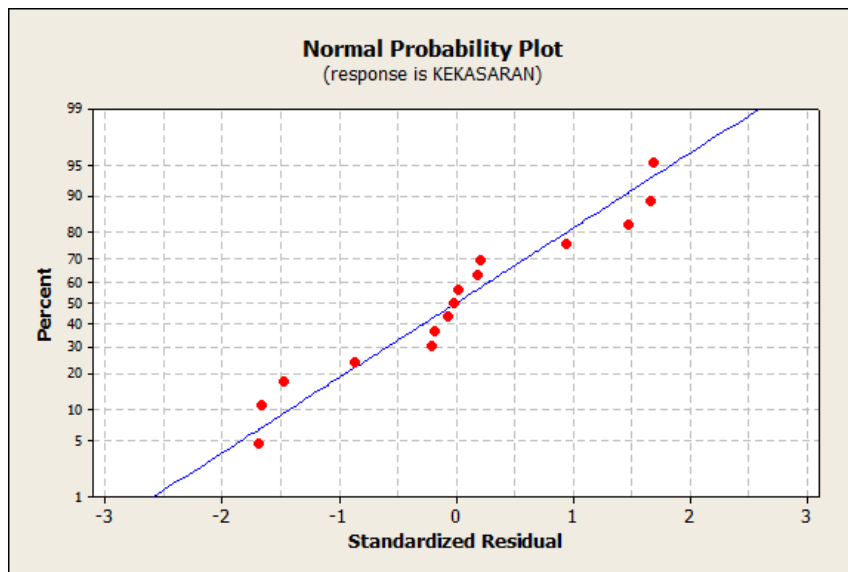
b. Kriteria Uji

c. Kriteria penolakan (H0) jika p – value diketahui kurang dari nilai α , dan H0 gagal ditolak jika p – value melewati nilai α

d. $\alpha = 0,05$

e. Interpretasi terhadap hasil uji *lack of fit* dalam analisis *response surface* pada tabel ANOVA menunjukkan bahwa nilai P -value yang diperoleh adalah 0,306. Dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar $\alpha = 5\%$, maka keputusan yang diambil adalah gagal menolak H0. Hal ini mengindikasikan bahwa model yang digunakan telah sesuai dengan data yang diamati. Sementara itu, tabel *coded coefficient* untuk respon memperlihatkan hasil dari parameter-parameter pada Tabel 4.2. Selain menampilkan parameter, tabel tersebut juga memuat nilai hasil uji statistik t yang telah dikonversi menjadi nilai p -value. Berdasarkan hasil analisis tersebut, model regresi yang terbentuk adalah sebagai berikut $Y = 0.39600 - 0,06588A + 0.17525B + 0,07562C + 0,27988AB - 0.09038AC + 0,11188BC - 0,04100A^2 - 0,01025B^2 + 0,07450C^2$. Untuk memastikan kecukupan model, tidak cukup hanya melihat *lack of fit*, tetapi juga harus dilakukan analisis residual. Ada tiga langkah utama yang wajib dilakukan dalam analisis residual, yaitu: menguji kenormalan residual, membuat plot residual terhadap data respons, serta membuat plot residual berdasarkan urutan pengamatan

4.6. Uji Kenormalan Residual Kekasaran



Gambar 4. 5 Grafik *Plot Probability*

a. Hipotesis

H_0 = residual berdistribusi normal

H_1 = residual tidak berdistribusi normal

b. Daerah Penolakan

Dalam uji Kolmogorov–Smirnov, jika nilai statistik KS melebihi nilai kritis $KS_{1-\alpha}$ untuk jumlah pengamatan tertentu (n), maka hipotesis nol akan ditolak. Namun, jika nilai statistik tersebut dikonversi ke dalam bentuk *p-value*, maka kriteria penolakannya berubah menjadi $p\text{-value} < \alpha$

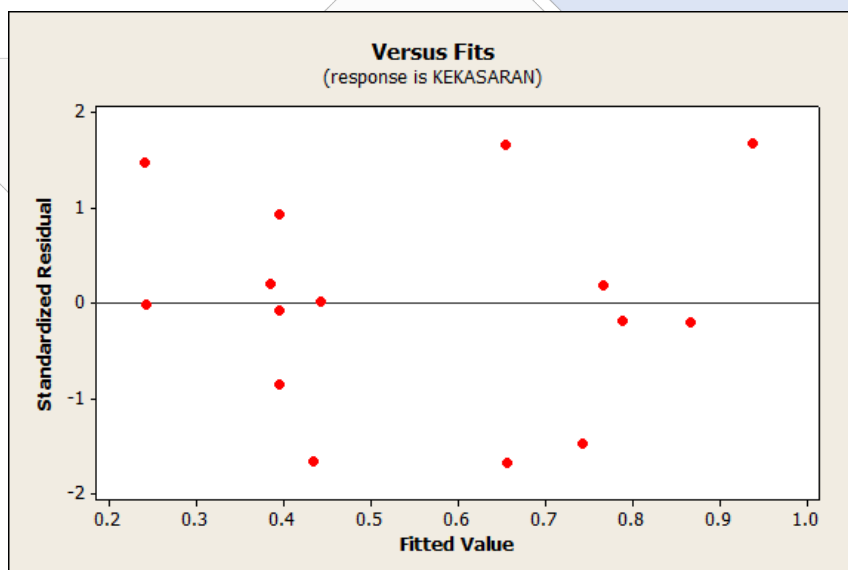
c. Analisis

Dalam uji Kolmogorov–Smirnov, tingkat signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$. Berdasarkan nilai tersebut, referensi untuk statistik Kolmogorov–Smirnov diperoleh dari tabel kuantil uji dua arah. Untuk jumlah data sebanyak 15 pengamatan, nilai kritis Kolmogorov–Smirnov adalah sebesar 0,338. Nilai ini menjadi acuan dalam menarik kesimpulan terhadap uji kenormalan yang telah dilakukan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai statistik Kolmogorov–Smirnov sebesar 0,130, dengan *p-value* melebihi 15%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data residual dari model regresi linear mengikuti distribusi

