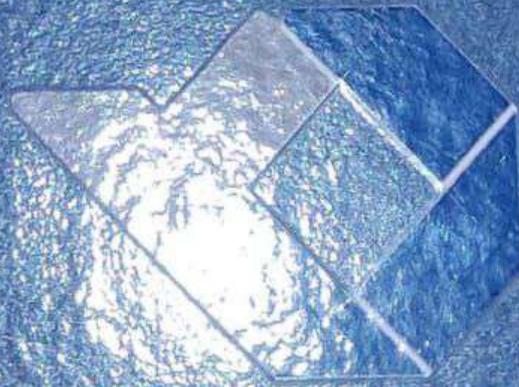


**ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN
SPINDEL DAN FEEDING TERHADAP NILAI
KEKASARAN PERMUKAAN PROSES
FINISHING BUBUT CNC**

PROYEK AKHIR

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



Disusun oleh:

Adam Smith

NPM: 1041932

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022/2023**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN
SPINDEL DAN *FEEDING* TERHADAP NILAI
KEKASARAN PERMUKAAN PROSES
FINISHING BUBUT CNC**

PROYEK AKHIR

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



Disusun oleh:

Adam Smith

NPM: 1041932

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022/2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN SPINDEL DAN
FEEDING TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES
FINISHING BUBUT CNC**

Oleh:
Adam Smith/1041932

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

Menyetujui,

Pembimbing 1


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

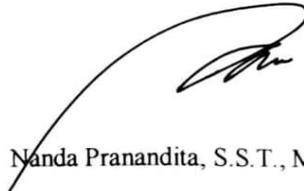
Pembimbing 2


M. Haritsah Amrullah, S.S.T., M.Eng.

Penguji 1


Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T.

Penguji 2


Nanda Pranandita, S.S.T., M.T.

Ketua Jurusan Teknik Mesin


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

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan.:

Nama Mahasiswa : Adam Smith NIRM: 1041932

Dengan judul : **ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN SPINDEL DAN FEEDING TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES FINISHING BUBUT CNC**

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

Sungailiat, 18 Januari 2023

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Adam Smith



ABSTRAK

Perkembangan dan kemajuan teknologi yang sangat pesat dalam bidang industri menuntut industri manufaktur untuk dapat menghasilkan produk-produk dengan kualitas baik dengan tingkat ketelitian yang tinggi diiringi pengerjaan yang cepat. Sehingga diciptakanlah mesin-mesin dengan sistem semi otomatis untuk dapat memenuhi tuntutan tersebut. Salah satu mesin tersebut adalah mesin CNC bubut, dimana mesin ini pengoperasiannya dikontrol menggunakan sistem komputer yang dapat menerjemahkan kode M dan kode G menjadi perintah dalam menggerakkan peralatan di dalamnya. Pada setiap proses permesinan mesin CNC bubut tidak luput dari nilai kekasaran permukaan produknya karena semakin rendah nilai kekasaran permukaan maka semakin baik kualitas produknya. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan setting parameter yang optimal untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan terkecil pada proses finishing dan mendapatkan seberapa persen kontribusi yang diberikan oleh parameternya terhadap nilai kekasaran permukaan. Material yang digunakan adalah baja karbon AISI 1045 yang dibubut menggunakan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25. Parameter yang digunakan adalah kecepatan spindel dan feeding. Metode yang digunakan adalah metode taguchi dengan rancangan percobaan matriks orthogonal $L_9(3^2)$ dan dilakukan replikasi sebanyak 3 untuk mengurangi penyimpangan yang jauh. Berdasarkan hasil penelitian, setting parameter yang dapat menghasilkan nilai kekasaran terendah yaitu kecepatan spindel pada level 3 sebesar 1804 rpm dan feeding pada level 1 sebesar 0,1 mm/put. Selain itu, persen kontribusi yang diberikan parameter terhadap nilai kekasaran adalah kecepatan spindel sebesar 0,724% dan feeding sebesar 99,146%.

Kata kunci: *kekasaran, mesin bubut CNC, baja AISI 1045, Taguchi.*

ABSTRACT

The rapid development and advancement of technology in the industrial sector requires the manufacturing industry to be able to produce good quality products with a high level of accuracy accompanied by fast processing. So that machines with semi-automatic systems were created to be able to meet these demands. One of these machines is a CNC lathe, where the operation of this machine is controlled using a computer system that can translate M code and G code into commands to move the equipment inside. In every machining process, a CNC lathe does not escape the surface roughness value of its products because the lower the surface roughness value, the better the product quality. Therefore, the purpose of this research is to obtain optimal parameter settings to obtain the smallest surface roughness value in the finishing process and to obtain the percentage contribution made by the parameter to the surface roughness value. The material used is AISI 1045 carbon steel which is turned using a MORI SEIKI SL-25 CNC lathe. The parameters used are spindle speed and feeding. The method used was the taguchi method with an orthogonal matrix L9(3²) experimental design and 3 replications were carried out to reduce large deviations. Based on the research results, the parameter settings that produce the lowest roughness values are spindle speed at level 3 of 1804 rpm and feeding at level 1 of 0.1 mm/put. In addition, the percent contribution given by the parameter to the roughness value is spindle speed of 0.724% and feeding of 99.146%.

Keywords: roughness, CNC lathe, AISI 1045 steel, Taguchi.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN SPINDEL DAN FEEDING TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES FINISHING BUBUT CNC”**. Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai syarat dalam menyelesaikan Studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur dari Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMANBABEL).

Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah banyak mendukung dan mendoakan saya sampai ke titik ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 dalam tugas akhir ini.
4. Bapak M. Haritsah Amrullah, S.S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 dalam tugas akhir ini.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Seluruh teknisi, tenaga pendidik dan kependidikan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Ummi, Andri, Berry, Verdian, Nopal, Argo, yang selalu membantu dan memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. Firzan dan Dika yang senantiasa membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

10. Seluruh teman-teman WUG tongkrongan yang selalu memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
11. Seluruh teman-teman kelas yang selalu memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
12. Seluruh pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan karena terbatasnya pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang dapat membangun dari semua pihak demi perbaikan dan pengembangan penulisan makalah ini di masa yang akan mendatang. Penulis berharap makalah ini bisa bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan pada khususnya dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada umumnya.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Baja AISI 1045	4
2.1.1 Pengertian Baja AISI 1045.....	4
2.1.2 Unsur Baja Karbon AISI 1045	4
2.1.3 Sifat Mekanik Baja AISI 1045	4
2.1.4 Penggunaan Baja AISI 1045	5
2.2 Mesin Bubut CNC	5
2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC.....	5
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC.....	6
2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC.....	6
2.2.4 Pemrograman Mesin Bubut CNC.....	8

2.2.5	Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC	10
2.3	Kekasaran Permukaan.....	11
2.4	Metode Taguchi.....	12
2.4.1	Pengertian Metode Taguchi	12
2.4.2	Tahapan Desain Eksperimen Taguchi	13
BAB III	METODE PELAKSANAAN.....	18
3.1	Tahapan Penelitian.....	18
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.3	Parameter Penelitian	19
3.3.1	Parameter Respon.....	19
3.3.2	Parameter Bebas	19
3.3.3	Parameter Kontrol.....	20
3.3.4	Parameter Gangguan (<i>noise</i>)	20
3.4	Alat dan Bahan	20
3.4.1	Alat Penelitian	20
3.4.2	Bahan Penelitian.....	21
3.5	Proses Pemesinan	21
3.6	Uji kekasaran.....	25
3.7	Pengambilan dan analisis data.....	26
BAB IV	PEMBAHASAN.....	27
4.1	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	27
4.2	Analisis Varian Taguchi.....	28
4.2.1	Perhitungan langsung <i>means</i> terhadap respon	29
4.2.2	Pengaruh Faktor terhadap Variabilitas Nilai Kekasaran.....	37
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran	46
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC.....	7
Gambar 3. 1 Ukuran benda kerja.....	21
Gambar 3. 2 Benda kerja baja AISI 1045	22
Gambar 3. 3 Mata potong.....	22
Gambar 3. 4 Holder mata potong	22
Gambar 3. 5 Palu plastik	23
Gambar 3. 6 Jangka sorong	23
Gambar 3. 7 Gambar program CNC.....	23
Gambar 3. 8 Pencekaman benda kerja	24
Gambar 3. 9 Pemasangan mata potong.....	24
Gambar 3. 10 Benda kerja hasil pembubutan.....	25
Gambar 4. 1 Hasil uji <i>software</i> statistik.....	30
Gambar 4. 2 Hasil uji <i>software</i> statistik.....	30
Gambar 4. 3 Hasil uji <i>software</i> minitab respon rasio S/N.....	39
Gambar 4. 4 Grafik hasil uji <i>software</i> minitab respon rasio S/N	40
Gambar 4. 5 Hasil pengujian <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Unsur Baja Karbon AISI 1045	4
Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Baja Karbon AISI 1045	5
Tabel 2. 3 Kode G dan fungsinya	9
Tabel 2. 4 Kode M dan fungsinya	10
Tabel 2. 5 Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran	12
Tabel 2. 6 Proses pengerjaan untuk kekasaran permukaan	13
Tabel 2. 7 Level-level matriks ortogonal	15
Tabel 3. 1 Daftar parameter bebas dan levelnya	19
Tabel 3. 2 Daftar parameter kontrol dan levelnya	20
Tabel 3. 3 Spesifikasi mesin bubut CNC	20
Tabel 4. 2 Data hasil pengukuran kekasaran	28
Tabel 4. 3 Respon rata-rata parameter terhadap nilai kekasaran	29
Tabel 4. 4 Analisis varians rata-rata respon kekasaran	32
Tabel 4. 5 Persen kontribusi	33
Tabel 4. 6 Kombinasi parameter awal dan optimum	34
Tabel 4. 7 Hasil uji kombinasi awal dan optimum	34
Tabel 4. 8 Hasil rasio S/N pada kombinasi awal dan optimum	34
Tabel 4. 9 Perbandingan rata-rata kombinasi awal dan optimum	35
Tabel 4. 10 Formula awal interval kepercayaan	36
Tabel 4. 11 Rasio S/N	38
Tabel 4. 12 Rasio S/N respon nilai kekasaran	39
Tabel 4. 13 Analisis varians rasio S/N respon nilai kekasaran	42
Tabel 4. 14 Persen kontribusi rasio S/N	43
Tabel 4. 15 Formula awal interval kepercayaan rasio S/N	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Hasil Uji Kekasaran

Lampiran 3 Lanjutan Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov*

Lampiran 4 Tabel T

Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 6 *Form* Monitoring Proyek Akhir

Lampiran 7 *Form* Bimbingan Proyek akhir

Lampiran 8 *Form* Revisi Laporan Akhir

Lampiran 9 Bukti Bukan Plagisai

Lampiran 10 Bukti Publikasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi di dalam bidang industri, banyak menciptakan mesin-mesin yang sudah diperbaharui menjadi lebih sempurna dengan sistem semi otomatis dengan tingkat ketelitian yang tinggi, sehingga mempermudah pekerjaan manusia untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan efisien. Dengan perkembangan IPTEK maka industri manufaktur diminta untuk dapat bersaing kedepannya mulai dari segi peningkatan kualitas produk, penurunan biaya produksi, kecepatan proses manufakturnya, dan produksi yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, diciptakanlah mesin CNC yang dapat memenuhi tuntutan-tuntutan dalam indsutri manufaktur tersebut.

CNC (*Computer Numerically Controlled*) adalah mesin yang memiliki panel kontrol berupa komputer yang berfungsi untuk merubah perintah kode G (Gkode) dalam menggerakkan peralatan didalamnya untuk mengerjakan komponen (benda kerja) (Sumbodo 2008). Pada setiap proses pemesinan CNC akan memperoleh hasil dengan tingkat kekasaran permukaan yang berbeda-beda, hal tersebut dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhinya. Menurut (Santoso 2019) terdapat beberapa faktor dalam proses pemesinan yang dapat mempengaruhi kualitas suatu produk yaitu; variasi kecepatan potong, sudut dan ketajaman mata pisau, getaran mesin, posisi senter, perlakuan panas yang kurang baik dan lain sebagainya. Selain beberapa faktor yang disebutkan tersebut masih terdapat faktor lain yang mempengaruhi kualitas permukaan suatu produk adalah kedalaman pemakanan, *feeding*, dan kecepatan spindle. Telah banyak peneliti yang melakukan penelitian terhadap kekasaran permukaan benda kerja dengan menggunakan berbagai macam variasi parameter yang digunakan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat kekasaran terbaik untuk proses pemesinan yang lebih maksimal.

