

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA  
TERHADAP PEMAKANAN KERING DAN BASAH  
TERHADAP MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA  
PROSES PEMESINAN CNC BUBUT**

**PROYEK AKHIR**

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



**Disusun Oleh:**

**Mubazzamad Verdian**

**NIRM: 1041951**

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

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA  
TERHADAP PEMAKANAN KERING DAN BASAH  
TERHADAP MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA  
PROSES PEMESINAN CNC BUBUT**

**PROYEK AKHIR**

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



Disusun Oleh:

Muhammad Verdian

NIRM: 1041951

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA TERHADAP  
PEMAKAMAN KERING DAN BASAH TERHADAP MATERIAL BAJA  
AISI 1045 PADA PROSES PEMESINAN CNC BUBUT**

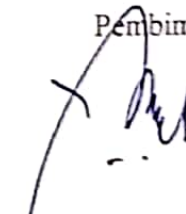
Oleh:

Muhammad Verdian/1041951

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




Zulfitriyanto, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Eko Yudo, S.S.T., M.T.

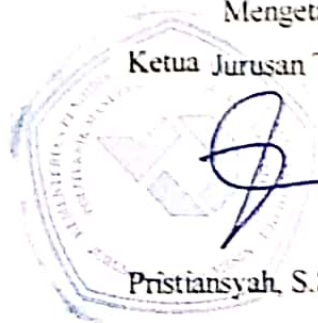
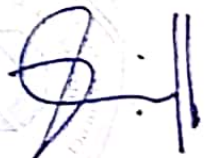
Penguji 2



Husnan, S.S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Verdian NIRM: 1041951

Dengan Judul : **ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA TERHADAP PEMAKANAN KERING DAN BASAH TERHADAP MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA PROSES PEMESINAN CNC BUBUT**

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

Sungailiat, 18 Januari 2023

Nama Mahasiswa  
1. Muhammad Verdian

Tanda Tangan



## ABSTRAK

*Perkembangan zaman semakin pesat. Salah satunya ditandai dengan berkembangnya teknologi yang memudahkan pekerjaan manusia contohnya adalah mesin CNC bubut. Dalam proses pemesinan CNC bubut menghasilkan nilai kekasaran permukaan. Semakin kecil nilai kekasaran permukaan maka semakin baik. Alat untuk mengukur kekasaran permukaan adalah Surface Roughness Tester. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan dari proses pemesinan pemakanan kering dan basah atau dengan menggunakan media pendingin dan tidak menggunakan media pendingin yaitu dromus yang kemudian didapatkan hasil terbaik dari kedua proses pemakanan tersebut. Untuk metode yang digunakan adalah metode Taguchi yang dikembangkan oleh Genichi Taguchi yang dimana metode ini digunakan untuk meningkatkan kualitas dari hasil produksi proses manufaktur. Didapatkan nilai hasil penelitian kekasaran permukaan untuk pemakanan basah dari 3 kali replikasi yang telah di rata-ratakan adalah 2,068, 1,233, 1,621, dan 1,253. Dan nilai hasil untuk proses pemakanan kering adalah 1,670, 0,987, 1,146, dan 1,679. Kesimpulan yang didapatkan adalah untuk nilai kekasaran terkecil dari proses pemakanan basah adalah 1,233 dengan parameter yaitu RPM 1.273 Depth of Cut 1mm, dan Feeding 0,16 mm/put. Dan untuk pemakanan kering adalah 0,987 dengan parameter yaitu RPM 1.273 Depth of Cut 1mm, dan Feeding 0,16 mm/put.*

***Kata kunci:*** *kekasaran permukaan; CNC; Taguchi*

## **ABSTRACT**

*Times are growing rapidly. One of them is marked by the development of technology that facilitates human work, for example CNC lathes. In the machining process, a CNC lathe produces a surface roughness value. The smaller the surface roughness value, the better. The tool for measuring surface roughness is the Surface Roughness Tester. The purpose of this study was to obtain the surface roughness value of the dry and wet feed machining processes or by using a cooling medium and not using a cooling medium, namely drromus, which then obtained the best results from the two feeding processes. The method used is the Taguchi method developed by Genichi Taguchi where this method is used to improve the quality of production results from the manufacturing process. The results of the surface roughness research obtained for wet food from 3 repetitions on average were 2.068, 1.233, 1.621 and 1.253. And the yield values for dry food processing are 1.670, 0.987, 1.146 and 1.679. The conclusion obtained is that the smallest roughness value in the wet feeding process is 1.233 with parameters RPM 1273, Depth of Cut 1mm, and Feeding 0.16 mm/put. And for dry feeding it is 0.987 with parameters RPM 1273, Depth of Cut 1mm, and Feeding 0.16 mm/put.*

**Keywords:** *surface roughness; CNC; taguchi*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

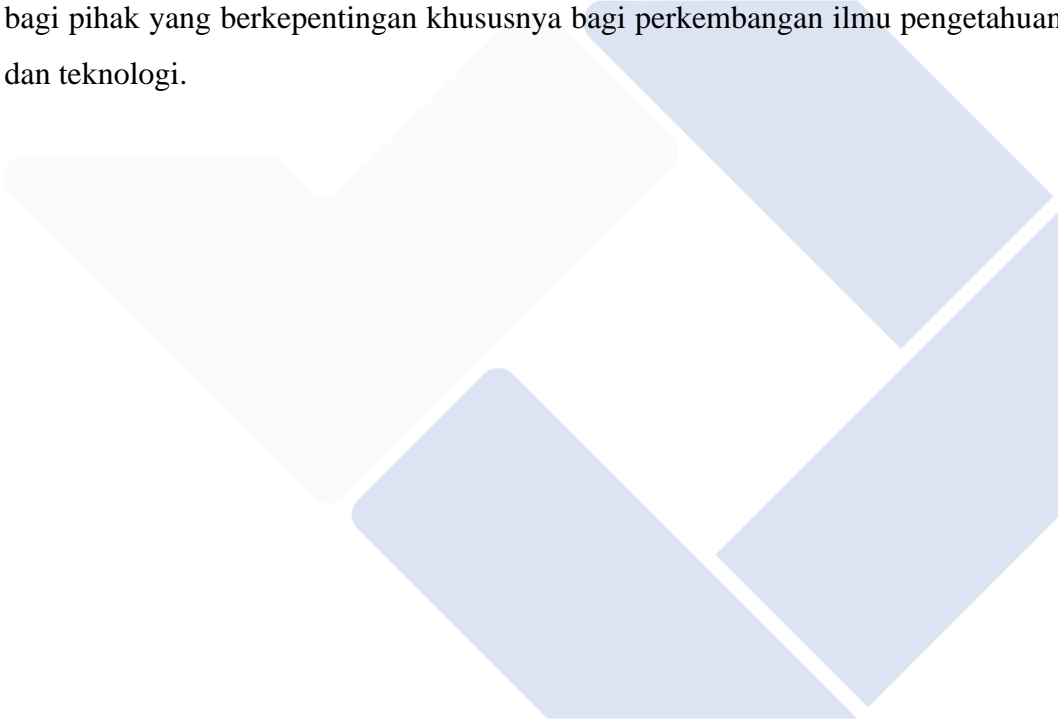
Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, peneliti dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN TERHADAP PEMAKANAN KERING DAN BASAH TERHADAP MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA PROSES PEMESINAN CNC BUBUT”**. Penulisan laporan akhir ini juga merupakan syarat untuk menyelesaikan Studi Sarjana Terapan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL) pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua yang telah membesarkan, mendidik sampai sekarang serta selalu mendoakan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini dan juga keluarga besar yang selalu memberikan dukungan.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 laporan akhir saya, yang telah bersedia untuk menyediakan waktu dan tenaga dalam proses pembimbingan laporan akhir ini sehingga dapat terselesaikan.
6. Bapak Zulfitriyanto, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 laporan akhir saya, yang telah menyediakan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dan sarannya.
7. Seluruh dosen yang telah membantu dalam laporan akhir saya, yang tidak bisa saya ucapkan satu persatu.

8. PLP atau teknisi yang telah membantu dalam laporan akhir saya, khususnya bapak Martadi yang telah membantu dalam proses pemesinan CNC bubut.
9. Teman-teman semua khususnya teman seperjuangan yang saling mendukung satu sama lain agar sukses di masa depan.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan terbatasnya pengetahuan dan juga kemampuan penulis. Maka dari itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun agar dapat memperbaiki dan melakukan pengembangan penulisan laporan akhir ini di masa yang akan datang. Penulis berharap agar laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.





## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II</b>	
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Baja AISI 1045 .....	5
2.1.1 Pengertian Baja AISI 1045.....	5
2.1.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045 .....	5
2.1.3 Unsur Baja AISI 1045.....	6
2.1.4 Penggunaan Baja AISI 1045 .....	6
2.2 Mesin Bubut CNC .....	6
2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC.....	6
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC .....	7
2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC.....	8
2.2.4 Pemrograman CNC Bubut .....	10
2.2.5 Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC .....	13

2.3	Kekasaran Permukaan .....	15
2.4	Dromus .....	18
2.5	Metode Taguchi.....	19
2.5.1	Pengertian Metode Taguchi .....	19
2.5.2	Langkah-langkah Metode Taguchi .....	19
2.5.3	Tahapan Desain Eksperimen Taguchi.....	20
2.5.3.1	Tahapan Perencanaan Eksperimen .....	20
2.5.3.2	Tahapan Pelaksanaan Eksperimen.....	22
2.5.3.3	Tahap Analisa .....	23
<b>BAB III</b>		
<b>METODE PENELITIAN .....</b>		<b>26</b>
3.1	Tahap Penelitian .....	26
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.3	Alat dan Bahan .....	28
3.3.1	Alat Penelitian.....	28
3.3.2	Bahan Penelitian.....	31
3.4	Parameter Penelitian.....	32
3.4.1	Parameter Terikat ( <i>Dependent Parameter</i> ).....	32
3.4.2	Parameter Bebas ( <i>Independent Parameter</i> ).....	32
3.4.3	Parameter Kontrol .....	32
3.4.4	<i>Noise</i> .....	33
3.5	Pemilihan Matriks Ortogonal .....	33
3.6	Proses Pemesinan .....	34
3.7	Data Hasil Percobaan .....	42
3.8	Metode Analisis.....	42
<b>BAB IV</b>		
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>45</b>
4.1	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	45
4.2	Analisis Varian Taguchi.....	46
4.2.1	Perhitungan <i>Mean</i> Terhadap Respon .....	46
4.2.2	Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon.....	50

4.2.3	Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon .....	52
4.2.4	Perhitungan Langsung Rasio S/N Terhadap Respon .....	57
4.3	Analisis Varian Rata-rata .....	60
4.4	Analisis Varian Rasio S/N.....	65
4.5	Interval Kepercayaan Rata-rata Kekasaran Permukaan .....	70
4.6	Interval Kepercayaan Rasio S/N Kekasaran Permukaan.....	73
4.7	Kenormalan data.....	76
4.7	Persen Kontribusi Rata-rata Kekasaran Permukaan.....	79
4.8	Persen Kontribusi Rasio S/N Kekasaran Permukaan .....	82
<b>BAB V</b>		
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>85</b>
5.1	Kesimpulan.....	85
5.2	Saran.....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>87</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat mekanik baja karbon AISI 1045.....	5
Tabel 2. 2 Unsur baja karbon AISI 1045 .....	6
Tabel 2. 3 Macam-macam kode G dan kegunaannya .....	12
Tabel 2. 4 Macam-macam kode M dan kegunaannya.....	13
Tabel 2. 5 Standarisasi simbol nilai kekasaran .....	18
Tabel 2. 6 Level-level matriks ortogonal .....	22
Tabel 3. 1 <i>Surface roughness tester</i> Mitutoyo SJ-210 .....	30
Tabel 3. 2 Daftar parameter bebas dan level.....	32
Tabel 3. 3 Daftar parameter kontrol dan nilai .....	33
Tabel 3. 4 Total derajat kebebasan parameter bebas.....	33
Tabel 3. 5 Rancangan eksperimen berdasarkan matriks ortogonal $L_4(2^3)$ .....	34
Tabel 3. 6 <i>Form</i> data hasil percobaan .....	42
Tabel 4. 1 Data awal hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah	45
Tabel 4. 2 Data awal hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering	46
Tabel 4. 3 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah.....	47
Tabel 4. 4 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering .....	47
Tabel 4. 5 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah dengan <i>software</i> analisis .....	47
Tabel 4. 6 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering dengan <i>software</i> analisis .....	48
Tabel 4. 7 Respon parameter terhadap rata-rata pemakanan basah .....	48
Tabel 4. 8 Respon parameter terhadap rata-rata pemakanan kering .....	49
Tabel 4. 9 Respon rata-rata parameter terhadap hasil kekasaran permukaan .....	51
Tabel 4. 10 Respon rata-rata parameter terhadap hasil kekasaran permukaan .....	52
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan rasio S/N untuk respon .....	53
Tabel 4. 12 Respon rasio S/N parameter terhadap rata-rata.....	54
Tabel 4. 13 Respon rasio S/N terhadap hasil kekasaran permukaan.....	55
Tabel 4. 14 Hasil perhitungan rasio S/N untuk respon .....	56

Tabel 4. 15 Respon rasio S/N parameter terhadap rata-rata.....	56
Tabel 4. 16 Respon rasio S/N terhadap hasil kekasaran permukaan.....	57
Tabel 4. 17 Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh parameter....	58
Tabel 4. 18 Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh parameter....	59
Tabel 4. 19 Analisis varian rata-rata .....	62
Tabel 4. 20 Analisis varian rata-rata .....	65
Tabel 4. 21 Analisis varian rasio S/N .....	67
Tabel 4. 22 Analisis varian rasio S/N .....	70
Tabel 4. 23 Interval kepercayaan .....	70
Tabel 4. 24 Interval kepercayaan .....	71
Tabel 4. 25 Interval kepercayaan .....	73
Tabel 4. 26 Interval kepercayaan .....	74
Tabel 4. 27 Persen kontribusi.....	80
Tabel 4. 28 Persen kontribusi.....	81
Tabel 4. 29 Persen kontribusi.....	83
Tabel 4. 30 Persen kontribusi.....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sumbu utama koordinat X dan Y mesin bubut CNC .....	7
Gambar 2. 2 Bagian-bagian utama mesin bubut CNC .....	8
Gambar 2. 3 Metode <i>Incremental</i> .....	11
Gambar 2. 4 Metode <i>Absolute</i> .....	12
Gambar 2. 5 Profil kekasaran permukaan .....	16
Gambar 2. 6 Lebar gelombang dan lebar kekasaran .....	17
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian .....	27
Gambar 3. 2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL-25 .....	28
Gambar 3. 3 Mata potong <i>Insert Carbide</i> .....	29
Gambar 3. 4 Spesifikasi <i>Insert Carbide</i> .....	29
Gambar 3. 5 <i>Surface Roughness Tester</i> .....	30
Gambar 3. 6 Jangka sorong ketelitian 0,05 mm .....	31
Gambar 3. 7 Material baja AISI 1045 dan ukurannya .....	32
Gambar 3. 8 Baja AISI 1045 diameter 30 mm .....	35
Gambar 3. 9 <i>Handle Chuck</i> .....	35
Gambar 3. 10 Spidol .....	35
Gambar 3. 11 Obeng .....	35
Gambar 3. 12 Oli .....	35
Gambar 3. 13 Sarung tangan .....	36
Gambar 3. 14 Pemasangan benda kerja .....	37
Gambar 3. 15 Pemasangan alat potong .....	37
Gambar 3. 16 <i>Setting</i> parameter sesuai dengan kombinasi .....	38
Gambar 3. 17 Benda kerja setelah proses pemesinan CNC bubut .....	39
Gambar 3. 18 Titik pengambilan kekasaran permukaan .....	39
Gambar 3. 19 <i>V-block</i> .....	40
Gambar 3. 20 <i>Holder dial</i> .....	40
Gambar 3. 21 Kalibrasi alat ukur .....	40
Gambar 3. 22 <i>Setting</i> ketinggian benda kerja dan alat ukur .....	41

Gambar 3. 23 Proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja .....	42
Gambar 4. 1 Grafik kekasaran rata-rata untuk masing-masing level parameter...	49
Gambar 4. 2 Grafik kekasaran rata-rata untuk masing-masing level parameter...	50
Gambar 4. 3 Grafik rasio S/N .....	55
Gambar 4. 4 Grafik rasio S/N .....	57
Gambar 4. 5 Grafik pengujian kenormalan data .....	77
Gambar 4. 6 Grafik pengujian kenormalan data .....	79



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 Hasil Pengukuran
- Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 4 Tabel T
- Lampiran 5 *Form* Bimbingan
- Lampiran 6 *Form* Monitoring
- Lampiran 7 *Form* Revisi Laporan Akhir
- Lampiran 8 Bukti Bukan Plagiasi
- Lampiran 9 Bukti Publikasi
- Lampiran 10 Sertifikat Baja AISI 1045



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan zaman kini mulai pesat. Banyak teknologi yang memudahkan manusia dalam pekerjaan ataupun dalam hal lainnya dalam kehidupan sehari-hari. Perkembangan teknologi ini tentunya hasil dari perkembangan ilmu pengetahuan yang berkembang pesat yang kemudian dikembangkan menjadi sebuah teknologi yang berguna dan bermanfaat. Salah satunya adalah teknologi dalam bidang industri manufaktur yaitu CNC (*Computer Numerical Control*). Mesin CNC merupakan perkakas yang dilengkapi berbagai macam alat potong yang menghasilkan benda kerja yang presisi yang dijalankan menggunakan program numerik (menggunakan angka dan huruf). Untuk menjalankan program numerik pada CNC harus menggunakan perangkat lunak yang sesuai.

Penggunaan mesin sebagai sarana produksi tentunya dapat mempercepat proses produksi dan tingkat kepresisiannya yang baik sehingga bekerja lebih efisien dan meminimalkan biaya produksi. Kelebihan ini terdapat pada mesin CNC salah satunya yaitu mesin CNC bubut. Mesin CNC dapat memproduksi barang secara masal sesuai dengan program yang telah dibuat dan tidak perlu lagi mengatur *setting* karena telah terkontrol komputer. Untuk membuat komponen waktu harus sesingkat mungkin agar dapat mencapai tingkat produksi yang tinggi (Sunyapa 2016).