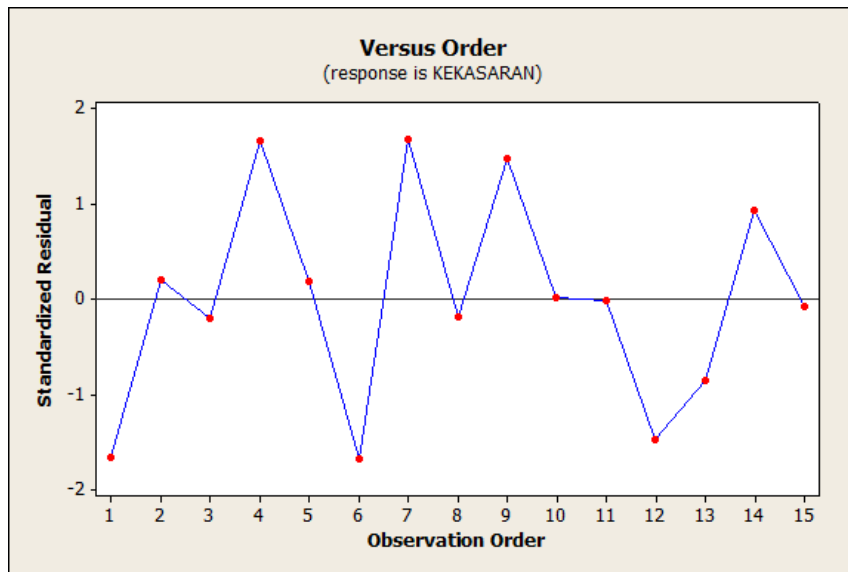
normal. Artinya, asumsi kenormalan residual dalam model regresi telah terpenuhi, sehingga model regresi yang dibangun dapat dinyatakan valid dan layak untuk digunakan dalam analisis lebih lanjut

4.7. Pengujian Asumsi Residual IIDN Kekasaran Permukaan

Pemeriksaan terhadap asumsi residual yaitu identik, independen, dan berdistribusi normal dilakukan secara visual melalui plot residual yang dihasilkan dari output perangkat lunak Minitab. Analisis grafik ini penting untuk mengevaluasi apakah model regresi yang digunakan telah memenuhi asumsi dasar yang diperlukan dalam analisis statistik. Gambar grafik plot residual versus fits dapat dilihat pada gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4. 6 Grafik *Versus Fits*

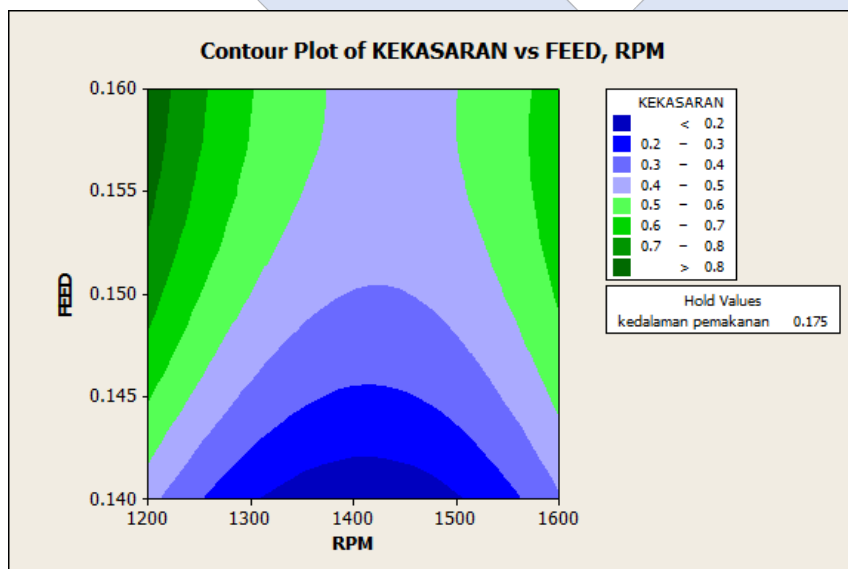


Gambar 4. 7 Grafik *Versus Order*

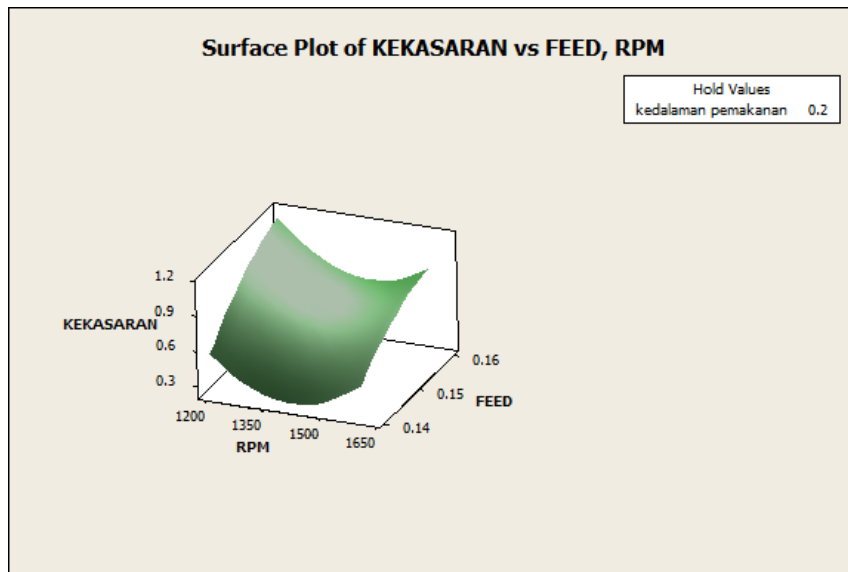
Dari tampilan plot di atas, dapat disimpulkan bahwa sebaran titik-titik residual bersifat acak dan tidak menunjukkan pola tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa data yang dianalisis telah memenuhi asumsi yang diperlukan dalam model regresi