Salah satu penelitian terdahulu yaitu penelitian (Mulyadi, Riyo; Oktriadi, Yudi; Riva'i 2022). Pada penelitian tersebut pemotongan menggunakan variasi

gerak makan (0,20; 0,4; 0,60) mm/put, variasi tebal pemakanan (0,50; 0,75; 1) mm, serta variasi kecepatan spindel (1700; 1850; 2000) put/menit. Dari penelitian tersebut didapat nilai kekasaran permukaan terendah yaitu pada *setting* parameter feeding sebesar 0,2 mm/put, tebal pemakanan sebesar 1 mm, dan kecepatan spindel sebesar 2000 put/menit. Dan hasil analisis varian serta persen kontribusi menunjukkan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan yaitu, gerak makan sebesar 49,734%, tebal pemakanan sebesar 19,239%, dan kecepatan spindel sebesar 7,334%.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Allam and Sumbodo 2020) menggunakan material baja ST 60 dengan parameter, variasi kedalaman potong (0,2; 0,3; 2,3; 2,5) mm dengan *feeding* sebesar 0,2 mm/rev, dan variasi *feeding* (0,05; 0,1; 0,4; 0,5) mm/rev dengan kedalaman potong sebesar 1,3 mm. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan semakin tinggi kedalaman potong maka semakin rendah nilai kekasaran dan semakin tinggi laju pemakanan maka semakin tinggi nilai kekasaran yang di peroleh.

Oleh sebab itu, peneliti ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi kecepatan spindel dan *feeding* terhadap kekasaran permukaan setelah di *finishing* untuk melihat nilai kekasaran pada benda kerja setelah melalui proses pembubutan mesin bubut CNC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat didapat perumusan masalah sebagai berikut;

1. Bagaimana *setting* parameter yang dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah dengan menggunakan metode Taguchi?
2. Seberapa besar persen kontribusi parameter terhadap respon nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 proses *finishing* pemesinan bubut CNC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan *setting* parameter pada proses *finishing* yang dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan terkecil pada *range* (0,4 – 6,3) dengan menggunakan metode Taguchi?
2. Untuk mendapatkan seberapa besar persen kontribusi parameter terhadap respon nilai kekasaran permukaan pada proses *finishing* pemesinan bubut CNC?

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dibuat supaya penelitian ini dapat terarah dengan tepat pada tujuan yang telah direncanakan dan memudahkan untuk mendapatkan data dan informasi yang dibutuhkan. Berikut beberapa batasan masalah yang penulis tetapkan yaitu;

1. Proses pemesinan menggunakan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25.
2. Benda kerja yang digunakan adalah baja AISI 1045.
3. Ukuran benda kerja adalah diameter x panjang = $\text{Ø}30 \times 100$ mm.
4. Parameter yang digunakan hanya kecepatan spindel dan *feeding*.
5. Kecepatan spindel yang digunakan dibawah 2000.
6. Pahat yang digunakan adalah *insert* DCMT 11T304 VP15TF MITSUBISHI.
7. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan memperluas wawasan mengenai pengaruh variasi kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan pada proses pemesinan mesin CNC *turning* terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Baja AISI 1045

2.1.1 Pengertian Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja *carbon* sedang atau baja *carbon* menengah dengan kandungan *carbon* sekitar 0,43% - 0,50% yang termasuk kedalam standarisasi baja AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Berdasarkan AISI dan SAE ada beberapa ketentuan dalam standarisasi baja yaitu dinyatakan dalam 4 atau 5 angka (Rifnaldy & Mulianti, 2019). Pada baja AISI 1045, angka 10 menunjukkan baja karbon atau *plain carbon steel* sedangkan angka 45 menunjukkan bahwa baja tersebut memiliki kandungan *carbon* sebesar 0,45% (Pramono, 2011).

2.1.2 Unsur Baja Karbon AISI 1045

Menurut standar ASTM A 827-85 baja karbon AISI 1045 memiliki kandungan unsur sesuai pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Unsur Baja Karbon AISI 1045

Unsur	Persentase (%)
Karbon	(0,42 - 0,45)
Mangan	(0,60 - 0,90)
Sulfur	(maks. 0,035)
Fosfor	(maks. 0,040)
Silican	(0,15 - 0,40).

Sumber: AISI (*American Iron and Steel Institute*)

2.1.3 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Menurut standar ASTM A 827-85 baja karbon AISI 1045 memiliki sifat-sifat mekanik sesuai pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Baja Karbon AISI 1045

Sifat Mekanik	Keterangan
Kekuatan tarik	396 N/mm ²
Kekuatan luluh	380 N/mm ²
Elongation	16% /mm ²
Modulus elastisitas	200 Gpa
Massa jenis	7,89 gr/cm.

Sumber: AISI (*American Iron and Steel Institute*)

2.1.4 Penggunaan Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 mempunyai karakteristik dan sifat mekanik yang baik dan bagus sehingga banyak digunakan untuk menjadi komponen-komponen otomotif. Menurut (Yusman, 2018) baja karbon AISI 1045 biasanya digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin dan alat-alat perkakas. Menurut (Pramono, 2011) baja AISI 1045 biasanya dijadikan sebagai komponen-komponen otomotif, misalnya poros, roda gigi, dan bantalan pada kendaraan bermotor. Menurut (Rifnaldy dan Mulianti, 2019) baja AISI 1045 biasanya digunakan untuk komponen mesin seperti komponen piston, roda gigi, poros, dan penggunaannya ini termasuk pada baja konstruksi.

Dilihat dari beberapa penggunaannya pada komponen otomotif tersebut menunjukkan bahwa baja AISI 1045 memiliki ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsi dari komponen tersebut agar dapat menahan keausan pengurangan dimensi yang terjadi dari peningkatan suhu akibat sering mengalami gesekan pada bagian komponen tersebut.

2.2 Mesin Bubut CNC

2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC

Mesin bubut CNC atau kepanjangan dari *computer numerically controlled* merupakan mesin perkakas yang menggunakan sistem control berbasis computer yang dapat membaca instruksi kode N dan G (Gkode) dalam menggerakkan sistem peralatannya untuk membuat sebuah komponen (benda kerja) (Sumbodo, 2008).

Keunggulan mesin bubut CNC dibandingkan dengan mesin konvensional adalah memiliki tingkat ketelitian dan kepresisian yang tinggi, fleksibilitas, serta kapasitas produksi yang cepat dalam jumlah besar.

Menurut (Widarto 2008) mesin bubut CNC digolongkan menjadi 2 tipe, yaitu :

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

Dari kedua mesin tersebut memiliki prinsip kerja yang sama namun penggunaan dilapangannya yang membedakan kedua tipe ini. Mesin bubut CNC TU penggunaannya untuk pelatihan dasar pemrograman dan pengoperasian CNC dengan dilengkapi EPS (*External Programing System*). Mesin CNC PU penggunaannya untuk produksi massal sehingga dilengkapi dengan asesoris tambahan yang lebih kompleks. Untuk mesin CNC TU biasanya dioperasikan untuk pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak.

2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Pada dasarnya mesin bubut CNC memiliki prinsip kerja yang sama dengan mesin bubut konvensional lainnya yaitu benda kerja dipasang pada cekam yang bergerak dan alat potong diam dengan gerakan dasar melintang dan *horizontal*. Pada umumnya sumbu X merupakan gerakan melintang tegak lurus dengan sumbu putar, sedangkan sumbu Z merupakan gerakan memanjang yang sejajar dengan sumbu putar (Widarto, 2008).

2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC

Bagian-bagian utama dari mesin bubut CNC dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Berikut penjelasan dari setiap bagian-bagian mesin bubut CNC (Furqoni 2022) yaitu:

1. Kepala tetap atau *headstock*

Pada dasarnya tidak berbeda jauh dengan mesin bubut konvensional lainnya yaitu memiliki motor penggerak sebagai pemutar spindle utama dan susunan roda gigi yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran mesin.

Mengatur kecepatan mesin tersebut berbeda dengan mesin bubut konvensional karena menggunakan program/perintah yang dimasukkan melalui panel. Pada bagian ini juga dipasang cekam (*chuck*) yang berfungsi untuk mengikat benda kerja.



Gambar 2. 1 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC

Sumber: (Furqoni 2022)

2. Meja Mesin Bubut CNC (*CNC Lathe Bed*)
Bagian ini berfungsi sebagai landasan dan lintasan *tool turret*, biasanya terbuat dari bahan yang sudah dikeraskan agar tidak terkikis saat terkena gesekan.
3. Cekam (*Chuck*)
Bagian ini berfungsi untuk mencekam atau menjepit benda kerja yang akan diproses dengan sekuatnya agar tidak bergerak atau bergeser disaat cekam berputar.
4. Kepala lepas (*Tailstock*)
Pada bagian ini biasanya digunakan untuk membantu proses pencekaman benda kerja yang relatif panjang agar lebih kuat sehingga tidak terjadi pergeseran terhadap benda kerja.
5. *Tailstock Quil*
Bagian ini biasanya dipasangkan pada bagian depan kepala lepas, saat kepala lepas didekatkan dengan benda kerja maka *tailstock quil* harus dimajukan

dengan bantuan tekanan hidrolik/pneumatik sehingga pencekaman menjadi lebih kuat.

6. Pedal Kaki

Bagian ini berfungsi untuk mengatur *tailstock* dan cekam. Biasanya digunakan untuk memajukan dan memundurkan *tailstock* serta membuka dan menutup cekam.

7. Panel Kontrol

Bagian ini bisa disebut sebagai otak dari mesin CNC karena semua program mesin CNC dimasukkan ke panel ini yang kemudian mengendalikan seluruh bagian mesin dari menghidupkan sampai selesai pengerjaannya.

8. *Tool Turret*

Bagian ini memiliki fungsi yang sama dengan *toolpost* pada mesin bubut konvensional yaitu untuk memasang alat potong. Bagian ini memiliki berbagai macam bentuk dan jumlah alat potong yang dapat dipasangkan.

2.2.4 Pemrograman Mesin Bubut CNC

1. Metode pemrograman

Metode pemrograman mesin CNC dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Metode *absolute*

Metode *absolute* yaitu menjadikan 1 titik tetap sebagai titik referensi untuk semua ukuran pengerjaannya.

b. Metode *incremental*

Metode *incremental* biasanya membuat titik referensinya selalu berubah yaitu titik terakhir yang dituju akan menjadi titik referensi untuk ukuran pengerjaan selanjutnya.

2. Bahasa Pemrograman

Dalam proses pemesinan CNC terdapat bahasa pemrograman yang berupa kode huruf, angka, dan simbol yang berfungsi untuk membuat format perintah pengerjaannya. Pada mesin CNC terdapat sebuah perangkat yaitu *Machine Control Unit* (MCU) yang berfungsi untuk menerjemahkan kode

bahasa tersebut menjadi perintah pengerjaan sesuai dengan bentuk benda kerja.

Pada dasarnya mesin CNC hanya dapat membaca kode standar yang telah dibuat dan disepakati oleh industri yang telah menciptakan mesin CNC tersebut. Secara umum kode yang biasa digunakan berupa kode M dan kode G, dimana kode M digunakan sebagai perintah untuk menghidupkan atau mematikan beberapa fungsi komponen penggerak di dalamnya sedangkan kode G digunakan untuk perintah pergerakan pemakanan pada benda kerja terhadap sumbu X, Y, dan Z.

Berikut macam-macam kode G yang biasa digunakan sesuai pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kode G dan fungsinya

Kode G	Fungsi
G00	Perintah pergerakan tanpa pemakanan
G01	Perintah pergerakan pemakanan lurus
G02	Perintah pergerakan pemakanan melingkar searah jarum jam
G03	Perintah pergerakan pemakanan melingkar berlawanan arah jarum jam
G04	Perintah pergerakan berhenti sesaat
G40	Membatalkan kompensasi radius
G41	Perintah pembubutan diameter dalam
G42	Perintah pembubutan diameter luar
G54	Berarti titik nol benda kerja diaktifkan
G70	Perintah pemakanan finishing
G71	Perintah pemakanan berulang secara otomatis
G90	Perintah pemrograman <i>absolute</i>
G91	Perintah pemrograman <i>incremental</i>
G92	Perintah pembuatan ulir
G96	Mengatur kecepatan potong

Berikut macam-macam kode M yang biasa digunakan sesuai pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kode M dan fungsinya

Kode M	Fungsinya
M02	Untuk program berakhir
M03	Untuk spindel ON searah putaran jarum jam
M04	Untuk spindel ON berlawanan putaran jarum jam
M05	Untuk spindel OF
M08	Untuk menghidupkan pendingin untuk mematikan pendingin
M09	Untuk mematikan pendingin
M30	Untuk akhir program dan posisi tool kembali

2.2.5 Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC

Ada beberapa parameter dalam proses pengoperasian mesin CNC yaitu:

1. Kecepatan potong

Kecepatan potong adalah kecepatan gerak putaran yang dibutuhkan dalam proses pemotongan benda kerja. Kecepatan biasanya ditentukan dari jenis benda yang akan dipotong dan jenis alat potong yang digunakan.

Rumus untuk menentukan kecepatan potong adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

V_c = kecepatan potong (m/menit)

n = putaran spindel (rpm)

d = diameter benda kerja (mm)

$\pi = 3,14$

Nilai V_c dapat dipengaruhi oleh bahan material yang digunakan dan jenis alat potong yang digunakan. Nilai V_c akan semakin besar jika kekuatan jenis alat potong semakin tinggi, dan nilai V_c akan semakin kecil jika kekuatan bahan semakin tinggi.