Dalam proses pemesinan kekasaran permukaan mempengaruhi nilai suatu benda. Semakin kecil tingkat kekasaran permukaan maka semakin baik. Tingkat kekasaran permukaan dari hasil pemesinan haruslah sesuai dengan kebutuhan. Tingkat kekasaran permukaan mempengaruhi kepresisian suatu produk. Jika tingkat kekasaran produk tinggi maka akan mempengaruhi kualitas dan umur produk dan dapat mengganggu kinerja komponen elemen mesin yang berpasangan atau berhubungan. Faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yaitu sudut

dan ketajaman pisau potong, variasi kecepatan, getaran mesin, posisi senter dan perlakuan panas yang kurang baik dan sebagainya (Santoso,2019). Kecepatan *spindle* dan kedalaman pemakanan juga dapat mempengaruhi kekasaran permukaan. Dari data pengujian yang penulis dapat yang bersumber dari jurnal menunjukkan hasil dari pengujian yang menggunakan material baja TEW 6582 tinggi yang merupakan bahan liat yang dimana jika pemakanan dilakukan secara kering maka akan menyebabkan gesekan dan suhu panas yang tinggi. Untuk jenis pahat yang digunakan adalah pahat karbida berlapis. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat ukur *surface test* dengan jarum yang bergerak lurus sepanjang permukaan benda kerja. Jarum berfungsi sebagai sensor yang akan mendeteksi kasar atau halus nya permukaan. Dari hasil pengujian yang didapat menunjukkan bahwa pemakanan kering pada baja TEW 6582 sedikit lebih baik dari pemakanan basah (Napid dan Nasution).

Peneliti selanjutnya melakukan penelitian kekasaran permukaan pada baja AISI 1045 dengan menggunakan metode taguchi. Untuk ukuran materialnya yaitu panjang 100 mm dengan lebar 30 mm. mata potong yang digunakan adalah *Insert Carbide CNMG 120408-MA*. Untuk alat ukurnya menggunakan *Surface Roughnes Tester* untuk mengukur kekasaran permukaan. Parameter bebas yang digunakan adalah 1. Kecepatan potong, 2. Kedalaman pemakanan, dan 3. Gerak makan. Untuk levelnya ada 3. Kecepatan potong mulai dari 120, 135, dan 150. Kedalaman pemakanan dimulai dari 0,40, 0,70, dan 1. Gerak makan dimulai dari 0,15, 0,25, dan 0,35. Hasil penelitian yang didapat adalah kecepatan mempengaruhi kontribusi sebesar 36,64%. Kedalaman pemakanan sebesar 16,28% dan parameter gerak makan sebesar -12,33%. Untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan paling rendah adalah kecepatan potong level 3 (150 m/menit), kedalaman pemakanan level 1 (0,40 mm), dan gerak makan level 3 (0,35 mm/put) (Rahmat,2021).

Peneliti selanjutnya yang berjudul “Pengaruh Pemesinan Kering Terhadap Kekasaran Permukaan Paduan Titanium”. Untuk jenis material yang digunakan adalah paduan titanium jenis alpha beta Ti-641-4V *Extra Low Intrasital*. Pembubutan dilakukan tanpa menggunakan pelumas. Untuk mesin yang digunakan adalah mesin CNC bubut *Clochhester T4 6000*, untuk pahat yang

digunakan terdiri dari 3 jenis yaitu pahat bubut yang tidak dilapisi (K313), pahat bubut yang dilapisi secara kimia *Chemical Vapor Deposition* (KC9225), dan pahat bubut yang dilapisi secara fisika *Physical Vapor Deposition* (KC5010). Untuk parameter pengujian adalah 1. Kecepatan pemotongan terdiri dari 3 level, 2. Kadar pemakanan terdiri dari 3 level, dan 3. Kedalaman potong terdiri dari 3 level. Untuk metode penelitian yang digunakan adalah metode taguchi. Dari hasil pengujian yang didapat kemudian disimpulkan bahwa nilai kekasaran permukaan ditentukan oleh kadar suapan dan juga jari-jari ujung pahat potongnya. Nilai kekasaran permukaan tinggi pada pemotongan awal, stabil pada tahap kedua dan menurun hingga akhir umur pahat (Ibrahim 2014).

Kemudian penelitian selanjutnya yang berjudul “Pembubutan Kering Baja AISI 1070 Terhadap Pertumbuhan Aus Sisi Pahat Karbida Berlapis (TiAlN/TiN)”. Bahan baja AISI 1070 terdiri dari kandungan karbon 0,65-0,75%. Untuk pahat yang digunakan adalah pahat karbida berlapis (*Coated*) dari bahan titanium aluminium nitride dan titanium nitride. Peralatan yang digunakan adalah 1. Mesin bubut CNC *Concept Turn 250*, 2. *Rockwell Hardness Tester TH 500*, 3. Mikroskop USB digital, dan 4. *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Parameter pengujianya adalah pemotongan 175, 200, 210, dan 215 m/menit. Gerak makan ( $f$ ) = 0,1 dan 0,13 mm/put. Dan untuk kedalaman potong ( $a$ ) 1 mm dan 1,5 mm dengan waktu pemotongan 2,19, 5,38, dan 1,24 menit. Dari hasil yang didapat kemudian disimpulkan bahwa pahat karbida yang dilapisi (TiAlN/TiN) *type GC 1005* dapat memotong baja AISI 1070 pada kecepatan 270 m/menit. Kecepatan 270 m/menit pada gerak makan 0,15 mm/put dan kedalaman potong  $a$  menghasilkan aus sisi  $VB = 0,38$  mm dalam waktu 8 menit, dan lapisan (TiAlN/TiN) berdampak pada peningkatan ketangguhan pahat (Sunarto 2016).

Untuk material pengujian penulis memilih material baja AISI 1045 dikarenakan material ini sering digunakan dalam pembuatan komponen pemrosesan. Contohnya adalah roda gigi, poros, dan rantai. Harga materialnya pun terjangkau dan mudah didapatkan. Untuk kandungan yang terdapat pada baja AISI 1045 menurut ASTM A 827-85 adalah untuk kandungan karbonnya berkisar 0,42-0,50%. Mangan 0,60-0,90%, fosfor maksimum 0,035%, sulfur maksimum 0,040%, dan

silicon 0,15-0,40%. Untuk sifat mekanisnya adalah gaya tarik, pemanjangan, dan kekerasan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kontribusi parameter yang telah ditetapkan terhadap nilai kekasaran permukaan material baja AISI 1045 pada proses pembubutan kering dan basah?
2. Bagaimana *setting* parameter agar didapatkan nilai kekasaran permukaan material baja AISI 1045 yang rendah pada proses pembubutan kering dan basah dengan menggunakan metode taguchi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kontribusi parameter terhadap kekasaran permukaan material baja AISI 1045 terhadap pemakanan kering dan basah.
2. Untuk mengetahui *setting* parameter agar didapatkan nilai kekasaran permukaan material baja AISI 1045 yang paling rendah pada proses pembubutan kering dan basah dengan menggunakan metode Taguchi.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah agar penelitian ini dapat terarah dan tidak menyimpang dari tujuan awal agar mendapatkan data dan informasi yang diperlukan, maka batasan-batasannya adalah terdiri sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah baja AISI 1045
2. Ukuran atau dimensi material yang digunakan adalah  $\text{Ø}30 \times 100 \text{ mm}$
3. Mesin yang digunakan adalah mesin CNC bubut MORI SEIKI SL-25
4. Pahat yang digunakan adalah *Insert Carbide* CNMG120408-MA
5. Parameter yang digunakan adalah *Depth of Cut*, *Feeding*, dan RPM
6. Metode penelitian menggunakan taguchi

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Baja AISI 1045

##### 2.1.1 Pengertian Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon yang termasuk kedalam golongan baja karbon menengah atau sedang yang memiliki kandungan kadar karbon sebesar 0,43%-0,50%. AISI merupakan standarisasi baja yaitu AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Dalam standarisasi baja berdasarkan AISI atau SAE memiliki beberapa ketentuan yaitu dinyatakan dengan 4 atau 5 angka (Rifnaldi and Mulianti 2019).

Angka 10 pada baja AISI 1045 menyatakan baja karbon atau *plain carbon steel* dan angka 45 menunjukkan kandungan karbon pada baja yang persentasenya 0,45% (Pramono 2011). Untuk sifat dan karakteristik, baja AISI tergolong sangat baik, sifat mekanik yang mampu las, sifat mampu mesin, kekerasan, dan ketahanan aus yang baik.