4.8. Grafik *Contour Dan Surface Plot*

4.8.1. Grafik *Contour Dan Surface Plot Vs Kecepatan Spindle Dan Kecepatan Pemakanan*



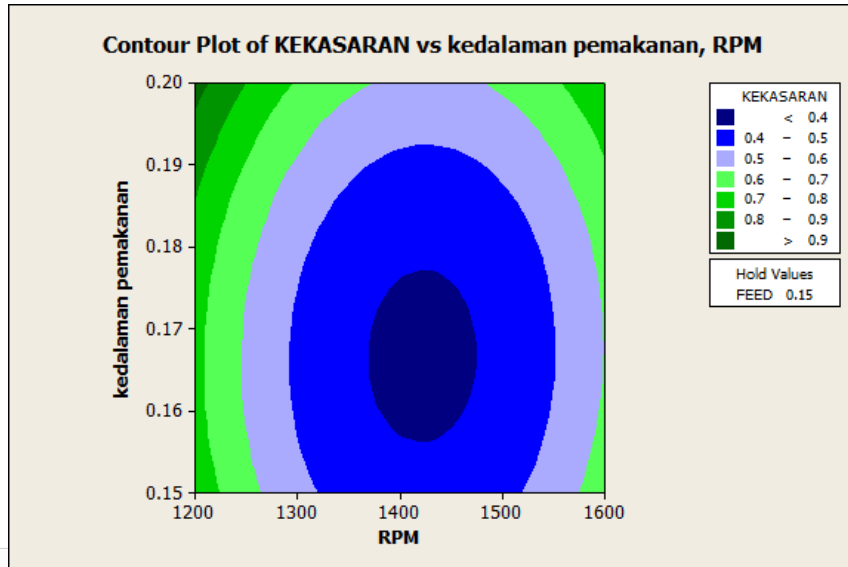
Gambar 4. 8 Grafik *Contour Plot* Kekasaran Vs Kecepatan *Spindle*, Kecepatan Pemakanan



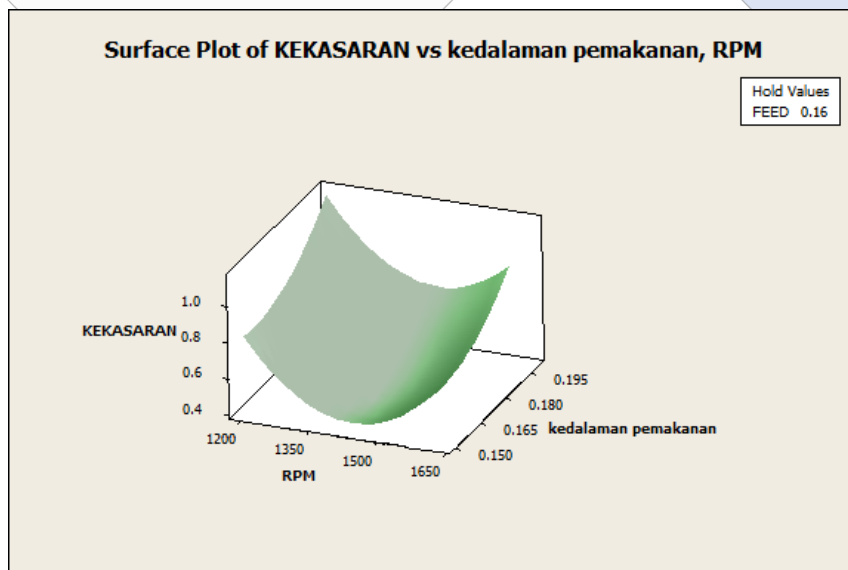
Gambar 4. 9 Grafik Surface Plot Kekasaran Vs Kecepatan *Spindle*, Kecepatan Pemakanan

Berdasarkan grafik diatas dapat dianalisis bahwa kekasaran terbaik terdapat pada area kecepatan pemakanan rendah yaitu 0,14 mm/put dengan kecepatan *spindle* sebesar 1400Rpm. Semakin tinggi Kecepatan *spindle* yang digunakan jika dikombinasikan dengan kecepatan pemakanan yang tinggi maka menghasilkan kekasaran permukaan yang meningkat.

4.8.2. Grafik *Contour Plot* Dan *Surface Plot* Kekasaran Vs Kecepatan *Spindle* Dan Kedalaman Pemakanan



Gambar 4. 10 Grafik *Contour Plot* Kekasaran Vs Kecepatan *Spindle* Dan Kedalaman Pemakanan

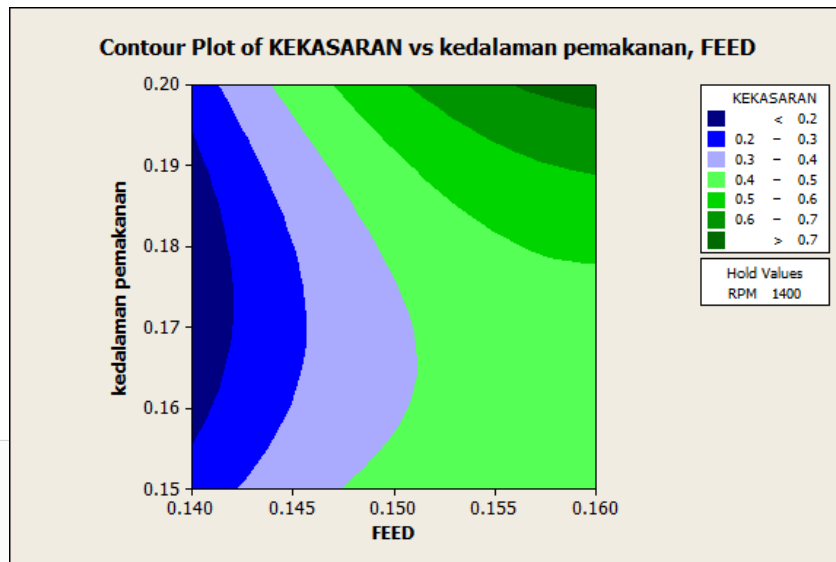


Gambar 4. 11 Grafik *Surface Plot* Kekasaran Vs Kecepatan *Spindle* Dan Kedalaman Pemakanan

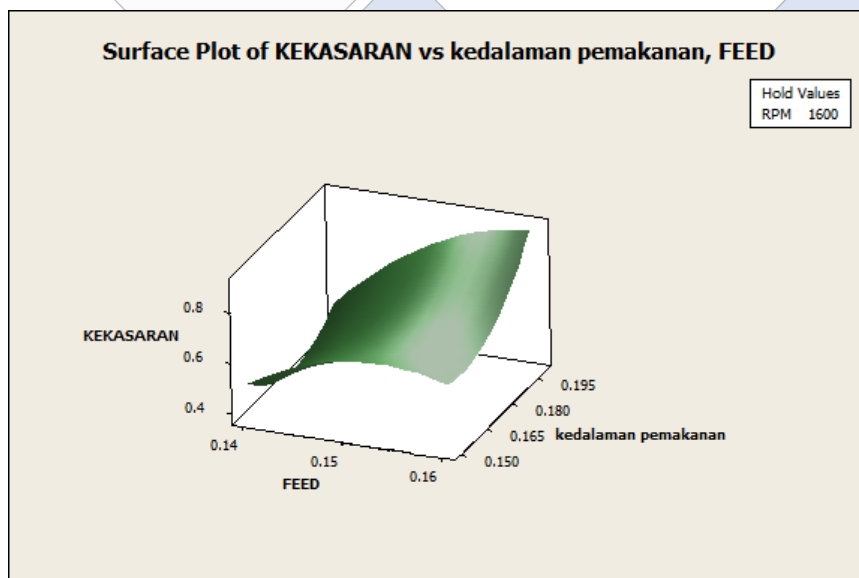
Kekasaran permukaan terendah terdapat pada kecepatan *spindle* 1400 Rpm dengan kedalaman pemakanan sebesar 0,17mm. Berdasarkan grafik pada gambar diatas dapat disimpulkan semakin menjauhi titik tersebut maka nilai kekasaran permukaan meningkat. Kecepatan *Spindle* yang terlalu rendah atau terlalu tinggi

dengan kedalaman yang besar maka akan menghasilkan tingkat kekasaran yang tinggi.