2. Kedalaman pemotongan

Kedalaman pemotongan adalah besarnya ketebalan benda kerja yang akan disayat oleh alat potong pada saat proses pembubutan.

Rumus untuk menentukan kedalaman pemotongan adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{d_o}{d_m}(mm) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

d_o = diameter awal(mm)

d_m = diameter akhir (mm)

3. Kecepatan pemakanan

Kecepatan pemakanan adalah besarnya nilai kecepatan gerak makan alat potong sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran dari spindel (Doni 2015).

Rumus untuk menentukan kecepatan pemakanan adalah sebagai berikut:

$$V_f = f \times n \text{ (mm/menit) } \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

V_f = kecepatan pemakanan (mm/menit)

n = putaran spindel (rpm)

f = gerak makan (mm/rev)

2.3 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah kondisi ketidakrataan pada permukaan benda kerja karena adanya penyimpangan karakteristik. Beberapa faktor penyebabnya yaitu: jenis pahat yang digunakan, parameter pemotongan yang digunakan, cacat atau kerusakan pada aliran geram, dan jenis material benda kerja (Endrian 2021). Menurut (Santoso 2019) faktor yang memengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja ialah variasi kecepatan potong, sudut dan ketajaman mata potong, getaran mesin, posisi senter, perlakuan panas yang kurang baik, dan lainnya. Serta menurut (Sunyapa 2016) yang mempengaruhi nilai kekasaran adalah parameter pemotongan, dimensi pahat, geometri pahat, cacat pada benda kerja dan kerusakan pada aliran beram.

Dalam proses pemesinan nilai kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap kualitas suatu produk. Oleh karena itu, semakin kecil nilai kekasaran permukaan maka semakin bagus kualitas suatu produk tersebut. Kekasaran permukaan biasanya diukur dengan menganggap jarak antara puncak tertinggi dengan lembah terdalam. Pada proses pengukuran kekasaran benda kerja sensor alat ukur digerakkan mengikuti lintasan berupa garis lurus sejauh jarak yang ditentukan.

Menurut ISO untuk nilai penyimpangan rata-rata aritmatik telah di klasifikasikan menjadi 12 tingkat kekasaran sesuai pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Standarisasi Simbol Nilai Kekasaran

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

Sumber: (Rochim, 2001)

Untuk nilai kekasaran permukaan rata-rata (Ra) yang telah di standarkan menurut (Munadi 2017) sesuai pada Tabel 2.6.

2.4 Metode Taguchi

2.4.1 Pengertian Metode Taguchi

Metode Taguchi adalah metodologi penelitian dalam suatu rancangan percobaan yang bertujuan untuk memperbaiki proses dan kualitas benda kerja sehingga dapat meminimalkan biaya dan sumber daya yang digunakan. Untuk mencapai sasaran tersebut metode taguchi menjadikan benda kerja dan proses tidak

sensitif terhadap parameter gangguan (*noise*), seperti material, tenaga kerja manusia, kondisi-kondisi operasional, dan perlengkapan manufaktur (Soejanto 2009).

Tabel 2. 6 Proses pengerjaan untuk kekasaran permukaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping</i>	N1 - N4	0,025 - 0,2
<i>Superfinishing diamond turning</i>	N1 - N6	0,025 - 0,2
<i>Flat cylindrical grinding</i>	N1 - N8	0,025 - 3,2
<i>Finishing</i>	N4 - N8	0,1 - 3,2
<i>Face and finishing roughness turning, milling and reaming</i>	N5 - N12	0,4 - 50
<i>Drilling</i>	N7 - N10	1,6 - 12,5
<i>Shapping, Planning, horizontal milling</i>	N6 - N12	0,8 - 50,0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10 - N11	12,5 - 25,0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6 - N8	0,8 - 3,2

Menurut (Soejanto 2009) metode taguchi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya yaitu;

1. Lebih efisien karena dapat melibatkan lebih banyak faktor dan level parameternya dalam penelitian.
2. Mendapatkan kesimpulan mengenai level dari parameter kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Adapun kekurangan dari metode taguchi ini yaitu, memiliki struktur rancangan yang sangat kompleks, sehingga pada proses pemilihan rancangan percobaan harus hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

2.4.2 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi

2.4.2.1 Tahap Perencanaan Eksperimen

Adapun beberapa Langkah pada tahap ini yaitu (Soejanto 2009):

1. Perumusan Masalah

Masalah harus dirumuskan secara sistematis dan jelas secara teknis sehingga dapat dimasukkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.

2. Tujuan Eksperimen

Tujuan eksperimen harus dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan dengan sistematis sebelumnya.

3. Penentuan Respon

Penentuan respon tergantung pada parameter-parameter lain yang disebut parameter bebas.

4. Pengidentifikasian Parameter Bebas

Parameter bebas adalah parameter yang mengalami perubahan tanpa pengaruh dari parameter lain. Pada tahap ini akan dipilih beberapa parameter yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap respon yang bersangkutan.

5. Pemisahan Parameter Kontrol dan Parameter Gangguan

Parameter-parameter yang dipilih akan dibagi menjadi parameter kontrol dan parameter gangguan karena memiliki pengaruh yang berbeda antara keduanya. Parameter gangguan adalah parameter yang nilainya tidak dapat dikendalikan sedangkan parameter kontrol adalah parameter yang nilainya dapat dikendali.

6. Penentuan Jumlah dan Nilai Level Parameter

Langkah ini akan mempengaruhi biaya operasinal dan tingkat ketelitian hasil. Semakin banyak level yang digunakan maka semakin akurat hasil eksperimen yang diperoleh, namun biaya yang harus dikeluarkan akan semakin besar.

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitunggam derajat kebebasan biasanya dilakukan untuk menentukan seberapa banyak jumlah percobaan yang harus dilakukan untuk meneliti parameter yang diamati. Derajat kebebasan dari parameter dan level (ν_{ff}) dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\nu_{ff} = \text{jumlah level parameter} - 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

8. Pemilihan Matriks Ortogonal

Pemilihan matriks ortogonal ditentukan oleh jumlah derajat kebebasan dari jumlah parameter dan jumlah level parameter yang digunakan. Langkah ini dilakukan untuk menentukan jumlah percobaan yang akan dilakukan. Matriks ortogonal dilambangkan dengan:

$$L_a(b^c)$$

Dimana:

L = rancangan bujur sangkar latin

a = banyak percobaan

b = banyak level parameter

c = banyak parameter

Berikut level-level matriks ortogonal yang tersedia secara standar sesuai pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Level-level matriks ortogonal

Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level Gabungan
$L_4 (2^3)$	$L_9 (3^2)$	$L_{16} (4^5)$	$L_{25} (5^6)$	$L_{18} (2^1 \times 3^7)$
$L_8 (2^7)$	$L_9 (3^4)$	$L_{64} (4^{21})$		$L_{32} (2^1 \times 4^9)$
$L_{12} (2^{11})$	$L_{27} (3^{13})$			$L_{36} (2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16} (2^{15})$	$L_{81} (3^{40})$			$L_{36} (2^3 \times 3^{13})$
$L_{32} (2^{31})$				$L_{54} (2^1 \times 3^{25})$
$L_{64} (2^{63})$				

2.4.2.2 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Menurut (Soejanto 2009) tahap pelaksanaan eksperimen terdiri dari:

1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan mengulang kembali percobaan serupa untuk memperoleh tingkat ketelitian yang lebih tinggi dan mengurangi tingkat kesalahan.

2. Randomisasi (Pengacakan)

Randomisasi dilakukan untuk meratakan pengaruh dari parameter gangguan yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen dan memberikan perlakuan yang sama untuk semua unit eksperimen secara acak.

2.4.2.3 Tahap Analisis

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, menurut (Soejanto 2009) ada beberapa tahapan analisis yaitu:

1. Analisis Varian Taguchi

Analisis varian taguchi adalah teknik menganalisis data dengan cara menguraikan seluruh total parameter yang diteliti. Untuk analisis varian dua arah biasanya untuk eksperimen yang terdiri dari dua parameter atau lebih dan dua level atau lebih.

2. Rasio S/N

Dalam metode taguchi ada 3 tipe karakteristik rasio S/N yaitu:

a. *Smaller is Better*

Tipe analisis ini biasanya digunakan untuk menganalisis data yang nilainya semakin kecil maka semakin baik. Rumusnya:

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

b. *Larger is Better*

Tipe analisis ini biasanya digunakan untuk menganalisis data yang nilainya semakin besar maka semakin baik. Rumusnya:

$$\text{Rasio S/N} = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

c. *Nominal is Better*

Tipe ini biasanya digunakan untuk menganalisis data dengan nilai yang diinginkan mendekati nilai yang ditentukan. Rumusnya:

$$\text{Rasio S/N} = -10 \log\left(\frac{(y_i - \bar{y})^2}{n}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

3. Analisis variansi dan uji hipotesis F

Uji hipotesis f adalah pengujian untuk membuktikan bahwa adanya pengaruh faktor atau parameter bebas terhadap eksperimen. Tipe ini digunakan untuk menghasilkan suatu keputusan antara menolak atau menerima hipotesis.

4. Persen Kontribusi

Tipe ini digunakan untuk melihat seberapa berpengaruh kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi. Pertama harus dihitung terlebih dahulu SS'_{faktor} :

$$SS'_{\text{faktor}} = SS_{\text{faktor}} - MS_{\text{error}}(Vv) \dots\dots\dots(2.8)$$

Rumus menghitung persen kontribusi masing-masing faktor adalah:

$$\mu = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100 \dots\dots\dots(2.9)$$



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan diagram alir berikut ini:



Tahapan pertama yang dilakukan untuk memulai penelitian adalah melakukan studi literatur dan identifikasi masalah yang terjadi pada suatu bidang yang akan diteliti. Studi literatur ini untuk menambah wawasan mengenai hal atau masalah serupa yang pernah terjadi pada penelitian sebelumnya melalui jurnal, buku, dan referensi lainnya agar dapat memperkuat argumen mengenai penelitian yang akan diajukan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat melakukan penelitian adalah di Laboratorium Mekanik dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Waktu pelaksanaan penelitian sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan oleh panitia pelaksanaan Tugas Akhir.

3.3 Parameter Penelitian

3.3.1 Parameter Respon

Parameter respon adalah parameter yang dapat dipengaruhi oleh parameter bebas selama proses percobaan. Parameter respon pada penelitian ini adalah nilai kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan bubut CNC yang dinyatakan dengan *roughness average* (Ra) dengan satuan μm (mikronmeter).

3.3.2 Parameter Bebas

Parameter bebas adalah parameter yang mempengaruhi perubahan pada parameter respon. Parameter bebas pada penelitian ini adalah kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan. Daftar parameter bebas yang digunakan sesuai pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Daftar parameter bebas dan levelnya

Kode	Parameter Bebas	Level		
		1	2	3
A	Kecepatan spindle (rpm)	1592	1698	1804
B	<i>feeding</i> (mm/put)	0,1	0,2	0,3

3.3.3 Parameter Kontrol

Parameter kontrol adalah parameter yang masih dapat dikendalikan. Parameter kontrol pada penelitian ini adalah mata potong dan media pendingin yang digunakan. Daftar parameter kontrol yang digunakan sesuai pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Daftar parameter kontrol dan levelnya

No	Parameter kontrol	Tipe
1	Mata potong	<i>insert</i> DCMT 11T304 VP15TF MITSUBISHI
2	Dromus	Dromus B

3.3.4 Parameter Gangguan (*noise*)

Parameter gangguan adalah parameter yang dapat mempengaruhi parameter respon namun tidak dapat dikendalikan. Sehingga untuk mengatasi pengaruh dari parameter gangguan dilakukan pengambilan data dengan cara replikasi.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

a. Mesin bubut CNC

Mesin bubut CNC yang digunakan pada proses pemesinan adalah mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25. Spesifikasinya sesuai pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Spesifikasi mesin bubut CNC

Merk	MORI SEIKI
Tipe	SL-25
Pembuatan	Buatan Jepang tahun 2011

b. Mata potong

Mata potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah *insert* DCMT 11T304 VP15TF MITSUBISHI

c. Alat uji kekasaran permukaan

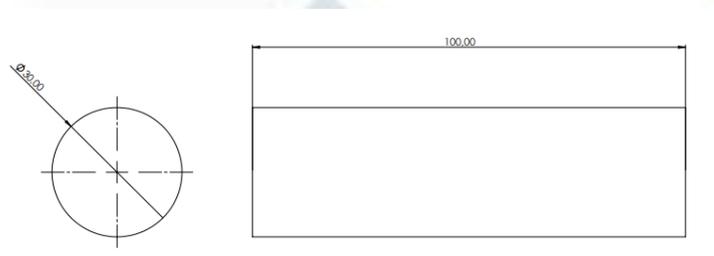
Alat uji kekasaran permukaan yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja hasil dari proses pemesinan adalah *surface roughness tester*

d. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan pada penelitian ini adalah jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm. Jangka sorong ini digunakan untuk mengukur benda kerja sebelum dan sesudah dilakukan proses pemesinan.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 1045. Pemilihan baja AISI 1045 karena baja AISI 1045 memiliki karakteristik dan sifat-sifat mekanik yang baik dan bagus sehingga banyak digunakan untuk menjadi komponen-komponen otomotif seperti roda gigi, poros, piston, dan bantalan-bantalan pada kendaraan bermotor. Ukuran baja AISI 1045 yang digunakan pada penelitian ini berdiameter 30 mm dengan panjang 100 mm seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Ukuran benda kerja

Kemudian untuk media pendingin yang digunakan sebagai pendingin benda kerja saat proses pemesinan adalah dromus *water miscible metal* (Cahyo 2021).