##### 2.1.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Sifat-sifat mekanik yang dimiliki baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Sifat mekanik baja karbon AISI 1045

<b>Sifat Mekanik</b>	<b>Keterangan</b>
<b>Kekuatan Tarik</b>	396 N/mm <sup>2</sup>
<b>Kekuatan Luluh</b>	380 N/mm <sup>2</sup>
<i>Elongation</i>	16 %/mm <sup>2</sup>
<b>Modulus Elastisitas</b>	200 Gpa
<b>Massa Jenis</b>	7,89 gr/cm

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

### 2.1.3 Unsur Baja AISI 1045

Kandungan unsur yang dimiliki baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2. 2 Unsur baja karbon AISI 1045

Unsur	%	Sifat Mekanik Lainnya
Karbon	0,42-0,50	<i>Tensile strenght</i>
Mangan	0,60-0,90	<i>Yield strength</i>
Sulfur	Maks. 0,035	<i>Elongation</i>
Fosfor	Maks. 0,040	<i>Reduktion in area</i>
Silicon	0,15-0,40	<i>Hardness</i>

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

### 2.1.4 Penggunaan Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 biasa digunakan sebagai bahan utama pembuatan komponen atau elemen mesin seperti roda gigi, bantalan, poros, batang penghubung piston, dan rantai. Fungsi komponen mesin yang terbuat dari baja AISI 1045 sebagai berikut:

- Roda gigi berfungsi sebagai komponen untuk mentransmisikan atau meneruskan daya
- Batang penghubung piston berfungsi sebagai pemindah tenaga
- Rantai berfungsi untuk memindahkan tenaga putaran

Baja AISI harus memiliki ketahanan aus yang baik dikarenakan sesuai dengan fungsi dari komponen agar mampu menahan keausan yang terjadi dikarenakan gesekan pada komponen tersebut.

## 2.2 Mesin Bubut CNC

### 2.2.1 Pengertian Mesin Bubut CNC

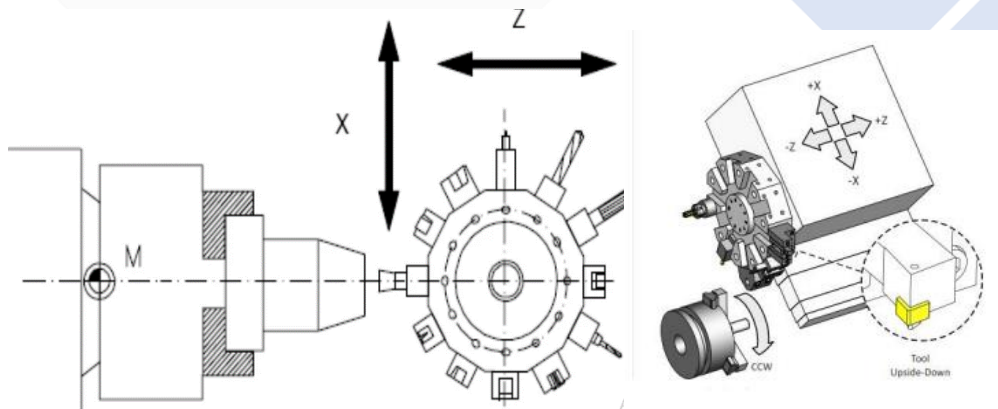
CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan sistem yang pengoperasiannya menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronasi antara

komputer dan mekaniknya. Keunggulannya adalah lebih baik dari segi ketelitian, kepresisian, fleksibilitas dan kapasitas produksi.

Jadi mesin CNC bubut adalah suatu mesin perkakas yang dijalankan atau dikontrol menggunakan komputer dengan perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf (numerik) untuk memotong benda kerja yang berputar.

### 2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Prinsip kerja mesin bubut CNC pada dasarnya sama dengan prinsip kerja mesin bubut konvensional. Gerakan dasar yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan koordinat X dan Z dengan kondisi benda kerja yang bergerak dan alat potong diam. Pada sumbu X untuk arah gerakannya melintang tegak lurus terhadap sumbu putar dan sumbu Z arah gerakannya memanjang sejajar sumbu putar. Berikut ditunjukkan pada Gambar 2.1 koordinat mesin CNC bubut:



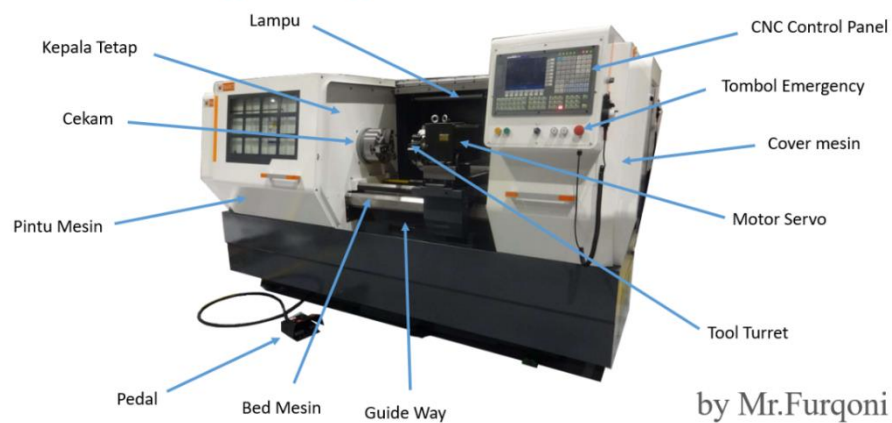
Gambar 2. 1 Sumbu utama koordinat X dan Y mesin bubut CNC

Sumber : (Arifin. A 2017 n.d)

Sumbu X adalah sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu *spindle* pada mesin bubut yang arah positifnya menjauhi sumbu *spindle*. Sumbu X merupakan besaran diameter benda kerja. Sementara sumbu Z merupakan sumbu yang sejajar dengan sumbu *spindle* yang arah positifnya menjauhi kepala tetap pada mesin bubut. Sumbu Z merupakan besaran panjang pada benda kerja. Pada program CNC digunakan koordinat benda kerja WCS (*Workpiece Coordinate System*) yang

dimana titik nol benda kerja terdapat atau diletakkan pada ujung paling kanan benda kerja.

### 2.2.3 Bagian-bagian Utama Mesin Bubut CNC



Gambar 2. 2 Bagian-bagian utama mesin bubut CNC

Sumber: (Furqoni. 2022 n.d)

#### 1. Kepala Tetap

Bagian ini untuk menopang *spindle* utama, dan tempat pencekam dipasang. Di dalam kepala tetap terdapat berbagai susunan roda gigi yang fungsinya untuk mengatur kecepatan putaran mesin. Jika putaran mesinnya tepat, maka pekerjaan pemesinan yang dilakukan bisa menjadi lebih efisien.

#### 2. *Spindle* Utama

*Spindle* utama merupakan gabungan dari poros dan sistem penggerak poros. Terdapat sumbu utama garis pusat pada mesin bubut. Sumbu utama ini memiliki fungsi yang sama dengan titik pusat, dimana jika semakin jauh garis lingkaran dari titik pusat maka semakin besar lingkaran yang terbentuk. Benda kerja yang dikerjakan harus sejajar dengan garis sumbu utama agar hasilnya sesuai dengan yang dibutuhkan.



### 3. *Spindle* Tambahan

Pada mesin CNC terdapat *spindle* tambahan yang bekerja secara sinkron dengan *spindle* utama untuk mendukung kinerja mesin sehingga meningkatkan efisiensi dari siklus pekerjaan.

### 4. *Bed* Mesin

*Bed* mesin merupakan landasan bagi toolpost atau turret yang pergerakannya bisa horizontal dan vertikal di atas *bed* mesin. *Bed* mesin tentunya tidak mudah berubah bentuk dan tidak mudah tergores dikarenakan terbuat dari baja yang sudah dikeraskan.

### 5. Cekam / *Chuck*

Bagian ini berguna untuk mencekam benda kerja saat proses pemesinan. Cekam terpasang pada *spindle* utama. Jika *spindle* utama berputar maka *chuck* ikut berputar.

### 6. *Guide Way*

Merupakan sebuah poros untuk menggerakkan alat potong secara horizontal maupun vertikal pada proses pemakanan benda kerja.

### 7. *Tailstock* / Kepala Lepas

Bagian ini berfungsi untuk menopang benda kerja untuk membantu pencekaman agar benda kerja tidak mudah bergeser pada saat proses pemesinan. Penggunaan *tailstock* berguna saat pengerjaan benda kerja yang ukurannya relatif panjang.

### 8. *Tailstock Quill*

*Tailstock quill* berfungsi untuk menggerakkan *tailstock* dengan menggunakan hidrolik atau tekanan pneumatic.

### 9. *Tool Turret*

*Tool turret* adalah tempat meletakkan mata potong seperti pahat bubut dan bor dengan jenis yang berbeda. Dengan adanya *tool turret* operator dapat dengan mudah dan lebih cepat dalam proses pengerjaan benda kerja. Alat potong tidak perlu dibongkar pasang, cukup dengan mengubah posisi alat potong yang telah dipasang pada *tool turret*.

#### 10. *Foot Switch / Foot Pedals*

Berfungsi untuk mengendalikan *chuck* dan *tailstock quill*.

#### 11. *CNC Control Panel*

Bagian ini merupakan otak utama dalam CNC dimana program pengerjaan benda kerja diatur dalam *control panel* ini. Operator menggerakkan mesin menggunakan *control panel* dan dapat juga merubah program dan menggantinya ke program yang baru. Program juga dapat ditransfer melalui port USB yang terdapat pada panel.

#### 12. *Cover Mesin*

*Cover* mesin berguna untuk menutup dan melindungi pekerjaan agar tidak adanya gangguan dari luar mesin saat proses pemesinan.