4.8.3. Grafik *Contour Plot* Kekasaran Vs Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan



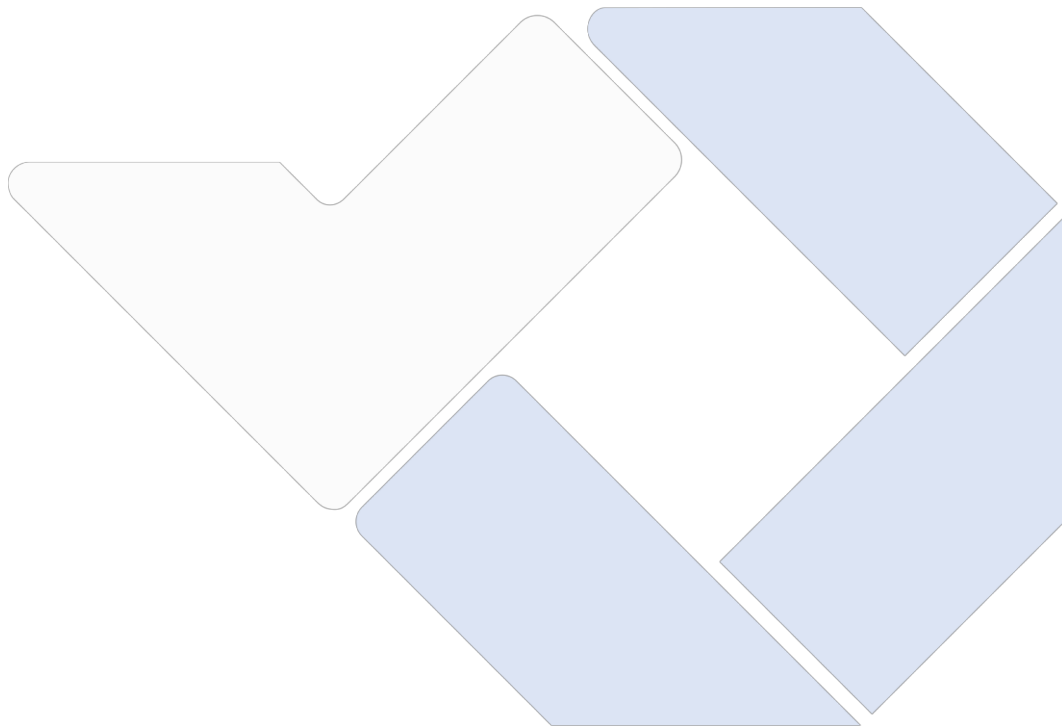
Gambar 4. 12 Grafik *Contour Plot* Kekasaran Vs Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan



Gambar 4. 13 Grafik *Surface Plot* Kekasaran Vs Kedalaman Dan Kecepatan Pemakanan

Berdasarkan grafik diatas dapat dianalisis bahwa kekasaran permukaan meningkat seiring kecepatan pemakanan dan kedalaman permukaan meningkat.

Hasil terendah kekasaran permukaan terdapat pada kecepatan pemakanan 0,14 mm/put dengan kedalaman pemakanan 0,17 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa kecepatan pemakanan dan kedalaman jika ingin kekasaran yang rendah maka gunakan kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan yang rendah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya terkait pengaruh kecepatan spindle, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan pada mesin bubut CNC terhadap kekasaran permukaan material *stainless steel* (SS 304), maka dapat disimpulkan beberapa hal penting yang menjadi hasil utama dari penelitian ini disimpulkan dari hasil analisis yang telah dilakukan terhadap nilai kekasaran permukaan dari ketiga faktor yaitu kecepatan *spindle*, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemakanan. Kecepatan pemakanan berpengaruh paling signifikan dari tiga variabel faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan. Sedangkan kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan tidak terlalu memberikan respon yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Parameter dengan hasil kekasaran permukaan yang paling rendah pada material *stainless steel* (SS 304) dapat diperoleh dengan variasi parameter kecepatan *spindle* 1400Rpm dengan kecepatan pemakanan 0,15 mm/put dengan kedalaman pemakanan 0,175 mm, terdapat pada benda kerja ke-13 (tiga belas) dengan hasil kekasaran permukaan 0,237 μ m.

5.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penambahan variabel bebas seperti jenis material pahat dan media pendingin yang digunakan dan menambahkan variabel terikat seperti kebulatan, keselindrisan dan MRR
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan metode analisis lain seperti experimental, taghuchi atau factorial.