3.5 Proses Pemesinan

Proses pemesinan merupakan proses pengerjaan benda kerja mulai dari persiapan benda kerja dan persiapan semua alat yang akan digunakan hingga proses

pembubutan semua benda kerja sesuai spesimen yang telah ditentukan. Berikut tahapan-tahapan pada proses pemesinan:

1. Menyiapkan benda kerja

Benda kerja yang disiapkan adalah baja AISI 1045 dengan panjang 100 mm dan diameter 30 mm sesuai pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Benda kerja baja AISI 1045

2. Menyiapkan peralatan yang diperlukan

Alat-alat yang diperlukan dalam proses pemesinan adalah mata potong, *holder*, palu plastik, dan jangka sorong sesuai pada Gambar 3.3 s.d 3.6.



Gambar 3. 3 Mata potong



Gambar 3. 4 Holder mata potong



Gambar 3. 5 Palu plastic

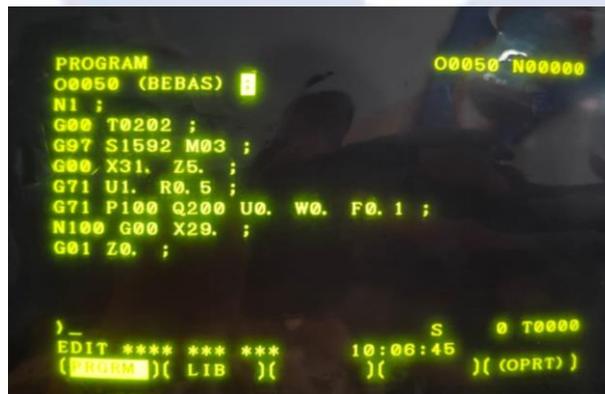


Gambar 3. 6 Jangka sorong

3. Proses pembubutan benda kerja

Berikut tahapan proses pembubutan benda kerja:

- Memasukan program CNC bubut pada panel kontrol sesuai dengan *setting* parameter yang telah ditentukan. Contoh program ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Gambar program CNC

- Pencekaman benda kerja pada *chuck* dengan mencekam benda kerja sepanjang 40 mm seperti Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Pencekaman benda kerja

- Pemasangan mata potong *insert* DCMT 11T304 VP15TF MITSUBISHI pada *holder* mesin CNC seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Pemasangan mata potong

- Menjalankan program untuk memulai proses pembubutan masing-masing sampel sesuai *setting* parameter sepanjang 50 mm.
- Setelah selesai proses pembubutan, lepas benda kerja dari *chuck* dan diberi penomoran untuk setiap sampel. Berikut gambar benda kerja yang sudah selesai di bubut seperti pada Gambar 3.10.
- Kemudian benda kerja di oles dengan oli untuk menghindari terjadinya karat pada benda kerja.

- Terakhir bersihkan mesin bubut dan peralatan yang digunakan, kemudian matikan mesin.



Gambar 3. 10 Benda kerja hasil pembubutan

3.6 Uji kekasaran

Uji kekasaran dilakukan pada permukaan benda kerja yang telah dibubut.

Berikut tahapan proses uji kekasaran:

- Melakukan pengujian pada meja yang rata.
- Menyiapkan alat-alat yang digunakan untuk proses uji kekasaran permukaan sebagai berikut:
- Lakukan terlebih dahulu kalibrasi alat ukur agar hasil pengukuran tepat dan mendapatkan hasil yang maksimal.
- Benda kerja hasil pembubutan diletakkan di atas v-blok dan untuk alat ukur *surface roughness tester* letakkan pada *holder dial*, kemudian *setting* ketinggian alat uji terhadap benda kerja.
- Ujung sensor alat ukur *surface roughness tester* di *setting* terhadap permukaan benda kerja hasil proses pembubutan, kemudian aktifkan *surface roughness tester* untuk memulai pengujian kekasaran permukaan benda kerja.
- Perhatikan layar *display roughness tester* untuk melihat hasil pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dan catat hasil pengukuran tersebut pada tabel yang disediakan.

- Lakukan pengukuran tersebut untuk setiap spesimen yang ada.

3.7 Pengambilan dan analisis data

Pengambilan data diambil dari hasil pengukuran kekasaran yang telah dilakukan terhadap semua sampel yang ada dan dicantumkan dalam tabel yang telah disediakan. Kemudian data tersebut akan dilakukan analisis varian taguchi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan langsung means terhadap respon
Perhitungan dilakukan secara langsung dengan menghitung nilai rata-rata dari masing-masing faktor dengan mengkombinasikan levelnya.
2. Perhitungan rasio S/N terhadap respon nilai kekasaran
Dalam penelitian ini karakter rasio S/N yang digunakan adalah *Smaller is Better* (semakin kecil semakin baik). Tipe analisis ini biasanya digunakan untuk menganalisis data yang nilainya semakin kecil maka semakin baik. Perhitungan menggunakan rumus 2.5
3. *Analysis of varians* (ANOVA)
Analysis of varians (ANOVA) sangat cocok digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh paling signifikan terhadap respon rasio S/N. Untuk menentukan besar pengaruhnya ditentukan dengan membandingkan nilai jumlah kuadrat dari parameternya dengan semua parameter yang ada (Supriyandi, Yudo, and Satria 2021). Uji Normalitas
Uji normalitas ini biasanya dilakukan untuk mengetahui apakah data tersebut berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Pada penelitian ini penulis menggunakan uji normalitas Kolmogorov Smirnov (Soejanto 2009).
A. Hipotesa
 H_0 : Data tidak ada distribusi pada penelitian
 H_1 : Data ada distribusi pada penelitian
B. Kriteria penolakan
 H_0 gagal ditolak jika $p_{value} < \alpha = 10\% = 0,10$

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Data-data hasil percobaan diambil dari mengkombinasikan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan mesin bubut CNC. Untuk parameter yang digunakan adalah kecepatan spindel (A) sebesar 1592 rpm, 1698 rpm, dan 1804 rpm, dengan *feeding* (B) sebesar 0,1 mm/put, 0,2 mm/put, dan 0,3 mm/put. Berikut data hasil uji kekasaran dapat dilihat pada Tabel 4.1a dan 4.1b.

Tabel 4.1 a Data awal hasil uji kekasaran

Eksperimen	Parameter	Replikasi	Bidang uji kekasaran			Rata-rata
			1	2	3	1 2 3
A	A1 dan B1	1	1,094	1,243	1,151	1,163
		2	0,683	0,695	0,696	0,691
		3	0,682	0,711	0,680	0,691
Rata-rata kekasaran eksperimen A						0,848
B	A1 dan B2	1	2,560	2,627	2,541	2,576
		2	3,190	3,336	3,095	3,207
		3	2,581	2,469	2,469	2,506
Rata-rata kekasaran eksperimen B						2,763
C	A1 dan B3	1	5,635	5,238	5,198	5,375
		2	4,543	4,906	4,638	4,695
		3	5,819	5,430	5,720	5,656
Rata-rata kekasaran eksperimen C						5,242
D	A2 dan B1	1	0,503	0,515	0,566	0,528
		2	0,808	0,972	0,884	0,888
		3	0,828	0,863	0,831	0,841
Rata-rata kekasaran eksperimen D						0,752
E	A2 dan B2	1	2,314	2,304	2,279	2,299
		2	2,511	2,462	2,445	2,473
		3	2,439	2,465	2,452	2,452
Rata-rata kekasaran eksperimen E						2,408

Eksperimen	Parameter	Replikasi	Bidang uji kekasaran			Rata-rata	
			1	2	3	1	2
F	A2 dan B3	1	5,035	4,733	4,888	4,885	
		2	5,096	5,130	5,126	5,117	
		3	4,883	4,964	4,998	4,948	
Rata-rata kekasaran eksperimen F						4,983	
G	A3 dan B1	1	0,815	0,788	0,811	0,805	
		2	0,578	0,595	0,597	0,590	
		3	0,731	0,735	0,748	0,738	
Rata-rata kekasaran eksperimen G						0,711	
H	A3 dan B2	1	2,656	2,635	2,538	2,610	
		2	2,268	2,289	2,310	2,289	
		3	2,204	2,185	2,179	2,189	
Rata-rata kekasaran eksperimen H						2,362	
I	A3 dan B3	1	4,501	4,488	4,490	4,493	
		2	4,639	4,756	4,758	4,718	
		3	4,911	4,777	4,790	4,826	
Rata-rata kekasaran eksperimen I						4,679	

4.2 Analisis Varian Taguchi

Data setelah dihitung rata-rata untuk setiap replikasi akan dimasukkan ke tabel sesuai pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Data hasil pengukuran kekasaran

<i>Matriks Orthogonal L₉(3²)</i>							
Parameter		Nilai kekasaran					
Eksperimen	Kecepatan Spindel	Feeding	Data awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Jumlah	Means
A	1	1	1,163	0,691	0,691	2,545	0,848
B	1	2	2,576	3,207	2,506	8,289	2,763
C	1	3	5,375	4,695	5,656	15,726	5,242
D	2	1	0,528	0,888	0,841	2,257	0,752
E	2	2	2,299	2,473	2,452	7,224	2,408
F	2	3	4,885	5,117	4,948	14,950	4,983
G	3	1	0,805	0,590	0,738	2,133	0,711
H	3	2	2,610	2,289	2,189	7,088	2,363
I	3	3	4,493	4,718	4,826	14,037	4,679
Rata – rata						8,250	2,750

4.2.1 Perhitungan langsung *means* terhadap respon

Perhitungan dilakukan secara langsung dengan menghitung nilai *means* dari masing-masing faktor dengan mengkombinasikan levelnya sebagai berikut:

Perhitungan nilai *means* faktor A (kecepatan spindel):

$$A1 = 1/3 (0,848 + 2,763 + 5,242) = 2,951$$

$$A2 = 1/3 (0,752 + 2,408 + 4,983) = 2,715$$

$$A3 = 1/3 (0,711 + 2,362 + 4,679) = 2,584$$

Perhitungan nilai *means* faktor B (*feeding*):

$$B1 = 1/3 (0,848 + 0,752 + 0,711) = 0,770$$

$$B2 = 1/3 (2,763 + 2,408 + 2,362) = 2,511$$

$$B3 = 1/3 (5,242 + 4,983 + 4,679) = 4,968$$

Dari hasil menghitung nilai rata-rata dari masing-masing faktor dengan mengkombinasikan levelnya terhadap respon kekasaran dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 2 Respon rata-rata parameter terhadap nilai kekasaran

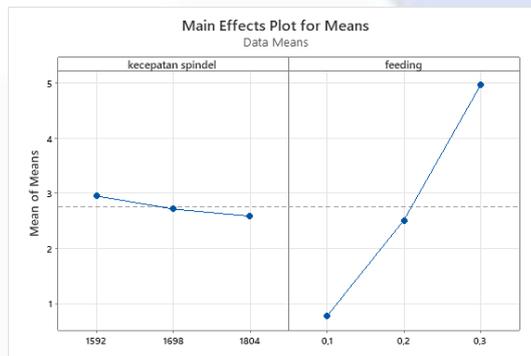
Respon rata-rata dari pengaruh parameter		
Level	A	B
Level 1	2,951	0,770
Level 2	2,715	2,511
Level 3	2,584	4,968
selisih	0,367	4,197
peringkat	2	1

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat kombinasi parameter proses yang paling optimal adalah kecepatan spindel pada level 3 yaitu 1804 rpm dengan *feeding* pada level 1 yaitu 0,1 mm/put. Serta parameter yang berpengaruh paling signifikan terhadap respon nilai kekasaran permukaan adalah *feeding* dengan selisih nilai sebesar 4,198 mm/put. Berikut hasil uji *software* statistik minitab respon tabel untuk rata-rata sesuai pada Gambar 4.1 dan 4.2.