#### 13. *Pintu Mesin*

Berguna untuk melindungi operator seandainya terjadi kesalahan dalam proses pemesinan seperti benda kerja terlepas dan bram hasil pemotongan yang terlempar ke arah operator. Diharuskan selalu menutup pintu mesin ketika proses pemesinan berlangsung.

#### 14. *Lampu Penerangan*

Lampu penerangan membantu operator untuk melihat proses pengerjaan karena ruang pemesinan gelap saat proses pemesinan tertutup dilakukan.

#### 15. *Tombol Emergency*

Tombol ini digunakan pada saat kondisi darurat. Saat di tekan maka kerja mesin akan berhenti seketika dan meminimalisir kerusakan yang terjadi.

### **2.2.4 Pemrograman CNC Bubut**

Pemrograman adalah merupakan suatu proses untuk memasukan data ke komputer mesin dengan bahasa pemrograman yang sesuai. Data yang dimasukan dalam bentuk numerik (angka dan huruf). Ketika program telah dimasukan, maka apa yang dikerjakan perkakas CNC sesuai dengan perintah pemrograman tersebut.

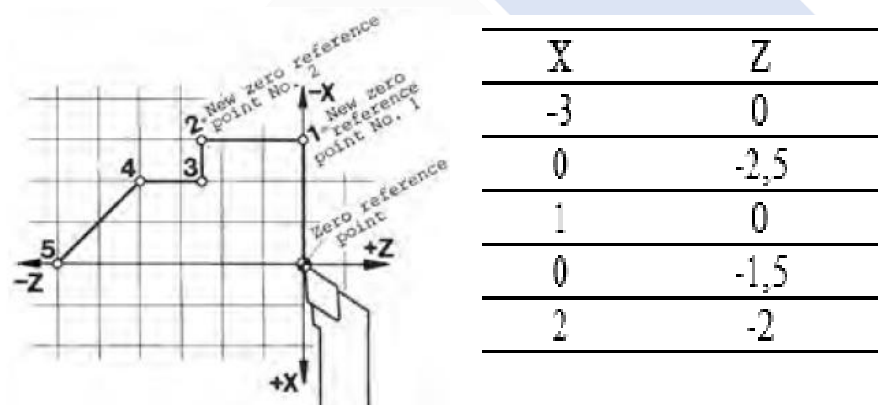
#### 1. *Metode Pemrograman*

Metode pemrograman CNC terbagi menjadi 2 yaitu sebagai berikut:

a. Metode *Incremental*

Metode *incremental* adalah sistem yang titik referensi instruksi program selanjutnya adalah titik akhir operasi pahat tersebut. Titik awal sistem ini selalu berpindah dengan berpedoman kepada titik akhir dan titik akhirnya menjadi awal untuk lintasan selanjutnya.

Keuntungan menggunakan metode ini adalah lebih mudah untuk membuat program karena titik akhir yang sama sebagai referensi program selanjutnya. Dan untuk kelemahannya jika salah satu program diubah atau titiknya diubah maka akan merubah semuanya. Contoh pemrograman *incremental* pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



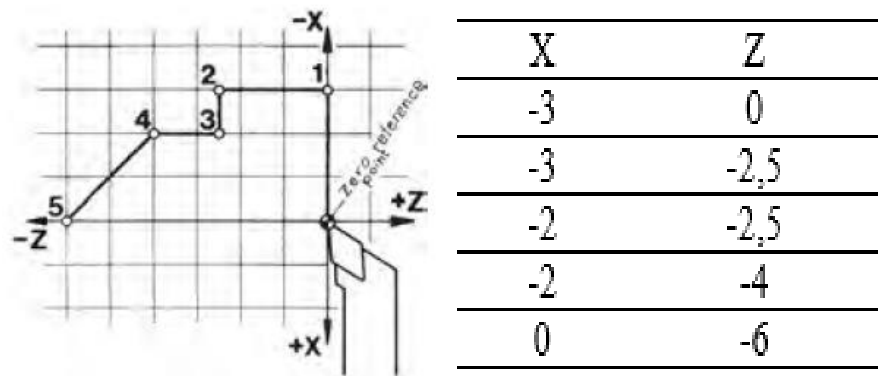
Gambar 2. 3 Metode *Incremental*

b. Metode *Absolute*

Metode *absolute* adalah metode yang sistem yang perintah gerakannya didasarkan pada satu titik referensi. Titik awal disebut dengan titik nol (datum poin). Untuk penempatan titik nol dapat diletakkan pada luar benda atau pada sudut benda kerja. Agar penempatan titik nol lebih tepat maka lebih baik menggunakan alat bantu pemasangan.

Keuntungan menggunakan metode ini adalah jika salah satu program dirubah, maka titik lain tidak akan berpindah. Kelemahannya adalah sedikit lebih rumit untuk membuat programnya karena titik acuan utama

pada titik nol. Contoh pemrograman *absolute* pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Metode *Absolute*

Sumber: (Worlds n.d.)

## 2. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman adalah suatu format perintah dalam satu blok yang menggunakan angka, huruf, dan simbol. Di dalam mesin perkakas CNC terdapat perangkat komputer MCU (*Machine Control Unit*) yang berfungsi untuk menerjemahkan bahasa kode kedalam bentuk gerakan sesuai bentuk benda kerja (Widarto 2008).

Penggunaan kode harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh industri yang membuat mesin CNC agar kode dapat terbaca. Kode yang biasa digunakan adalah kode G dan kode M.

Berikut macam-macam bahasa kode G yang biasa digunakan pada Tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2. 3 Macam-macam kode G dan kegunaannya

Kode G	Kegunaan
G00	Perintah pergerakan cepat atau tanpa pemakanan
G01	Perintah pergerakan pemakanan lurus
G02	Perintah pergerakan pemakanan melingkar searah jarum jam

<b>G03</b>	Perintah pergerakan pemakanan melingkar berlawanan arah jarum jam
<b>G04</b>	Perintah gerakan berhenti sesaat
<b>G40</b>	Membatalkan kompensasi radius
<b>G41</b>	Untuk pembubutan diameter dalam
<b>G42</b>	Untuk pembubutan diameter luar
<b>G54</b>	Berarti titik nol benda kerja diaktifkan
<b>G70</b>	Perintah <i>finishing</i>
<b>G71</b>	Perintah pemakanan berulang secara otomatis
<b>G90</b>	Pemrograman <i>absolute</i>
<b>G91</b>	Pemrograman <i>incremental</i>
<b>G92</b>	Pembuatan ulir
<b>G96</b>	Mengukur kecepatan potong
<b>G97</b>	Pengaturan kecepatan potong konstan <i>OFF</i>

Berikut macam-macam kode M yang biasa digunakan ditunjukkan oleh Tabel 2.4 di bawah ini:

Tabel 2. 4 Macam-macam kode M dan kegunaanya

<b>Kode M</b>	<b>Kegunaan</b>
<b>M02</b>	Program berakhir
<b>M03</b>	<i>Spindle ON</i> searah putaran jarum jam
<b>M04</b>	<i>Spindle ON</i> berlawanan arah putaran jarum jam
<b>M05</b>	<i>Spindle OFF</i>
<b>M08</b>	Menghidupkan pendingin
<b>M09</b>	Mematikan pendingin
<b>M30</b>	Akhir program dan mengembalikan posisi <i>tool</i> berakhir

### 2.2.5 Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC

Berikut parameter yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian mesin bubut CNC:

## 1. Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)

Kecepatan potong adalah kemampuan alat potong untuk menyayat benda kerja dalam satuan panjang/waktu (meter/menit). Kecepatan potong ditentukan oleh jenis alat potong dan jenis benda kerja yang akan dipotong. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan potong yaitu:

### a. Material benda kerja

Tinggi atau rendahnya kekuatan bahan akan mempengaruhi harga kecepatan potong. Jika kekuatan bahan tinggi maka harga kecepatan potong akan semakin kecil dan jika kekuatan bahan rendah maka harga kecepatan potong akan semakin besar.

### b. Jenis alat potong

Jika kekuatan jenis alat potong tinggi, maka harga kecepatan potong semakin besar.

### c. Kedalaman penyayatan

Jika kedalaman penyayatan semakin tebal, maka harga kecepatan potong akan semakin kecil.

### d. Kecepatan penyayatan

Jika harga penyayatan besar, maka harga kecepatan potong semakin kecil.

Berikut rumus untuk menentukan kecepatan pemotongan:

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

Dimana:

$V_c$  = Kecepatan potong (m/menit)

$d$  = Diameter benda kerja (mm)

$n$  = Putaran *spindle* (rpm)

$\pi$  = 3,14

## 2. Kedalaman Pemotongan (*Depth of cut*)

Kedalaman pemotongan (*Depth of cut*) adalah pemotongan tebal bagian benda kerja atau jarak permukaan yang dipotong terhadap permukaan benda kerja yang belum terpotong (Turning 2015). Untuk menghitung kedalaman pemotongan rumus yang digunakan adalah:

$$a = \frac{d_0 + d_m}{2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

a = Kedalaman pemakanan (mm)

$d_0$  = Diameter awal (mm)

$d_m$  = Diameter akhir (mm)

### 3. Kecepatan pemakanan (*Feeding Rate*)

Kecepatan pemakanan adalah jarak yang ditempuh oleh mata potong atau benda kerja dalam satuan mm/menit atau *feet*/menit. Untuk gerak maju alat potong diberi *symbol* f dan untuk putaran benda kerja diberi *symbol* n per menit (Widarto 2008).