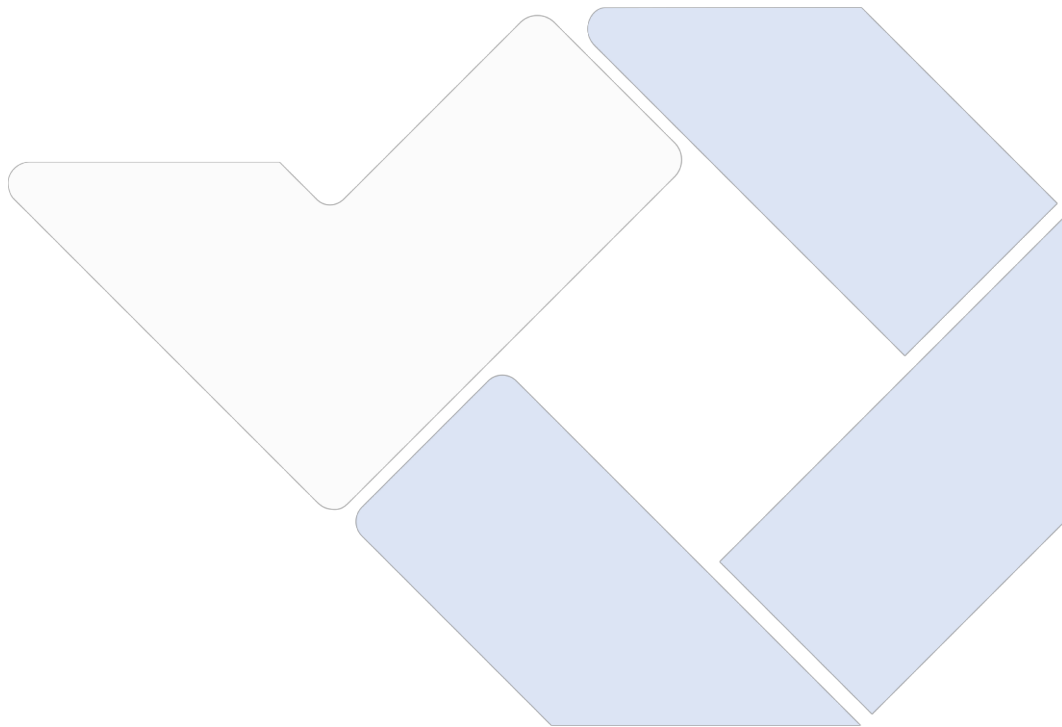
DAFTAR PUSTAKA

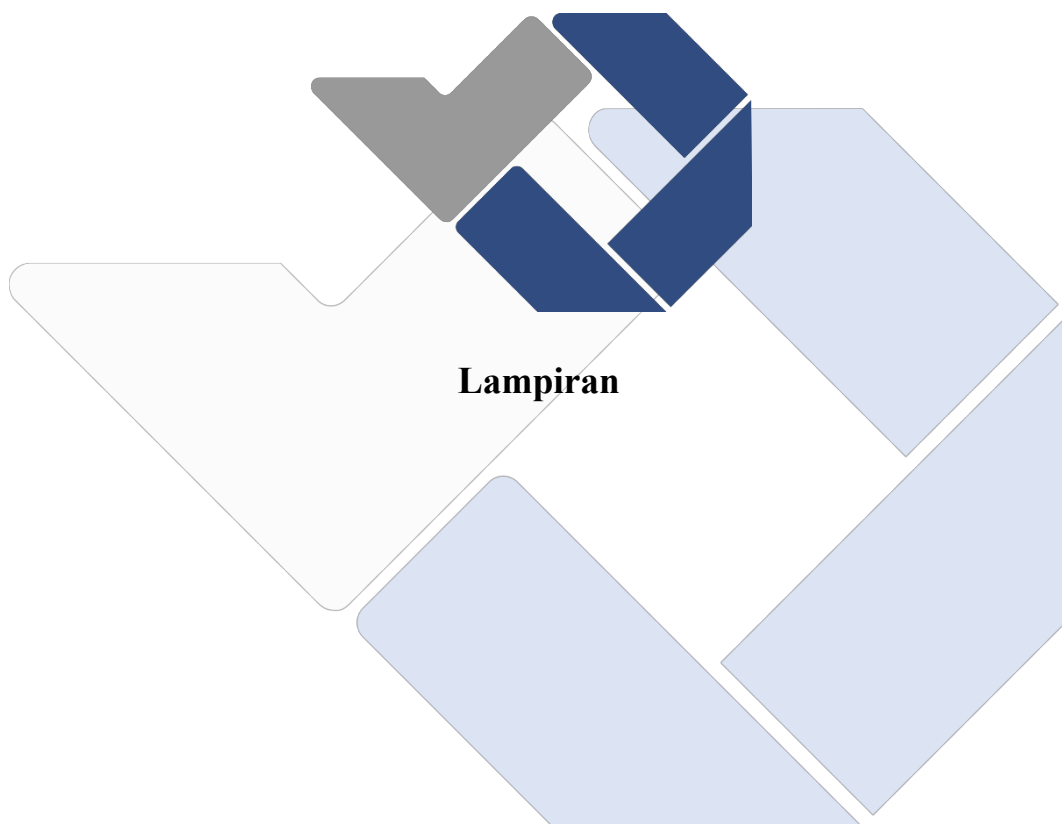
- [1] A. W. Hermawan and A. M. Sakti, “Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan dan Kekasaran Permukaan Alumunium 6061 pada Mesin Frais CNC Headman,” *Jtm*, vol. 03, no. 01, pp. 147–154, 2014.
- [2] abbas hammada, bontong yafet, Aminy yusran, azis nasarudin, and aief syahrir, “25492500,” *Proceeding Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin XII*, 2013.
- [3] B. Suroso and D. Prayogi, “Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle Dan Kedalaman Penggerindaan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St 37 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 24–33, 2019, doi: 10.30596/rmme.v2i1.3066.
- [4] M. Nopiansyah, Z. Zulfitriyanto, and E. Erwanto, “Pengaruh Kecepatan Spindle dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut CNC Baja St41,” *J. Syntax Admiration*, vol. 2, no. 7, pp. 1307–1316, 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i7.272.
- [5] S. A. Pambudi Nugroho setyo, Sudjono Imam, “Analisis Kekasaran Baja AISI 304 Akibat Variasi Parameter pada Proses Roughing CNC Turning menggunakan Pahat Cermet,” *Tek. Mesin dan Pembelajaran*, vol. 3, no. E- ISSN. 2623-1271, pp. 18–26, 2020, [Online]. Available: <http://journal12.um.ac.id/index.php/jtmp>
- [6] M. R. Harahap, S. Napid, F. Roza, K.-K. Kunci, B. Stainless Steel, and K. Berlapis, “Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Pembubutan Baja *Stainless steel* Dengan Menggunakan Pahat Carbida berlapis,” Online, 2023.
- [7] A. Zubaidi, I. Syafa, and Darmanto, “Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC,” *Momentum*, vol. 8, no. 1, pp. 40–47, 2012.
- [8] A. Mashudi and N. A. Susanti, “Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU,” *J. Pendidik. Tek.*

Mesin, vol. 9, no. 3, pp. 57–66, 2020.