Response Table for Means

	kecepatan spindel feeding	
Level	spindel	feeding
1	2,9511	0,7706
2	2,7146	2,5112
3	2,5842	4,9681
Delta	0,3669	4,1976
Rank	2	1

Gambar 4. 1 Hasil uji *software* statistik



Gambar 4. 2 Hasil uji *software* statistik

4.2.1.1 Analisis Varians Rata-rata Dan Persen Kontribusi

Pada perhitungan ini analisis varians memungkinkan untuk memperkirakan kontribusi dari faktor pada keseluruhan pengukuran. Dimana analisis ini melihat dari rata-rata dan *error*. Dalam penelitian ini pengaruh nilai kekasaran dapat dibandingkan pada perhitungan berikut ini:

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

Dimana:

K_A = Jumlah level faktor A

A_i = level ke I faktor A

N_{Ai} = jumlah percobaan level ke I faktor A

T = jumlah seluruh nilai

N = banyak data keseluruhan

Perhitungan faktor A

1. Jumlah kuadrat

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

$$SS_A = \frac{(8,853)^2}{3} + \frac{(8,143)^2}{3} + \frac{(7,752)^2}{3} - \frac{(24,748)^2}{9}$$
$$= 0,207$$

2. Derajat kebebasan:

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

3. Rata-rata kuadrat menggunakan rumus berikut:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,2075}{2} = 0,103$$

Perhitungan faktor B

1. Jumlah kuadrat:

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

$$SS_B = \frac{(2,312)^2}{3} + \frac{(7,533)^2}{3} + \frac{(14,904)^2}{3} - \frac{(24,748)^2}{9}$$
$$= 26,685$$

2. Derajat kebebasan:

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

3. Rata-rata kuadrat:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{26,685}{2} = 13,342$$

Perhitungan derajat kebebasan

1. Derajat kebebasan total:

$$V_T = N - 1$$

$$= 9 - 1 = 8$$

2. Derajat kebebasan error:

$$V_E = V_T - V_A - V_B$$

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

Perhitungan kuadrat

1. Jumlah kuadrat total:

$$SS_T = \sum y^2$$

$$= 0,848^2 + 2,763^2 + 5,242^2 + 0,752^2 + 2,408^2 + 4,943^2 + 0,711^2 +$$

$$2,362^2 + 4,679^2$$

$$= 95,011$$

2. Jumlah kuadrat rata-rata:

$$S_m = n \times \bar{y}^2$$

$$= 9 \times 2,750^2$$

$$= 68,0607$$

3. Jumlah kuadrat *error*:

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B$$

$$= 0,207 + 26,685$$

$$= 26,893$$

Residual error:

$$SS_e = SS_T - S_m - SS_{\text{faktor}}$$

$$= 95,011 - 68,060 - 26,893$$

$$= 0,057$$

Mencari nilai F-rasio menggunakan rumus berikut ini:

$$F - \text{rasio} = \frac{MS_{\text{faktor}}}{MS_e}$$

Tabel 4. 3 Analisis varians rata-rata respon kekasaran

Sumber	V	SS	MS	F-rasio
A	2	0,207	0,103	7,24
B	2	26,685	13,342	931,06
<i>Error</i>	4	0,057	0,014	
Total	8	26,951		

Berapa persen kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dapat diketahui dengan menghitung SS' terlebih dahulu menggunakan rumus berikut:

$$SS'_{faktor} = SS_A - MS_e(V_{faktor})$$

$$SS'_A = 0,207 - 0,014(2) \\ = 0,178$$

$$SS'_B = 26,685 - 0,014(2) \\ = 26,657$$

$$SS'_e = SS_T - SS'_A - SS'_B \\ = 26,951 - 0,178 - 26,657 \\ = 0,115$$

Untuk menghitung persen kontribusi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

$$\rho_A = \frac{0,178}{26,951} \times 100\% = 0,663\%$$

$$\rho_B = \frac{26,657}{26,951} \times 100\% = 98,910\%$$

$$\rho_e = \frac{0,115}{26,951} \times 100\% = 0,425\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat nilai persen kontribusi pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Persen kontribusi

Sumber	V	SS	MS	SS'	$\rho\%$
A	2	0,207	0,103	0,178	0,663%
B	2	26,685	13,342	26,657	98,910%
Error	4	0,057	0,014	0,115	0,425%
Total	8	26,951			100%

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa faktor yang memberikan pengaruh paling besar adalah *feeding* dengan persen kontribusi sebanyak 98,910%.

4.2.1.2 Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi dilakukan dengan membandingkan interval kepercayaan rata-rata untuk kekasaran permukaan eksperimen kombinasi untuk memvalidasi hasil yang telah diperoleh. Uji konfirmasi dilakukan menggunakan kombinasi *setting* parameter yang menghasilkan respon optimum. Pada penelitian ini respon hasil kombinasi awal dibandingkan dengan respon hasil kombinasi optimum. Kombinasi awal dan kombinasi optimum dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Kombinasi parameter awal dan optimum

Parameter	Kombinasi awal		Kombinasi optimum	
	Nilai	Level	Nilai	level
Kecepatan spindel	1804	3	1804	3
<i>Feeding</i>	0,1	1	0,1	1

Tabel 4. 6 Hasil uji kombinasi awal dan optimum

<i>Setting</i> parameter	Replikasi			Rata-rata
	1	2	3	
Kombinasi awal	0,805	0,590	0,738	0,711
Kombinasi optimum	0,731	0,735	0,748	0,738

Perhitungan rasio S/N untuk masing-masing respon dilakukan menggunakan persamaan. Hasil perhitungan rasio S/N sesuai pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 7 Hasil rasio S/N pada kombinasi awal dan optimum

<i>Setting</i> parameter	Kombinasi awal		Kombinasi optimum	
	Nilai rata-rata	Rasio S/N	Nilai rata-rata	Rasio S/N
Kekasaran Permukaan	0,711	2,893	0,738	2,638

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara interval keyakinan rata-rata kekasaran kombinasi awal dengan optimum. Berikut perbandingan tersebut sesuai pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 8 Perbandingan rata-rata kombinasi awal dan optimum

	Kombinasi awal	Kombinasi optimum
Kekasaran permukaan	0,711	0,738

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai kombinasi awal 0,711 dan kombinasi optimum 0,738. Untuk penentuan interval kepercayaan kekasaran rata-rata terlebih dahulu dihitung banyak pengamatan efektif. Banyak pengamatan efektif dihitung menggunakan rumus berikut ini:

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

$$n_{eff} = \frac{9 \times 3}{1 + 2}$$

$$n_{eff} = \frac{27}{3}$$

$$n_{eff} = 9$$

Nilai $F_{(0,10;1;4)} = 4,54$; $MS_E = 0,014$ dan $r = 3$

Perhitungan interval keyakinan rata-rata kekasaran eksperimen konfirmasi menggunakan rumus berikut:

$$Cl_{optimasi} = \pm \sqrt{F_{\alpha;1;Ve} \times MS_E \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$Cl_{optimasi} = \pm \sqrt{4,54 \times 0,014 \left[\frac{1}{9} + \frac{1}{3} \right]}$$

$$= \pm 0,013$$

Oleh karena itu, interval kepercayaan 90% untuk rata-rata kekasaran yang dikonfirmasi adalah $0,711 \pm 0,013$ dan kekasaran yang dikonfirmasi adalah 0,724. Uji konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi bahwa data yang diperoleh valid untuk variabel dan level yang dipilih dari eksperimen.

4.2.1.3 Interval Kepercayaan Rata-rata Nilai Kekasaran

Pada interval kepercayaan 90% rata-rata nilai kekasaran dilakukan perhitungan menggunakan formula awal sesuai Tabel 4.10.

Tabel 4. 9 Formula awal interval kepercayaan

Eksperimen	y	\bar{y}	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
A	0,848	2,750	-1,902	3,616
B	2,763	2,750	0,013	0,000
C	5,242	2,750	2,492	6,210
D	0,752	2,750	-1,998	3,991
E	2,408	2,750	-0,342	0,117
F	4,983	2,750	2,233	4,988
G	0,711	2,750	-2,039	4,158
H	2,363	2,750	-0,387	0,150
I	4,679	2,750	1,929	3,721
Jumlah				26,951

1. Mencari nilai rata-rata menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{\sum y_i}{n} \\ &= \frac{24,750}{9} \\ &= 2,750\end{aligned}$$

2. Standar devisiasi

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{26,951}{9 - 1}} \\ &= \sqrt{3,369} = 1,835\end{aligned}$$

3. Nilai t kritis interval tingkat kepercayaan 90%

Untuk mencari t_{n-1} , karena selang kepercayaan 90%, kemudian di masukkan ke dalam rumus $1 - \alpha = 1 - 0,90 = 0,10$, karena selang kepercayaan dari dua sisi, maka α dibagi 2 = $\frac{0,10}{2} = 0,05$

Diketahui:

$$t_{n-1} = 0,05$$

$$Df = N - 1$$

$$= 9 - 1 = 8$$

(t 0,05, 8). Jadi nilai t_{n-1} kritis *one-tailed test* pada T tabel adalah 1,860

4. Interval kepercayaan 90%

$$\mu \pm t_{n-1} \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

$$2,750 \pm 1,860 \left(\frac{1,835}{\sqrt{9}} \right)$$

$$2,750 \pm 1,137$$

$$\mu - t_{n-1} \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \mu + t_{n-1} \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

$$2,750 - 1,137 \leq \mu \leq 2,750 + 1,137$$

$$1,612 \leq \mu \leq 3,888$$

4.2.2 Pengaruh Faktor terhadap Variabilitas Nilai Kekasaran

4.2.2.1 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Nilai Kekasaran

Pada penelitian ini, nilai kekasaran yang paling kecil adalah nilai yang diharapkan. Dengan replikasi sebanyak 3 kali, maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat di bawah ini:

1. Pada eksperimen 1:

$$S/N = -10 \log (1/3 (1,163^2 + 0,691^2 + 0,691^2)) = 1,139$$

2. Pada eksperimen 2:

$$S/N = -10 \log (1/3 (2,576^2 + 3,207^2 + 2,506^2)) = -8,883$$

3. Pada eksperimen 3:

$$S/N = -10 \log (1/3 (5,375^2 + 4,695^2 + 5,656^2)) = -14,415$$

4. Pada eksperimen 4:

$$S/N = -10 \log (1/3 (0,528^2 + 0,888^2 + 0,841^2)) = 2,280$$

5. Pada eksperimen 5:

$$S/N = -10 \log (1/3 (2,299^2 + 2,473^2 + 2,452^2)) = -7,637$$

6. Pada eksperimen 6:
 $S/N = -10 \log (1/3 (4,885^2 + 5,117^2 + 4,948^2)) = -13,952$
7. Pada eksperimen 7:
 $S/N = -10 \log (1/3 (0,805^2 + 0,590^2 + 0,738^2)) = 2,893$
8. Pada eksperimen 8:
 $S/N = -10 \log (1/3 (2,610^2 + 2,289^2 + 2,189^2)) = -7,493$
9. Pada eksperimen 9:
 $S/N = -10 \log (1/3 (4,493^2 + 4,718^2 + 4,826^2)) = -13,406$

Tabel 4. 10 Rasio S/N

Eksperimen	Parameter		Nilai kekasaran			Means	S/N
	Kecepatan Spindel	Feeding	Data awal	Replikasi 1	Replikasi 2		
A	1	1	1,163	0,691	0,691	0,848	1,139
B	1	2	2,576	3,207	2,506	2,763	-8,883
C	1	3	5,375	4,695	5,656	5,242	-14,415
D	2	1	0,528	0,888	0,841	0,752	2,280
E	2	2	2,299	2,473	2,452	2,408	-7,637
F	2	3	4,885	5,117	4,948	4,983	-13,952
G	3	1	0,805	0,590	0,738	0,711	2,893
H	3	2	2,610	2,289	2,189	2,363	-7,493
I	3	3	4,493	4,718	4,826	4,679	-13,406
Rata – rata							-6,608

4.2.2.2 Perhitungan Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Nilai Kekasaran

Perhitungan nilai rasio S/N untuk kekasaran permukaan setelah mengkombinasikan level dari masing-masing faktor sebagai berikut:

Perhitungan Rasio S/N faktor A (kecepatan spindel):

$$A1 = 1/3 (1,139 + (-8,883) + (-14,415)) = -7,386$$

$$A2 = 1/3 (2,280 + (-7,637) + (-13,952)) = -6,436$$

$$A3 = 1/3 (2,893 + (-7,493) + (-13,406)) = -6,002$$

Perhitungan Rasio S/N faktor B (*feeding*):

$$A1 = 1/3 (1,139+2,280+2,893) = 2,104$$

$$A2 = 1/3 (-8,883+(-7,637) +(-7,493) = -8,004$$

$$A3 = 1/3 (-14,415+(-13,952) +(-13,406) = -13,924$$

Dari hasil perhitungan kedua faktor utama yaitu kecepatan spindel dan *feeding* pengaruh parameternya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Rasio S/N respon nilai kekasaran

Level	A	B
Level 1	-7,386	2,104
Level 2	-6,436	-8,004
Level 3	-6,002	-13,924
Selisih	1,384	16,028
Peringkat	2	1

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai rasio S/N setiap level yang berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan, sehingga dapat ditentukan parameter yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kekasaran permukaan adalah *feeding* dengan selisih nilai sebesar 16,028 mm/put dan yang paling kecil pengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan spindel dengan selisih nilai sebesar 1,384 rpm.