Rumus kecepatan pemakanan:

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

Dimana:

Vf = Kecepatan pemakanan (mm/menit)

f = Gerak makan (mm/rev)

n = Putaran *spindle* (rpm)

## 2.3 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan penyimpangan aritmetik dari garis rata-rata profil (Rahmat n.d.). Nilai kekasaran permukaan memiliki beberapa faktor yaitu, dimensi pahat, mekanisme parameter pemotongan, geometri, dan cacat pada material dan kerusakan pada aliran geram (Sunyapa 2016).

Kualitas suatu produk sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan dan ketepatan ukuran benda kerja (kepresisiannya). Hasil pembubutan yang baik ditentukan dari dua faktor tersebut. Permukaan yang meninggalkan guratan atau meninggalkan bekas disebut dengan kekasaran permukaan. Berikut profil-profil kekasaran permukaan:

#### 1. Profil Geometri Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung. Profil ini adalah profil permukaan geometris yang ideal.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Penggunaan profil ini untuk menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. Bentuk profilnya sama dengan profil geometri ideal, tetapi menyinggung puncak tertinggi profil terukur dari panjang *sample* pengukuran.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil ini diperoleh dari suatu permukaan yang melalui proses pengukuran.

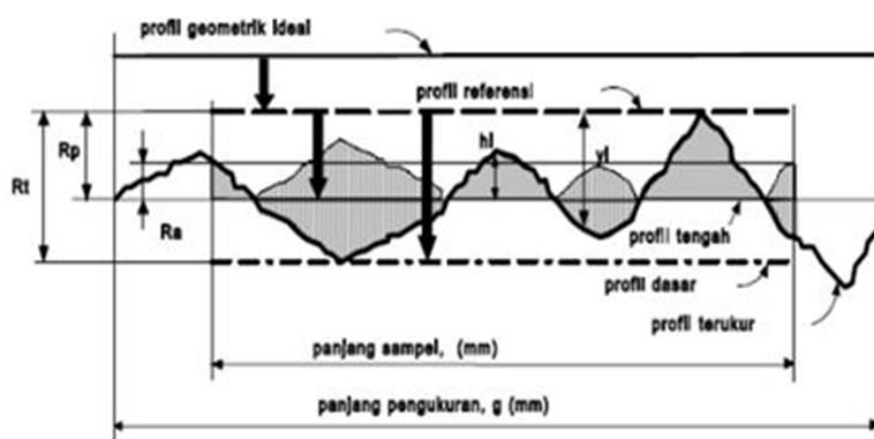
4. Profil Dasar (*Root Profile*)

Profil dasar merupakan profil referensi yang digeser kebawah pada titik paling rendah profil terukur.

5. Profil Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah berada di tengah-tengah sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai profil terukur. Posisi profil tengah ini tegak lurus terhadap profil geometri yang membagi luas penampang permukaan menjadi bagian atas dan bawah yang sama (Rochim n.d.).

Profil-profil kekasaran permukaan ditunjukkan pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Profil kekasaran permukaan

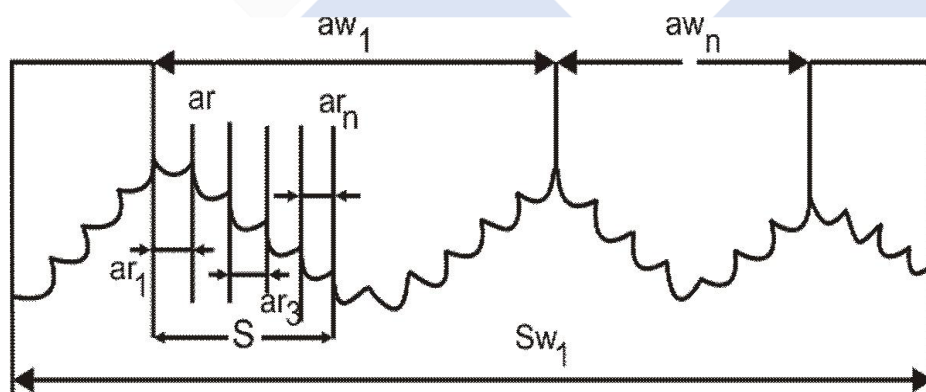
Sumber: (Saputro 2010)



Terdapat beberapa parameter permukaan yang berhubungan dengan dimensi yang arahnya terbagi menjadi 2 yaitu arah tegak dan arah melintang. Berikut beberapa parameter untuk arah tegak, yaitu:

- Kekasaran total  $R_t$  ( $\mu\text{m}$ ) yang dimana merupakan jarak antara profil referensi dan profil alas
- Kekasaran perataan  $R_p$  ( $\mu\text{m}$ ) yang dimana merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dan profil terukur
- Kekasaran rata-rata aritmatik  $R_a$  ( $\mu\text{m}$ ) yang dimana merupakan harga rata-rata aritmatik dari harga absolute jarak antara profil terukur dan profil tengah
- Kekasaran rata-rata kuadrat  $R_g$  ( $\mu\text{m}$ ) yang dimana merupakan akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dan profil tengah
- Kekasaran total rata-rata  $R_z$  ( $\mu\text{m}$ ) yang dimana merupakan jarak antara profil alas dan profil terukur pada lima puncak tertinggi yang kemudian dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah yang terendah.

Kemudian untuk parameter arah mendatar ditunjukkan pada Gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2. 6 Lebar gelombang dan lebar kekasaran

Sumber: (Munadi 2017)

a) Lebar gelombang (*Waviness Width*),  $A_w$

Lebar gelombang merupakan jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak  $aw_1$  yang dimana  $aw_1$  terletak di antara dua puncak gelombang pada profil terukur dan berdekatan dengan panjang sampel pengukuran  $sw$ .

b) Lebar kekasaran (*Roughness Width*),  $A_r$

Lebar kekasaran merupakan jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak  $ar_1$  yang dimana letaknya berada diantara dua puncak kekasaran pada profil terukur dan berdekatan dengan panjang sampel pengukuran  $s$ .

Kekasaran dilambangkan N1 sampai N12 yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Standarisasi simbol nilai kekasaran

<b>Kekasaran <math>R_a</math> (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Tingkat kekasaran</b>	<b>Panjang <i>sample</i> (mm)</b>
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 n.d.)

## 2.4 Dromus

Dromus merupakan cairan pendingin yang digunakan pada saat proses pemotongan benda kerja berlangsung. Penggunaan dromus ini sebagai media

pendingin guna mengatur atau mengontrol suhu agar mata pahat tidak mengalami patah atau rusak karena panas yang tinggi pada saat proses pemotongan benda kerja terjadi.

## **2.5 Metode Taguchi**

### **2.5.1 Pengertian Metode Taguchi**

Metode taguchi merupakan metode yang digunakan untuk usaha peningkatan kualitas secara *off-line* yang berfokus kepada peningkatan suatu produk dan proses. Penggunaan metode ini untuk perekayasaan dan peningkatan kualitas dengan cara menyusun rancangan percobaan untuk mendapatkan atau menemukan penyebab utama yang menyebabkan pengaruh terhadap karakteristik kualitas dalam suatu proses sehingga variabilitas suatu produk dapat dikendalikan. Penggunaan metode ini akan menghasilkan kombinasi terbaik antara produk dan proses untuk menghasilkan karakteristik kualitas terbaik dan terendah (Patricia Wahyu Haumahu1 2011).

Dibalik suatu metode penelitian tentunya ada kelebihan dan kekurangan, untuk kelebihan metode taguchi yaitu (Soejanto n.d.):

1. Penelitian lebih efisien dikarenakan melibatkan banyak faktor dan jumlah
2. Hasil yang didapat konsisten dan kokoh terhadap parameter yang terkontrol
3. Kesimpulan yang didapat menghasilkan respon optimum dari parameter kontrol.

Untuk kekurangan metode ini dibandingkan menggunakan metode lain adalah struktur rancangan yang kompleks sehingga rancangan percobaan yang dilakukan harus sesuai dengan tujuan penelitian, dan pemilihan rancangan percobannyapun harus secara hati-hati.

### **2.5.2 Langkah-langkah Metode Taguchi**

Langkah-langkah dalam metode taguchi dalam melakukan sebuah eksperimen atau percobaan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tujuan dari proses atau khususnya target *value* untuk pengukuran performasi dari suatu proses

2. Menentukan parameter desain yang memberikan efek terhadap suatu proses
3. Membuat *orthogonal arrays* untuk desain parameter yang mengindikasikan jumlah dan kondisi dari masing-masing eksperimen
4. Menghubungkan eksperimen yang sudah selesai untuk mengumpulkan data dari pengukuran performasi
5. Melengkapi data analisis untuk menentukan berbagai parameter berbeda dari pengukuran performasi.