- [9] C. Amin and L. Purwanto, “Peran *Computer Numeric Control* Pada Karya Arsitektur,” *SARGA J. Archit. Urban.*, vol. 16, no. 2, pp. 1–10, 2022, doi: 10.56444/sarga.v16i2.15.
- [10] eko rosal Syawal, “Mesin Cnc,” *Politek. Bosowa*, vol. 1, no. 123456, pp. 5–6, 2019.
- [11] D. P. Utama, E. Yudo, and Erwansyah, “Pengaruh Variasi Parameter Terhadap Material Removal Rate Dan Kekasaran Permukaan Stainless Steel 304 Pada Proses Cnc Milling,” *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap. 2022*, no. <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/issue/view/3>, 2022, [Online]. Available: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/187>
- [12] I. Prasetyo, T. Mesin, F. Teknik, U. Muhammadiyah, and P. Pekalongan, “Pengaruh Kecepatan Putar (RPM) Dan Kedalaman Pemakanan Pada Mesin Bubut Tipe KWC0636AX100 Terhadap Konsumsi Daya,” vol. 7, no. 2, pp. 54–59, 2024.
- [13] T. Husni, Asmadi, Y. Pusvyta, and T. Hidayat, “Pengaruh Jenis Pahat Dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan AISI 4340,” *J. Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 119–133, 2019.
- [14] Fajar Ferdian Mulya, “Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (Aisi304) Yang Diberi Perlakuan Panas Dengan Variasi Temperatur,” no. Aisi 304, pp. 1–77, 2019.
- [15] Sandvik Coromant, “Turning Handbook”.
- [16] M. Verdian, “Terhadap Pemakanan Kering Dan Basah Terhadap Material Baja Aisi 1045 Pada Proses Pemesinan Cnc Bubut,” 2022.
- [17] I. Veza, M. Spraggon, I. M. R. Fattah, and M. Idris, “Response surface methodology (RSM) for optimizing engine performance and emissions fueled with biofuel: Review of RSM for sustainability energy transition,” *Results Eng.*, vol. 18, no. June, p. 101213, 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101213.
- [18] Y. Kurniawan, B. Herawan, and N. L. Indrayani, “Kekasaran Permukaan

Logam Hasil Pembubutan Pada Material,” vol. 7, no. 2, pp. 94–100.





Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Informasi pribadi

Nama : Toto Aiwa
NPM : 1042257
Tempat/Tanggal lahir : Air Ruai 23, Mei 2004
Jenis kelamin : Laki - Laki
Jurusan / Prodi : Teknik Mesin Dan Manufaktur
Alamat : Jalan Sambu No 7 Desa Air Ruai Kecamatan Pemali
No Wa : 085273155325
Email : totoaiwa5@gmail.com
Nama orang tua
Ayah : Ahmad Ariyanto
Ibu : Rosmiyati
Alamat : Jalan Sambu No 7 Desa Air Ruai Kecamatan Pemali
Riwayat pendidikan : SD Negeri 1 Pemali
: SMP Negeri 2 sungailiat
: SMA Negeri 1 Pemali



Lampiran 2 Program CNC

```
PROGRAM ( BG-EDIT )                                05005
05005 (TOTO) ;
N1 ;
G00 T0600 ;
Q97 S1400 M03 ;
G00 X20. Z5. ;
M08 ;
G71 U0.5 R0.5 ;
G71 P100 Q200 U0.175 W0.2 F0.14 ;
N100 G00 X25. ;

) _ S
EDIT **** * * * * * ALM 15:40:38
(BG-END)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(R
```

```
PROGRAM ( BG-EDIT )                                050
G71 P100 Q200 U0.175 W0.2 F0.14
N100 G00 X25. ;
N200 G01 X25. Z-30. ;
G70 P100 Q200 F0.14 ;
G00 X100. Z200. ;
M05 ;
M09 ;
M30 ;
N2 ;

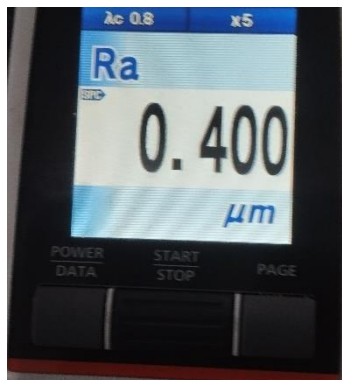
) _ S
EDIT **** * * * * * ALM 15:41:03
(BG-END)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )
```

Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Data Kekasaran

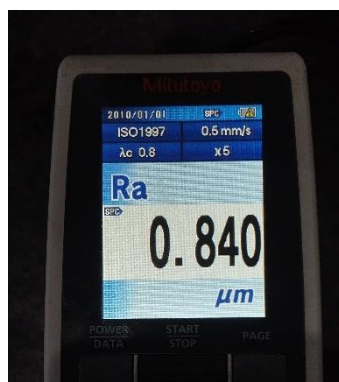
Bk1



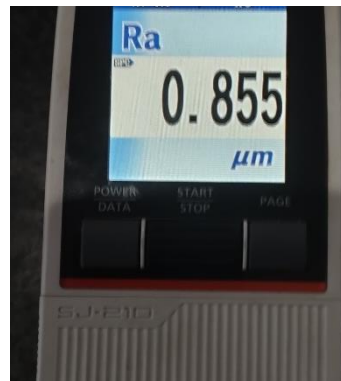
Bk2



Bk3



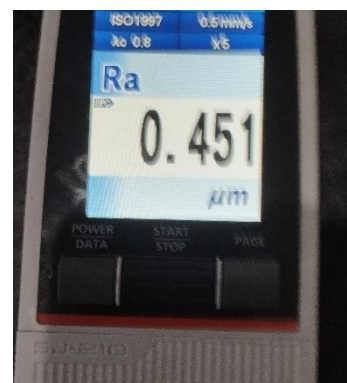
Bk4



Bk 5



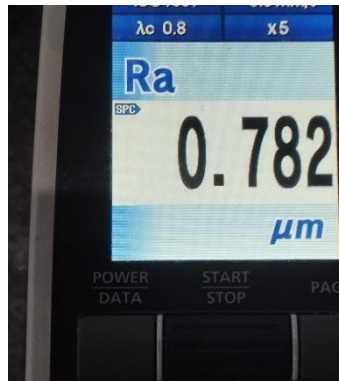
Bk6



Bk7



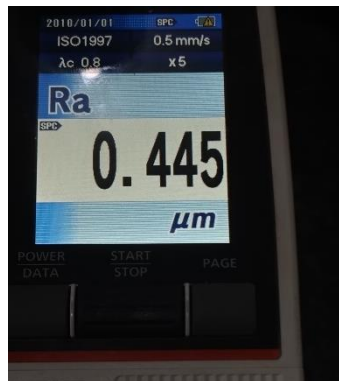
Bk 8



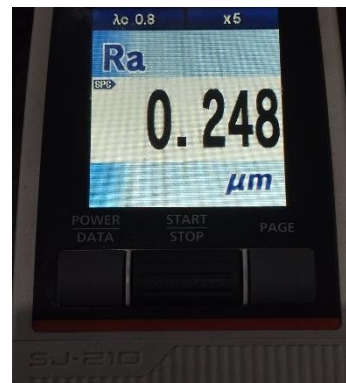
Bk9



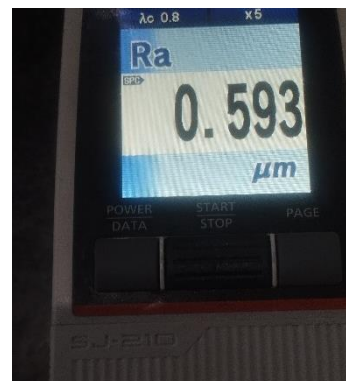
Bk10



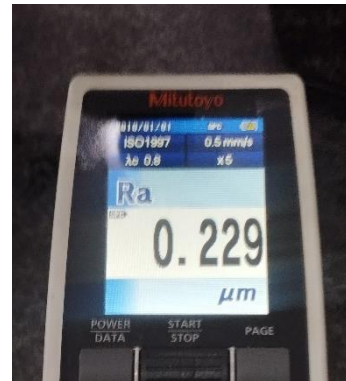
BK 11



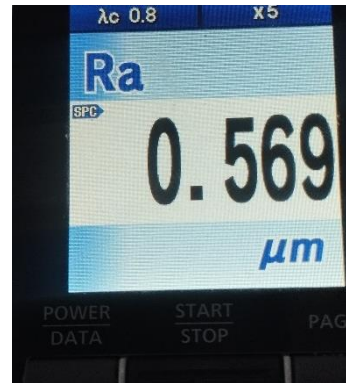
Bk 12



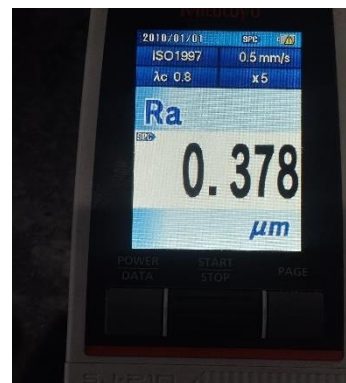
Bk13



Bk 14



Bk 15



Lampiran 4 Perhitungan Manual Mencari Nilai Koefisien

a. Mencari Metriks X

$$x = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

0,246

0,41

0,843

0,843

0,788

0,467

1,129

y = 0,767

0,408

0,445

0,241

0,576

0,237

0,569

0,382

Rumus mencari koefisien

$$b = (X^t X)^{-1} (X^t Y)$$

Sehingga jika di substitusikan akan matriks X dan y di dapatlah hasil dari nilai koefisien. Matrik tranpose dapat dilihat padaa gambar berikut

xt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	0
	-1	-1	1	1	0	0	0	0	-1	1	-1	1	0	0
	0	0	0	0	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	0
	1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	1	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Nilai perkalian matiriks XTX

Xt * x	15	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8
	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	8	4	4	
	8	0	0	0	0	0	0	4	8	4	
	8	0	0	0	0	0	0	4	4	8	

Nilai perkalian matriks $X^T \times Y$

$x^t * y$	8,351
	-0,519
	1,402
	0,605
	-0,164
	-0,041
	0,298
	5,493
	4,012
	4,821

Nilai $(X^T X)^{-1}$

x-1	0,333333333	0	0	0	0	0	0	-0,166666667	-0,166666667	-0,166666667
	0	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0,125	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0,125	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0
	-0,166666667	0	0	0	0	0	0	0,270833333	0,020833333	0,020833333
	-0,166666667	0	0	0	0	0	0	0,020833333	0,270833333	0,020833333
	-0,166666667	0	0	0	0	0	0	0,020833333	0,020833333	0,270833333

Berdasarkan rumus sehingga di dapatkan nilai koefisien

$$b = (X^T X)^{-1} (X^T Y)$$

Nilai hasil perkalian matriks untuk mencari koefisien

$$b = (X^t X)^{-1} (X^t Y)$$

koefisi	0,396
	-0,064875
	0,17525
	0,075625
	-0,041
	-0,01025
	0,0745
	0,279875
	-0,090375
	0,111875

Lampiran 5 Perhitungan Manual Anova

$$SST = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 A_i + \beta_2 B_i + \beta_3 C_i$$

run	Y	yprediksi
1	0,246	0,434125
2	0,41	0,386375
3	0,843	0,866625
4	0,843	0,654875
5	0,788	0,76675
6	0,467	0,6575
7	1,129	0,9385
8	0,767	0,78825
9	0,408	0,241125
10	0,445	0,442625
11	0,241	0,243375
12	0,576	0,742875
13	0,237	0,396
14	0,569	0,396
15	0,382	0,396
Rata rata respon		0,556733

	0,096555
	0,021531
	0,081949
	0,081949
	0,053484
	0,008052
	0,327489
	0,044212
	0,022122
	0,012484
	0,099688
	0,000371
	0,102229
	0,00015
	0,030532
SST	0,982797

Mencari SSR

$$SSR = \sum (Y^i - Y^-)^2$$

	0,015033
	0,029022
	0,096033
	0,009632
	0,044107
	0,010154
	0,145746
	0,0536
	0,099609
	0,013021
	0,098193
	0,034649
	0,025835
	0,025835
	0,025835
SSR	0,726303

Mencari SSE

$SSE = SST - SSR$

SSE	0,256494
-----	----------

Mencari SSLinear, SS interaksi Dan SS kuadrik

$$ss = \frac{(b)^2}{\sum x}$$

	A	B	C	AB	AC	BC	AA	BB	CC	
1	-1	-1	0	1	0	0	0	1	1	0
1	1	-1	0	-1	0	0	0	1	1	0
1	-1	1	0	-1	0	0	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
1	-1	0	-1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	-1	0	0	-1	0	1	0	1
1	-1	0	1	0	0	-1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
1	0	-1	-1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	1	-1	0	0	-1	0	0	1	1
1	0	-1	1	0	0	0	-1	0	1	1
1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUM	8	8	8	4	4	4	4	8	8	8
SSX1	0,03367			SSX1inter	0,006724		SSX1Sq	0,07833	0,62664	
SSx2	0,245701			SSX2inter	0,00042		SSX2Sq	0,008168	0,065341	
SSX3	0,045753			SSX3inter	0,022201		SSX3Sq	0,100128	0,100128	
SS linear	0,325124			SS interaksi	0,029345		SS kuadrik		0,792109	