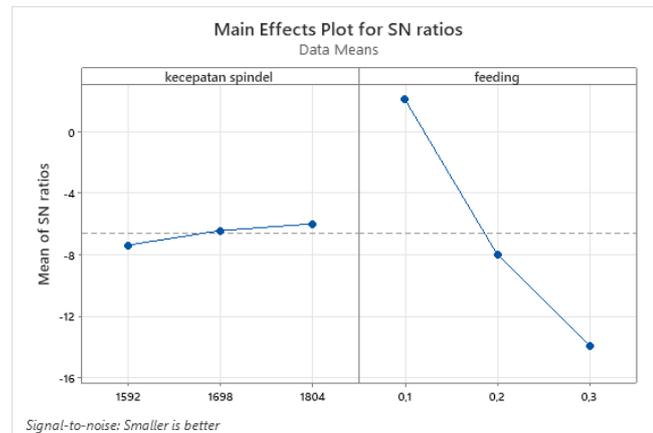
Hasil uji *software* statistik respon tabel untuk rasio S/N

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	kecepatan	
	spindel	feeding
1	-7,387	2,105
2	-6,437	-8,005
3	-6,002	-13,925
Delta	1,385	16,029
Rank	2	1

Gambar 4. 3 Hasil uji *software* minitab respon rasio S/N



Gambar 4. 4 Grafik hasil uji *software* minitab respon rasio S/N

4.2.2.3 Analysis of Varians Rasio S/N

Analysis of varians (ANOVA) sangat cocok digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh paling signifikan terhadap respon rasio S/N. berikut cara perhitungannya:

Perhitungan faktor A

1. Jumlah kuadrat:

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

$$SS_A = \frac{(-22,159)^2}{3} + \frac{(-19,309)^2}{3} + \frac{(-18,006)^2}{3} - \frac{(-59,474)^2}{9}$$

$$SS_A = 3,007$$

2. Derajat kebebasan:

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

3. Rata-rata kuadrat:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{3,007}{2} = 1,503$$

Perhitungan faktor B

1. Jumlah kuadrat:

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

$$SS_B = \frac{(6,312)^2}{3} + \frac{(-24,013)^2}{3} + \frac{(-41,773)^2}{3} + \frac{(-59,474)^2}{9}$$

$$SS_B = 394,132$$

2. Derajat kebebasan

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

3. Rrata-rata kuadrat:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{394,132}{2} = 197,066$$

Perhitungan derajat kebebasan

1. Derajat kebebasan total:

$$V_T = N - 1 = 9 - 1 = 8$$

2. Derajat kebebasan *error*

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

Perhitungan kuadrat

1. Jumlah kuadrat total:

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= 1,139^2 + (-8,883)^2 + (-14,415)^2 + 2,280^2 + (-7,637)^2 + (-13,952)^2 + 2,893^2 \\ &\quad + (-7,493)^2 + (-13,406)^2 \\ &= 790,413 \end{aligned}$$

2. Jumlah kuadrat rata-rata:

$$\begin{aligned} Sm &= n \times \bar{y}^2 \\ &= 9 \times (-6,608)^2 = 393,017 \end{aligned}$$

3. Jumlah kuadrat *error*:

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B \\ &= 3,007 + 394,132 \\ &= 397,139 \end{aligned}$$

Residual error:

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - Sm - SS_{\text{faktor}} \\ &= 790,413 - 393,017 - 397,139 \\ &= 0,255 \end{aligned}$$

Mencari nilai F-rasio menggunakan rumus berikut ini:

$$F - rasio = \frac{MS_{faktor}}{MS_e}$$

Tabel 4. 12 Analisis varians rasio S/N respon nilai kekasaran

Sumber	V	SS	MS	F-rasio
A	2	3,007	1,503	23,511
B	2	394,132	197,066	3081,118
<i>Error</i>	4	0,255	0,063	
total	8	397,395		

Berapa persen kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dapat diketahui dengan menghitung SS' terlebih dahulu menggunakan rumus berikut:

$$SS'_{faktor} = SS_A - MS_e(V_{faktor})$$

$$SS'_A = 3,007 - 0,063(2)$$

$$= 2,879$$

$$SS'_B = 394,132 - 0,063(2)$$

$$= 394,004$$

$$SS'_e = SS_T - SS'_A - SS'_B$$

$$= 397,395 - 2,879 - 394,004$$

$$= 0,511$$

Untuk menghitung persen kontribusi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\rho = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_A = \frac{2,879}{397,395} \times 100\% = 0,724\%$$

$$\rho_B = \frac{394,004}{397,395} \times 100\% = 99,146\%$$

$$\rho_e = \frac{0,511}{397,395} \times 100\% = 0,128\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat nilai persen kontribusi pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 13 Persen kontribusi rasio S/N

Sumber	V	SS	MS	SS'	$\rho\%$
A	2	3,007	1,503	2,876	0,724
B	2	394,132	197,066	394,004	99,146
Error	4	0,255	0,063	0,511	0,128
Total	8	397,395			100

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor yang memberikan pengaruh paling besar adalah *feeding* dengan memberikan kontribusi sebanyak 99,146%.

4.2.2.4 Interval Kepercayaan Rasio S/N Nilai Kekasaran

Pada interval kepercayaan 90% rata-rata nilai kekasaran dilakukan perhitungan menggunakan formula awal sesuai Tabel 4.15.

Tabel 4. 14 Formula awal interval keprcayaan rasio S/N

Eksperimen	y	\bar{y}	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
A	1,139	-6,608	7,74722	60,01942
B	-8,883	-6,608	-2,27478	5,174624
C	-14,415	-6,608	-7,80678	60,94581
D	2,280	-6,608	8,88822	79,00045
E	-7,637	-6,608	-1,02878	1,058388
F	-13,952	-6,608	-7,34378	53,9311
G	2,893	-6,608	9,50122	90,27318
H	-7,493	-6,608	-0,88478	0,782836
I	-13,406	-6,608	-6,79778	46,20981
Jumlah				397,396

1. Rata-rata:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\sum y_i}{n} \\ &= \frac{-59,474}{9} = -6,608 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai standar deviasi dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{397,396}{8}} \\
 &= \sqrt{49,674} \\
 &= 7,048
 \end{aligned}$$

3. Mencari nilai t kritis interval tingkat kepercayaan 90%

Untuk mencari t_{n-1} , karena selang kepercayaan 90%, kemudian di masukkan ke dalam rumus $1 - \alpha = 1 - 0,90 = 0,10$, karena selang kepercayaan dari dua sisi, maka α dibagi 2 = $\frac{0,10}{2} = 0,05$.

Diketahui:

$$t_{n-1} = 0,05$$

$$df = n - 1$$

$$= 9 - 1 = 8$$

(t 0,05, 8). Jadi nilai t_{n-1} kritis *one-tailed test* pada T tabel adalah 1,860

4. Interval kepercayaan 90%

$$\mu \pm t_{n-1} \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

$$-6,608 \pm 1,860 \left(\frac{7,048}{\sqrt{9}} \right)$$

$$-6,608 \pm 4,369$$

$$\mu - t_{n-1} \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \mu + t_{n-1} \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right)$$

$$-6,608 - 4,369 \leq \mu \leq -6,608 + 4,369$$

$$-10,978 \leq \mu \leq -2,238$$

4.2.2.5 Kenormalan Data

Uji kenormalan data dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hipotesa

H_0 : Data tidak ada distribusi pada penelitian

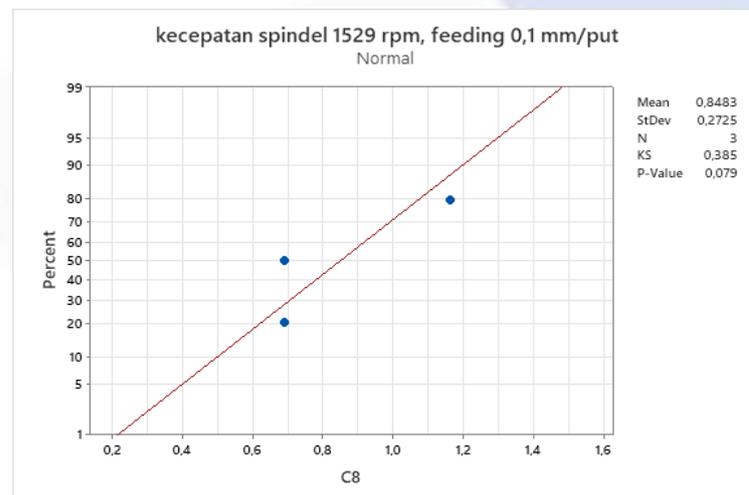
H_1 : Data ada distribusi pada penelitian

2. Kriteria penolakan

H_0 gagal ditolak jika $p_{value} < \alpha = 10\% = 0,10$

3. Hasil

Hasil ditunjukkan pada gambar dengan pengujian *Kolmogorov-Smirnov*. Contoh hasil pengujian *Kolmogorov-Smirnov* ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian *Kolmogorov-Smirnov*

4. Kesimpulan

Dari pengujian kenormalan data tersebut dapat diketahui bahwa nilai p – $value = 0,150 > \alpha = 0,10$, artinya ada data distribusi pada penelitian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah peneliti melakukan analisis data pada bab sebelumnya terhadap hasil penelitian tentang judul Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel Dan *Feeding* Terhadap Kekasaran Permukaan Proses *Finishing* CNC Bubut Dengan Metode Taguchi, bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Setting* parameter untuk proses pemesinan *finishing* bubut CNC yang dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan terkecil pada *range* (0,4 – 6,3) μm menggunakan material baja AISI 1045 adalah sebagai berikut:
 - a. Kecepatan spindel di *setting* sebesar 1804 rpm (faktor A level 3).
 - b. *Feeding* di *setting* sebesar 0,1 mm/put (faktor B level 1).
2. Parameter yang memberikan kontribusi terhadap respon nilai kekasaran adalah sebagai berikut:
 - a. Kecepatan spindel memberikan persen kontribusi sebesar 0,724%.
 - b. *Feeding* memberikan persen kontribusi sebesar 99,146%.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini ada sedikit saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya agar dapat dikembangkan lagi gunakanlah metode selain metode Taguchi, seperti metode RSM, desain faktorial, dan metode-metode lainnya.
2. Pada penelitian selanjutnya parameter kecepatan spindel dapat dikembangkan dengan level diatas 2000 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Bijak Sunyapa, (2016), “Analisis Variasi Proses Milling CNC Terhadap Kekasaran Permukaan Baja St 41 Dengan Metode Taguchi”, *Laporan Akhir Proyek Akhir*, Universitas Jember, Jember.
- Egi Endrian, (2021), “Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Pada Proses Cnc Milling Baja Aisi 1045”, *Laporan Akhir Proyek Akhir*, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat.
- Gusri Akhyar Ibrahim, Suryadiwansa Harun, Ahmad Rama Doni, (2015), “Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Paduan Magnesium AZ31 Yang Dibubut Menggunakan Pahat Potong Berputar.” *Digital Repository Unila*, pp. 7–8.
- Irwan Soejanto, (2009), *Desain Eksperimen Dengan Menggunakan Metode Taguchi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Jondi Supriyandi, Eko Yudo, Angga Satria, (2021), “Optimasi Kekasaran Permukaan Proses CNC Turning Baja SKD-11 Dengan Menggunakan Metode Taguchi”, *Jurnal Health Sains*, vol. 2, no. 7, pp, 1284–1293.
- Kabul Santoso, Suhardiman, (2019), “Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Baja Karbon Rendah Pada Proses Pembubutan”, *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi, Politeknik Negeri Bengkalis*, pp. 160–178.
- Muhammad Reza Furqoni, (2022), Bagian Mesin CNC, diakses pada 29 April 2022, <<https://Teknikece.Com/Mesin-Bubut/Cnc/Bagian-Mesin-Bubut-Cnc>>
- Rabinaswil Samuel Napitupulu, Robert Napitupulu, Husman, (2022), “Analisis Kekasaran Permukaan Baja Skd-11 Pada Proses Cnc Turning Menggunakan Metode Taguch”, *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, pp. 978–979.
- Rahmat dwi Cahyo, (2021), “Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja Aisi 1045 Pada Proses Pemesinan Bubut Cnc Dengan Metode Taguchi”, *Laporan Akhir Proyek Akhir*, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat.
- Riyo Mulyadi, Yudi Oktriadi, Muhamad Riva'i, (2022), “Studi Kasus Nilai

Kekasaran Permukaan Material Baja S45c Pada Proses Pemesinan Cnc Bubut”, *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, pp. 978–979.

Sudji Munadi, (2017), “Pengukuran Kekasaran Permukaan.” *Panduan Pengajar Buku Dasar-Dasar Metrologi Industri*, pp. 1–25.