### **2.5.3 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi**

#### **2.5.3.1 Tahapan Perencanaan Eksperimen**

Untuk tahapan desain eksperimen terdiri dari beberapa langkah yaitu sebagai berikut (Soejanto n.d.):

1. Perumusan Masalah

Pertama yang harus dilakukan adalah perumusan masalah. Masalah yang ada haruslah dirumuskan secara spesifik dan masalah tersebut harus jelas secara teknis sehingga permasalahan tersebut dapat dituangkan kedalam eksperimen yang akan dilakukan.

2. Tujuan Eksperimen

Tujuan eksperimen tentunya harus dapat menjawab permasalahan yang ada secara sistematis.

3. Penentuan Respon

Penentuan respon yang dimana respon sendiri memiliki nilai yang tergantung pada parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya yang disebut dengan variabel bebas.

4. Pengidentifikasian Parameter Bebas

Parameter yang perubahannya tidak tergantung pada parameter lain disebut juga dengan parameter bebas. Parameter-parameter yang telah dipilih kemudian diselidiki pengaruhnya terhadap respon yang berkaitan. Tidak semua parameter penelitian dapat mempengaruhi respon, dengan demikian penelitian atau eksperimen yang dilakukan lebih efektif dan efisien.

5. Pemisahan Parameter Kontrol dan Parameter Gangguan

Terdapat 2 parameter yang diamati yaitu parameter kontrol dan parameter gangguan. Kedua parameter tersebut harus diidentifikasi dengan jelas, dikarenakan adanya perbedaan pengaruh diantara keduanya. Perbedaan antara kedua parameter tersebut adalah pada nilainya. Parameter kontrol nilainya dapat dikendalikan sedangkan parameter gangguan nilainya tidak dapat dikendalikan.

6. Penentuan Jumlah dan Nilai Level Parameter

Jumlah level yang dipilih akan mempengaruhi ketelitian hasil dan biaya penelitian atau eksperimen. Semakin banyak level yang akan diteliti maka akan semakin akurat dan biaya yang harus dikeluarkan tentunya juga semakin besar.

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Untuk mengetahui jumlah percobaan yang harus dilakukan dan seberapa banyak informasi yang akan diberikan dari percobaan tersebut adalah dengan menentukan derajat kebebasannya. Untuk menentukan derajat kebebasan dari matriks ortogonal ( $v_{mo}$ ) berikut persamaannya:

$$v_{mo} = \text{jumlah percobaan} - 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk derajat kebebasan dari parameter dan level ( $v_{fl}$ ) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$v_{fl} = \text{jumlah level parameter} - 1 \dots\dots\dots(2.5)$$

8. Pemilihan Matriks Ortogonal

Matriks ortogonal dipilih sesuai dengan jumlah derajat kebebasan dari jumlah parameter dan jumlah level parameter. Matriks ortogonal dipilih untuk menentukan jumlah eksperimen yang akan dilakukan dan juga untuk menyelidiki parameter yang diamati. Kemampuan matriks ortogonal adalah untuk mengevaluasi sejumlah parameter yang jumlah percobaannya minimum. Suatu matriks ortogonal dilambangkan seperti berikut:

$$L_a = (b^c) \dots\dots\dots(2.6)$$

Yang dimana  $L$  = Rancangan bujur sangkar latin

$a$  = Banyaknya percobaan

b = Banyaknya level parameter

c = Banyaknya parameter

Dapat dilihat pada Tabel 2.6 terdapat jenis matriks ortogonal yang tersedia secara standar. Sebagai contoh matriks ortogonal adalah  $L_4 = (2^3)$  yang dimana peneliti juga menggunakan matriks ortogonal ini. Pada matriks ortogonal ini jumlah eksperimen yang akan dilakukan adalah empat, untuk jumlah derajat kebebasan maksimalnya adalah tiga, dan untuk jumlah parameter maksimalnya tiga dengan masing-masing memiliki dua level.

Tabel 2. 6 Level-level matriks ortogonal

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

Sumber: (Soejanto n.d.)

### 2.5.3.2 Tahapan Pelaksanaan Eksperimen

Terdapat 2 tahap dalam pelaksanaan eksperimen, yaitu penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan eksperimen (Soejanto n.d.).

#### 1. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan kembali perlakuan yang sama pada kondisi yang sama dalam sebuah eksperimen atau percobaan dengan tujuan memperoleh ketelitian yang lebih tinggi, mengurangi tingkat kesalahan, dan memperoleh harga taksiran dari kesalahan.

#### 2. Randomisasi

Dalam proses penelitian atau eksperimen yang mempengaruhi hasilnya adalah parameter-parameter lain yang tidak diinginkan atau merupakan parameter yang tidak dapat dikendalikan. Untuk memperkecil pengaruh

parameter-parameter tersebut adalah dengan cara menyebarkan pengaruh tersebut melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Tujuan randomisasi dilakukan adalah untuk meratakan pengaruh dari parameter-parameter yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen, kesempatan pada setiap unit eksperimen sama sehingga ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama dan juga untuk mendapatkan hasil pengujian atau eksperimen yang bebas satu sama lainnya. Replikasi bertujuan untuk memungkinkan dilakukannya uji signifikansi dan randomisasi bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikansi dengan menghilangkan sifat bias. Keduanya saling berkaitan satu sama lain.

### **2.5.3.3 Tahap Analisa**

Pada tahap ini yang dilakukan adalah pengumpulan dan pengolahan data hasil pengujian. Tahap ini meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu tampilan tertentu yang tentunya sesuai dengan tampilan atau desain yang telah dipilih. Untuk perhitungan dan pengujian data statistik dilakukan pada data hasil percobaan. Terdapat beberapa tahap analisa adalah sebagai berikut (Soejanto n.d.):

1. Analisis Varians Taguchi

Teknik ini digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistik. Teknik yang digunakan adalah dengan menguraikan seluruh total parameter yang diteliti. Dan untuk analisis varians dua arah data eksperimennya terdiri dari dua parameter atau lebih dan dua level atau lebih.

2. Rasio S/N

Rasio *Signal-to-Noise* digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi terhadap pengurangan variasi suatu respon. Kegunaannya untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen atau penelitian. Karakteristik rasio S/N terdiri dari:

- a. Semakin kecil, maka semakin baik (*small is better*)

Jika karakteristik kualitas nilai semakin kecil (mendekati nol adalah nilai yang diinginkan).

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

dimana n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

b. Tertuju pada nilai tertentu (*nominal is better*)

Karakter kualitas nilainya atau targetnya tidak nol dan terbatas (mendekati nilai yang ditentukan)

$$\text{rasio S/N} = -10 \log \left( \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \right) \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

c. Semakin besar, maka akan semakin baik (*large is better*)

Karakteristik kualitas nilainya tidak terbatas (semakin besar semakin bagus atau semakin diinginkan).

$$\text{rasio S/N} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

3. Analisis variansi dan uji hipotesis F

Analisis variansi ini digunakan untuk mengetahui dan mencari besarnya suatu proses parameter kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Dilakukan pengujian untuk membuktikan bahwa adanya pengaruh faktor atau variabel bebas terhadap eksperimen dengan uji hipotesis F. Hipotesis sendiri merupakan dugaan sementara yang masih lemah kebenarannya dari parameter dalam populasi, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan sebuah keputusan yang bersifat menolak atau menerima hipotesis.

Untuk taraf signifikansi  $\alpha$  yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 10% atau 0,10. Cara pengujian hipotesis F adalah dengan membandingkan variansi yang disebabkan oleh masing-masing faktor dan variansi *error*.



Variansi *error* merupakan variansi setiap individu yang dalam pengamatannya timbul faktor yang tidak dapat dikendalikan.

Hipotesis pengujian adalah :

1. H0 : tidak ada pengaruh perlakuan
2. H1 : ada pengaruh perlakuan

Kriteria pengujian :

1. Jika nilai uji F test (hitung) < nilai F tabel ( $\alpha = 10\%$ ), maka untuk hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh perlakuan yang signifikan terhadap kekasaran permukaan sehingga H0 diterima dan H1 ditolak.
  2. Jika nilai uji F test (hitung) > nilai F tabel ( $\alpha = 10\%$ ), maka untuk hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan yang signifikan terhadap kekasaran permukaan sehingga H0 ditolak dan H1 diterima
4. Persen kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar persen kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi yaitu dengan menghitung terlebih dahulu  $SS'_{faktor}$  :

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - MS_{error} (V_v) \dots\dots\dots(2.10)$$