MS=SS/df

Mencari F hitung

$$F = \frac{ms \text{ regresi}}{Ms \text{ error}}$$

Tabel anova hitungan manual

<i>Analysis of variance</i>						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj ms	F value	P value
Model	9	0.726303	0.726303	0.080700	1.57	0.321
Linear	3	0.325124	0.325124	0.108375	2.11	0.217
Rpm	1	0.033670	0.033670	0.033670	0.66	0.455
Feeding	1	0.245700	0.245700	0.245700	4.79	0.080
Kedalaman pemakanan	1	0.045753	0.045753	0.045753	0.89	0.388
Square	3	0.7921093	0.7921093	0.264036433	2.42	0.182
Rpm*Rpm	1	0.626640125	0.626640125	0.626640125	12.21549286	0.064
Feeding feeding *	1	0,065341125	0,065341125	0,065341125	1,273735935	0.478
Kedalaaman pemakanan kedalaman pemakanan *	1	0,100128125	0,100128125	0,100128125	1,95186096	0.386
Interaksi	3	0.029345	0.029345	0.009782	0.19	0.898
Rpm * feeding	1	0.006724	0.006724	0.006724	0.13	0.732
Rpm kedalaman pemakanan *	1	0.000420	0.000420	0.000420	0.1	0.931
Feeding kedalaman pemakanan *	1	0.022201	0.022201	0.022201	0.43	0.540
Error	5	0.256494	0.256494	0.0512988		
Lack -of-fit	3	0.201088	0.201088	0.067029	2.42	0.306
Pure error	2	0.0055406	0.0055406	0.027703		
Total	14	0.982797	0.982797			

Lampiran 6 Sertifikasi Material

Material Description**Product Cold Rolled Annealed and Pickled Stainless Steel				Material Specifications ASTM A 240, ASTM A 480, ASTM A 370				Process-Heat EAF-ADD-LRP-CCS		Dimension Tolerance Specification As per DSA/PO Agreement					
PHYSICAL DESCRIPTION															
SR NO.	BATCH NO	HRC/PLATE NO.	PCT/PALLET NO	WEIGHT (MT)	NO OF PCS	HEAT NO	GRADE	THK (mm)	WIDTH (mm)	LENGTH (mm)	FINISH	EDGE	QUALITY		
1	2001862389	N106110322		5.165		N6110322	304	2.000	1,219.00		2B	TE	PRIME		
2	2001860702	N106110320		4.890		N6110320	304	2.000	1,219.00		2B	TE	PRIME		
3	2001860703	N106110320		4.980		N6110320	304	2.000	1,219.00		2B	TE	PRIME		
4	2001860439	N106110624		2.212	51	N6110624	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
5	2001860488	N106110507		1.994	43	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
6	2001860486	N106110507		2.133	46	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
7	2001860485	N106110507		2.133	46	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
8	2001860487	N106110507		2.134	46	N6110507	304	2.000	1,219.00	2,438	2B	TE	PRIME		
CHEMICAL ANALYSIS (LADLE)															
SR NO.	HEAT NO	GRADE	C%	Ma%	S%	P%	Si%	Ni%	Cr%	N%	Mn%	Cu%	Ti%	Nb/Cb%	Al%
1	N6110322	304	0.047	1.04	0.002	0.025	0.41	8.05	18.10	0.048					
2	N6110320	304	0.049	1.07	0.004	0.029	0.42	8.03	18.23	0.057					
3	N6110320	304	0.049	1.07	0.004	0.029	0.42	8.03	18.23	0.057					
4	N6110624	304	0.020	1.39	0.002	0.029	0.38	8.01	18.05	0.062					
5	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
6	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
7	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
8	N6110507	304	0.023	1.37	0.002	0.027	0.41	8.02	18.18	0.063					
MECHANICAL PROPERTIES														ADDITIONAL INFORMATION	
Sr No.	Batch No.	Thk mm	Rp 0.2 YS Mpa	Rp 1.0 Mpa	Rm TS Mpa	%EL A 50 mm	%EL A 80 mm	Hardness HRB	Bend Test 180°						
1	2001862389	2.00	278		632	59		88							
2	2001860702	2.00	269		586	63		86							
3	2001860703	2.00	269		586	63		86							
4	2001860439	2.00	276		628	55		85							
5	2001860488	2.00	288		630	56		85							
6	2001860486	2.00	288		630	56		85							
7	2001860485	2.00	288		630	56		85							
8	2001860487	2.00	288		630	56		85							

OK Skripsi toto aiwa Bab 1 -Bab 5 _2_.docx

ORIGINALITY REPORT

7%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

publishing-widyagama.ac.id

Internet Source

1%

2

jurnal.uisu.ac.id

Internet Source

1%

3

pt.scribd.com

Internet Source

1%

4

123dok.com

Internet Source

<1%

5

repository.ppns.ac.id

Internet Source

<1%

6

assets.researchsquare.com

Internet Source

<1%

7

repository.helvetia.ac.id

Internet Source

<1%

8

docplayer.info

Internet Source

<1%

9

Alexander Brost, Rui Liao, Joachim Hornegger, Norbert Strobel. "Chapter 21 Model-Based Registration for Motion Compensation during EP Ablation Procedures", Springer Science and Business Media LLC, 2010

Publication

<1%

10	Sagar Suman Panda, Ravi Kumar Venkata Varaha Bera, Sonal Mohanty, Subham Panigrahi, Biswajit Sahu. "Analytical procedure development: Concept to application for chemometry based ultrafast LC estimation of pimavanserin in pharmaceuticals", Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2019 Publication	<1 %
11	www.neliti.com Internet Source	<1 %
12	bioone.org Internet Source	<1 %
13	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
14	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
15	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
16	doku.pub Internet Source	<1 %
17	patents.justia.com Internet Source	<1 %
18	Saleh Dwiyatno, Gunardi Wira Putra, Erni Krisnaningsih. "Penerapan Ospf Routing, De-Militarized Zone, Dan Firewall Pada Mikrotik Routerboardtm Dinas Komunikasi Dan Informatika Depok", JSil (Jurnal Sistem Informasi), 2017 Publication	<1 %