Taufiq Rochim, (2001), “Sfesifikasi, Metrologi dan Kontrol Kualitas Geometrik”, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Tri Syamsul Allam, Wirawan Sumbodo, (2020), “Pengaruh Laju Pemakanan Dan Kedalaman Potong Pada Proses CNC Turning Terhadap Tingkat Kekerasan Permukaan Baja ST 60.” *Jurnal Kompetensi Teknik*, vol. 12, no. 1, pp. 25–30.

Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Adam Smith

Tempat & tanggal lahir : Batusangkar,

26 Juni 2001 Alamat Rumah : JL. Duyung

IV, Kec. Pemali

HP: 082175001312

E-mail : adamsebol9@gmail.com

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam

2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 19 Koto Hiling Tahun 2007-2013

MTsN Batusangkar Tahun 2013-2016

SMA Negeri 1 Sungailiat Tahun 2016-2019

Sungailiat, 18 Januari 2023

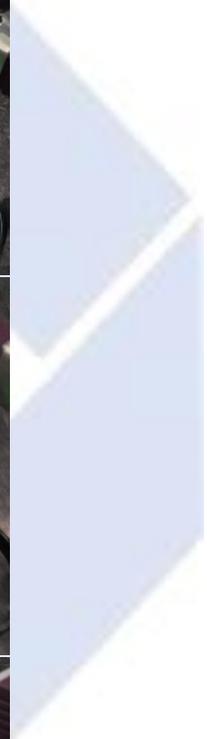
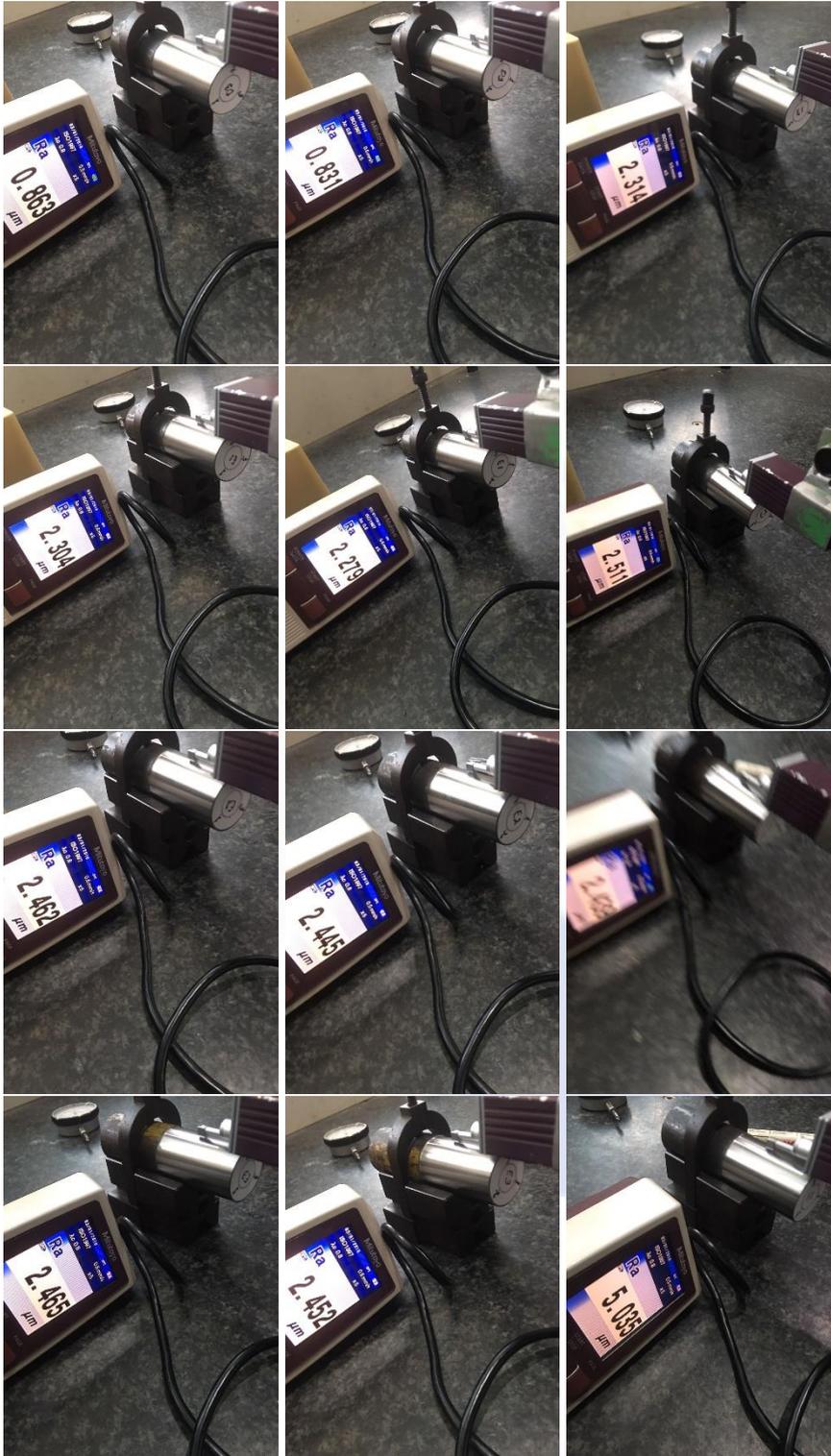
Lampiran 2 Hasil Uji Kekasaran



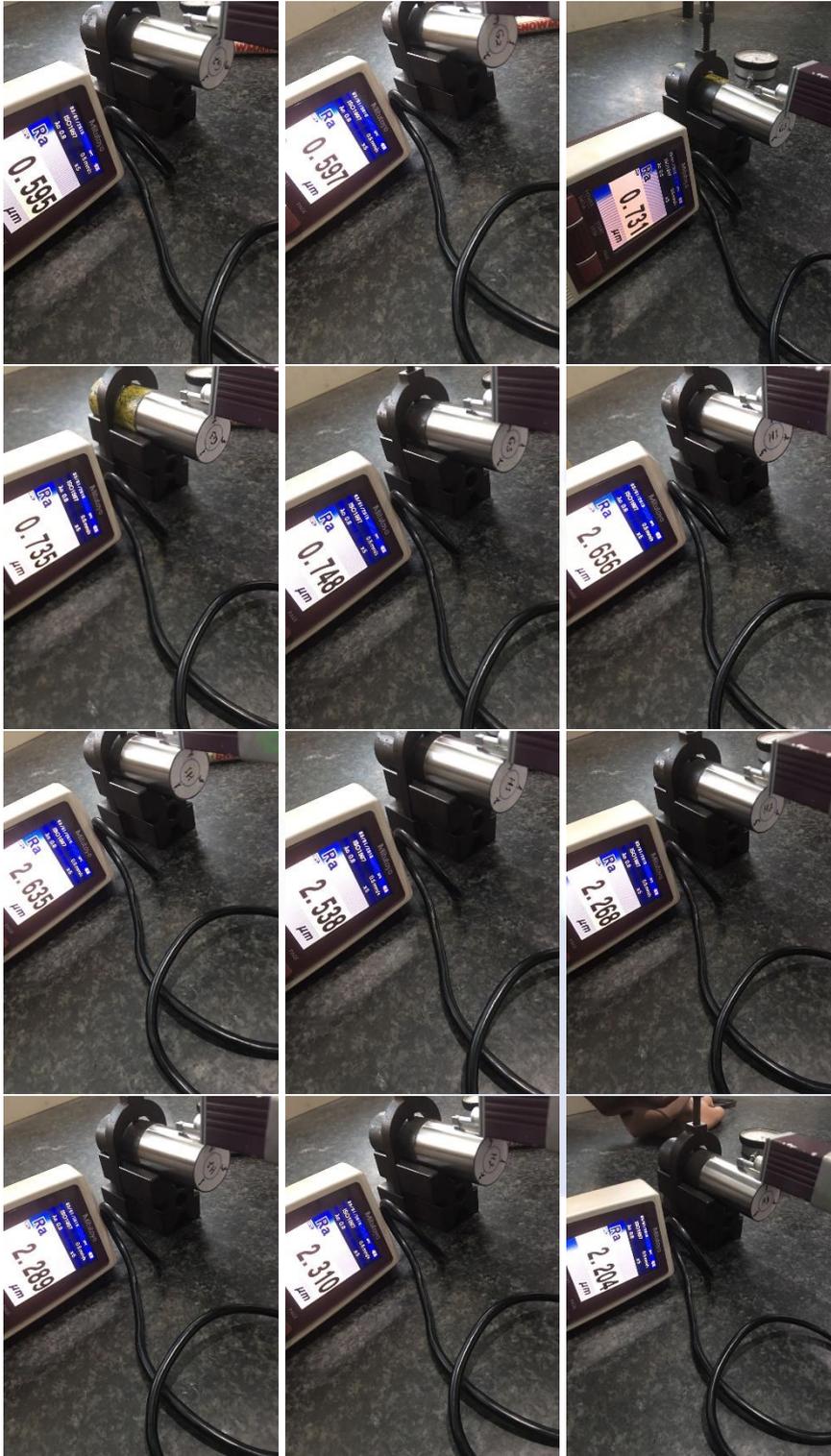








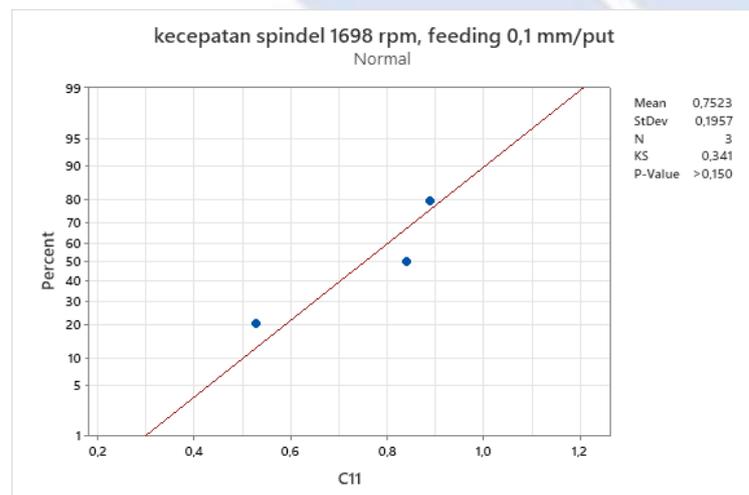
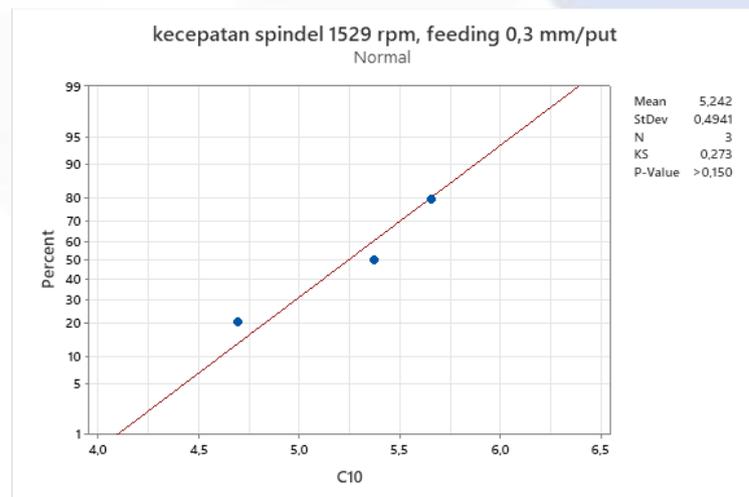
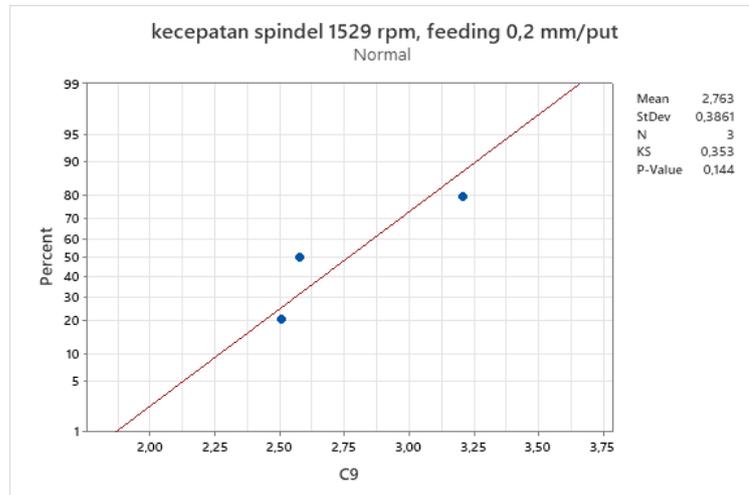


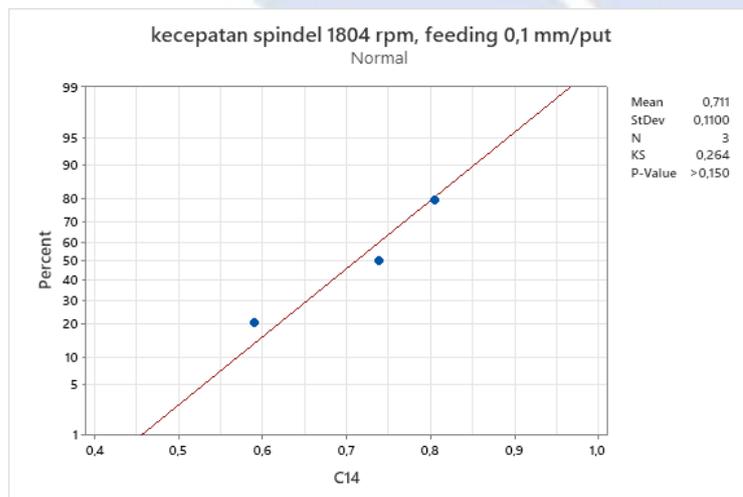
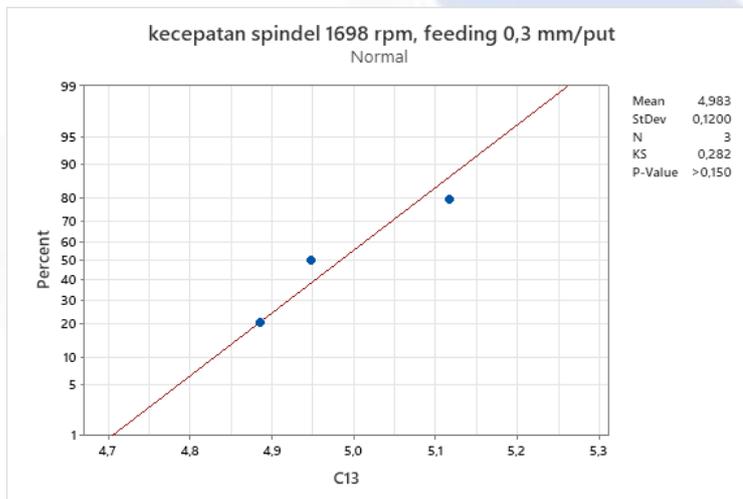
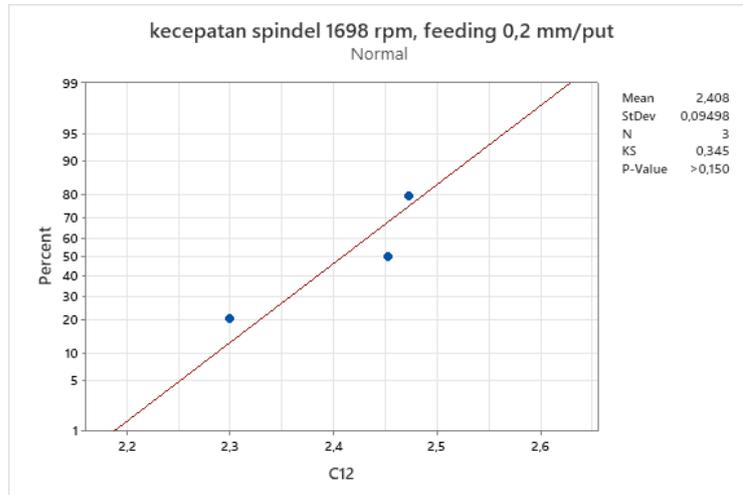


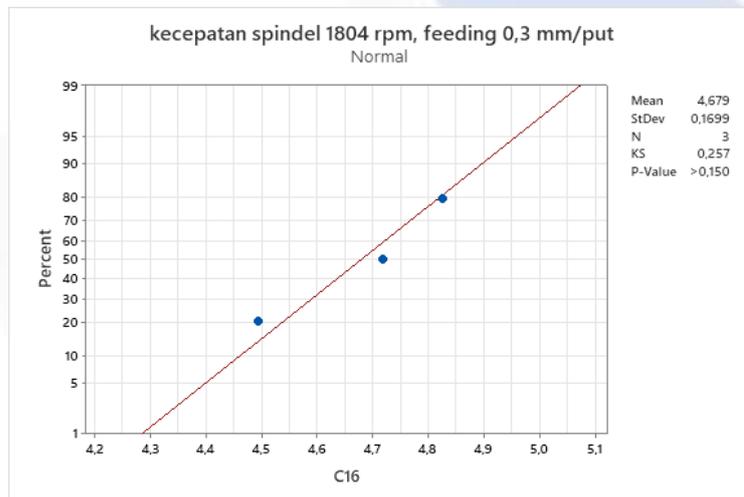
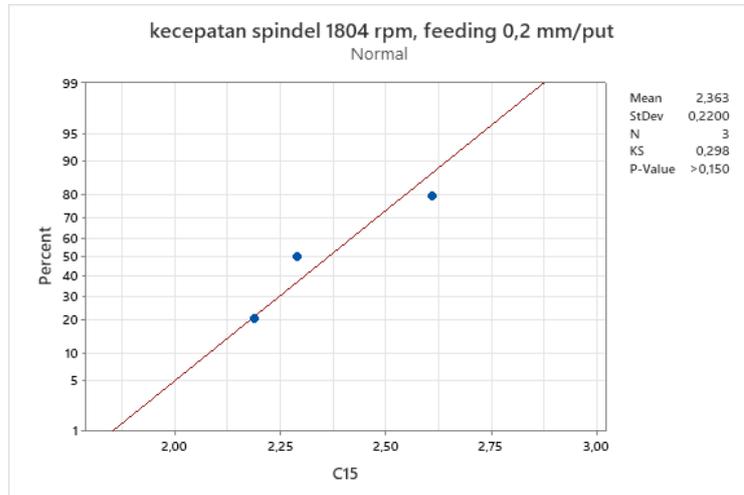


Lampiran 3

Lanjutan Hasil *Kolmogorov-Smirnov*







Lampiran 4

Tabel T

dk	α untuk Uji Satu Pihak (<i>one tail test</i>)					
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
	α untuk Uji Dua Pihak (<i>two tail test</i>)					
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,692	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,691	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,690	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,689	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,688	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,687	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Lampiran 5

Dokumentasi Penelitian



```
PROGRAM                                O0050 N00001
O0050 (BEBAS) ;
N1 
G00 T0202 ;
G97 S1592 M03 ;
G00 X31. Z5. ;
G71 U1. R0.5 ;
G71 P100 Q200 U0. W0. F0.2 ;
N100 G00 X29. ;
G01 Z0. ;
```

```
N100 G00 X29. ;
G01 Z0. ;
G01 Z-50. ;
N200 G01 X31. ;
G00 X100. Z200. 
M09 ;
M05 ;
M30 ;
```

```
M30 
N2 ;
G00 T0404 ;
G97 S1592 M03 ;
G00 X29. Z5. ;
M08 ;
G70 P100 Q200 F0.2 ;
G00 X100. Z200. ;
```

```
G70 P100 Q200 F0.1 ;
G00 X100. Z200. ;
M09 
M05 ;
M30 ;
```



Lampiran 6

Form Monitoring Proyek Akhir

PORM-PPR-3-6: Form Monitoring Proyek Akhir

 FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK _____ / _____			
JUDUL		ANALISIS PELUANG USAHA KECEPATAN SPINDEL DAN KECEPATAN PEMANAN (HEATING) TERHADAP KEMASAN PERBUKUAN MATERIAL PAPA PROSES PENDING PEGAS CNC TURNING	
Nama Mahasiswa		1. Adam Smith /NIM: 1041933 2. _____ /NIM: _____ 3. _____ /NIM: _____ 4. _____ /NIM: _____ 5. _____ /NIM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	10/01/2023	Materiah Selesai	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....)	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)

Lampiran 7

Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK — / —			
JUDUL	ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN SPINDEL PAN FEEDING TERHADAP NILAI KEMASAN PERMUKAAN PROSES FINISHING BUBUT CNC		
Nama Mahasiswa	Adam Smith NIM: 1041932		
Nama Pembimbing	1. Yudi Oktinadi, S.Te., M.Eng 2. M. Haritsah Amrullah, S.S.T., M.Eng 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	20/4 2022	Bahasa terkait seminar proposal PA	
2	13/5 2022	Pertimbangan BAB I dan II skripsi PA	
3	27/5 2022	Progres persiapan alat dan bahan PA	
4	21/6 2022	Pertimbangan BAB I, II, III skripsi PA	
5	20/6 2022	Pertemuan bimbingan terkait PA	
6	15/7 2022	Progres masalah	
7	18/8 2022	Pertimbangan BAB I-IV skripsi PA	
8	21/8 2022	Revisi BAB I-IV skripsi PA	
9	3/1 2023	Konsultasi BAB I-IV PA + jurnal	
10	14/1 2023	Persiapan sidang PA	

Catatan:

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

Lampiran 8

Form Revisi Laporan Akhir

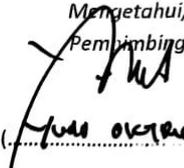
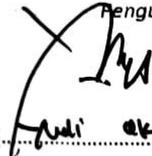
FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

		FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
JUDUL :	Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel dan Feeding Terhadap Nilai Ketepatan Permukaan Akhir Finishing Bubut CNC		
Nama Mahasiswa :	1. Adam Smith	NIM:	1041932
	2. _____	NIM:	_____
	3. _____	NIM:	_____
	4. _____	NIM:	_____
	5. _____	NIM:	_____
Bagian yang direvisi		Halaman	
Bab 1			
Bab 2			
Kesimpulan			
Daftar Pustaka			
		Sunggailiat, ... 27-01-2023	
		Penguji  Zaldy Kurniawan	
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa			
Mengetahui, Pembimbing  (Yudi Oktaadi)		Sunggailiat, ... 8-2-2023 Penguji  (Zaldy Kurniawan)	

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023</p>
<p>JUDUL :</p>	<p><i>Analisa Pengaruh Variasi Kee Spindel & Feeding Thd Nilai Kekasaran Perm. Proses finishing Rabbit CN</i></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Adam Smith</u> NIM: _____ 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	
	<p>Halaman</p>
<p>• <i>Diagram Alir</i></p>	
<p>• <i>Daftar Pustaka</i></p>	
<p>• <i>Format penulisan</i></p>	
<p>Sungailiat, <i>27-01-2023</i></p>	
<p>Penguji</p> <p><i>(Handa P)</i></p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p>Mengetahui, Penyimping</p> <p><i>(Yudi Okrenadi)</i></p>	<p>Sungailiat,</p> <p>Penguji</p> <p><i>(.....)</i></p>

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023</p>																				
<p>JUDUL :</p>	<p>Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel dan Pengaruh Faktor-faktor lain pada Kenaikan Permukaan Pusat Fungsi Lubang CHC</p>																				
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Adem Gnith</u> NIM: <u>1041932</u> 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Bagian yang direvisi</th> <th style="width: 20%;">Halaman</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Detail Renge Pot Ronda.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Cet penguji 1.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 Cet penguji 2.</td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Bagian yang direvisi	Halaman	1. Detail Renge Pot Ronda.		2. Cet penguji 1.		2 Cet penguji 2.													
Bagian yang direvisi	Halaman																				
1. Detail Renge Pot Ronda.																					
2. Cet penguji 1.																					
2 Cet penguji 2.																					
<p>Sungailiat, 27-1-2023</p> <p style="text-align: center;">Penguji  (..... Yuli Oktavadi.....)</p>																					
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>																					
<p>Mengetahui, Pembimbing</p>  (..... Yuli Oktavadi.....)	<p>Sungailiat,</p> <p style="text-align: center;">Penguji</p>  (..... Yuli Oktavadi.....)																				

Lampiran 9

Bukti Bukan Plagiasi

Document Viewer

Turnitin Originality Report

Processed on: 2023年01月16日 14:57 WIB
ID: 1993482830
Word Count: 7145
Submitted: 1

ANALISIS PENGARUH VARIASI
KECEPATAN SPIDEL D... By
Adam Smith

Similarity Index 16%	Similarity by Source Internet Sources: 16% Publications: 0% Student Papers: 4%
--------------------------------	--

include quoted include bibliography excluding matches < 2% mode:

quickview (classic) report

9% match (Internet from 28-Sep-2022) http://repository.polman-babel.ac.id	✕
2% match (Internet from 31-Jan-2022) http://repository.polman-babel.ac.id	✕
2% match (Internet from 28-Sep-2022) http://repository.polman-babel.ac.id	✕
2% match (Internet from 13-Apr-2022) http://repository.polman-babel.ac.id	✕

Lampiran 10

Bukti Publikasi



JITT :
JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN
POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG
Kawasan Industri Alir Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>

e-ISSN : XXXX-XXXX

SURAT KETERANGAN
Nomor : 007/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“ANALISIS PENGARUH VARIASI KECEPATAN SPINDEL
DAN FEEDING TERHADAP NILAI KEKASARAN
PERMUKAAN PROSES FINISHING BUBUT CNC”**

Atas nama :

Penulis : ADAM SMITH, YUDI OKTRIADI

Afiliasi : POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 10 Januari 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 10 Januari 2023
Kepala P3KM,

Dr. Parulian Silalahi, M.Pd D
NIP. 1901010201640006