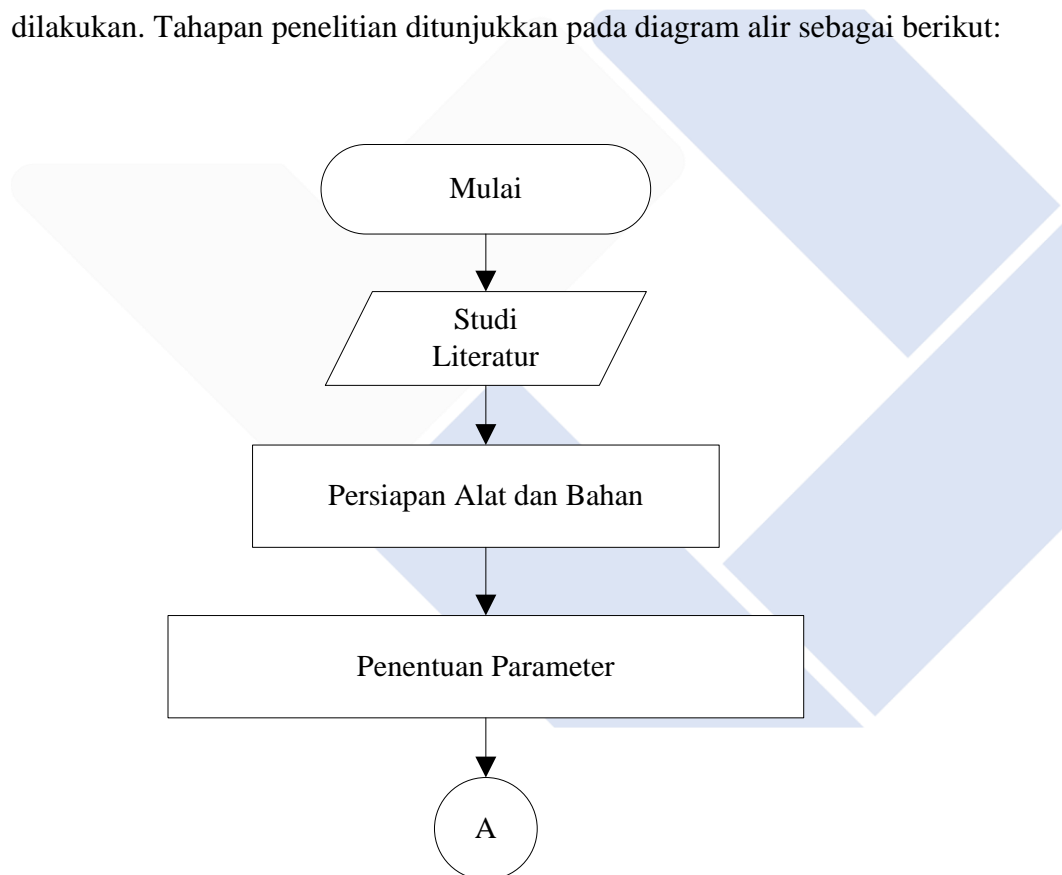
Untuk menghitung persen kontribusi masing-masing digunakan rumus:

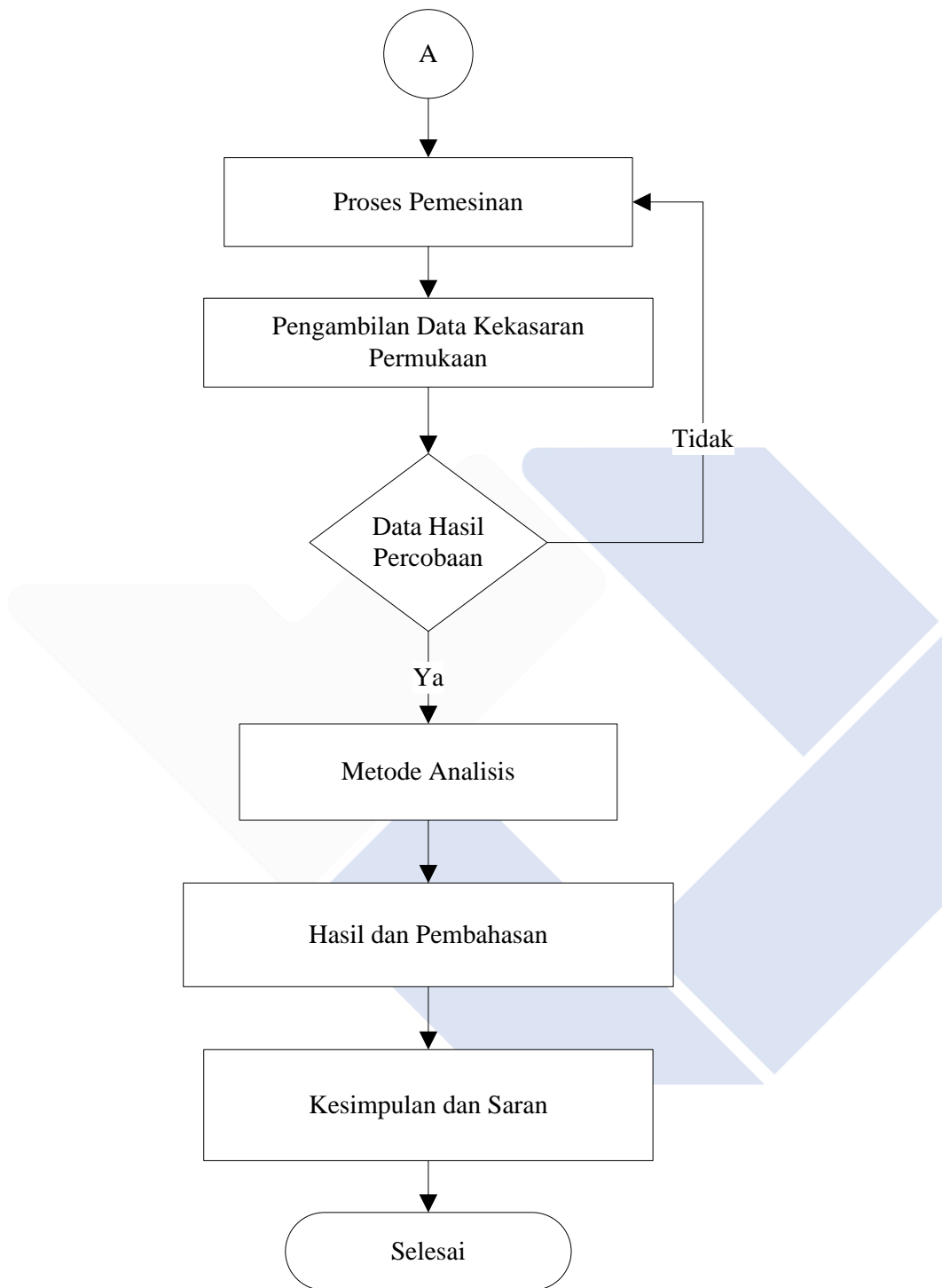
$$\mu = \frac{SS'_{faktor}}{SS_r} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian merupakan rangkaian atau urutan dalam penelitian. Untuk desain eksperimennya menggunakan metode taguchi. Sebelum memulai penelitian, langkah awal adalah mencari studi literatur yang bersumber dari internet, *e-book*, artikel serta jurnal ilmiah yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

Studi literatur merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mencari referensi seperti mencari jurnal, artikel, dan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat untuk melakukan penelitian ini berada di Laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Waktu pengerjaannya sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan untuk pelaksanaan TA (Tugas Akhir).

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat Penelitian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan yang ada pada lab mekanik Polman Babel yaitu:

a. Mesin bubut CNC

Untuk mesin bubut CNC yang digunakan adalah mesin bubut CNC MORI SEKI SL-25. Spesifikasi mesin tersebut yaitu:

- *Type* : MORI SEIKI SL-25
- *Tahun* : 1995



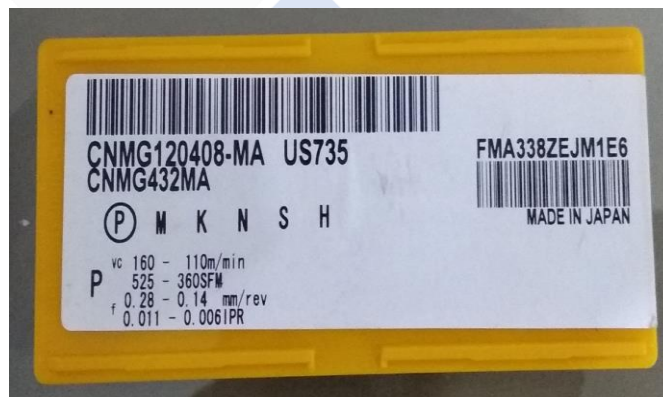
Gambar 3. 2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL-25

b. Mata potong

Mata potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *insert carbide type* CNMG120408-MA. Mata potong ini memiliki sifat kekerasan yang tinggi pada berbagai tingkatan suhu, konduktivitas termal yang tinggi dan memiliki ketahanan aus yang baik, maka dipilihlah jenis alat potong ini karena merupakan alat potong yang efektif dan efisien. Berikut gambar beserta spesifikasi alat potong *insert carbide*:



Gambar 3. 3 Mata potong *Insert Carbide*



Gambar 3. 4 Spesifikasi *Insert Carbide*

Spesifikasi alat potong yang digunakan adalah sebagai berikut:

- *Merk* : Mitsubishi
- *Pahat* : *Insert Carbide*
- *Type* : CNMG120408-MA
- *VC* : 110-160 m/min

- $f$  : 0.14-0.28 mm/rev
  - Pembuatan : Dibuat di Jepang
- c. Alat Uji kekasaran Benda Kerja

Alat uji kekerasan ini menggunakan *surface roughness tester* untuk mengukur kekasaran permukaan benda hasil dari proses pemesinan. Untuk alat yang digunakan adalah Mitutoyo SJ-210 ditunjukkan pada Gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3. 5 *Surface Roughness Tester*

Spesifikasi *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 ditunjukkan pada Table 3.1 dibawah ini:

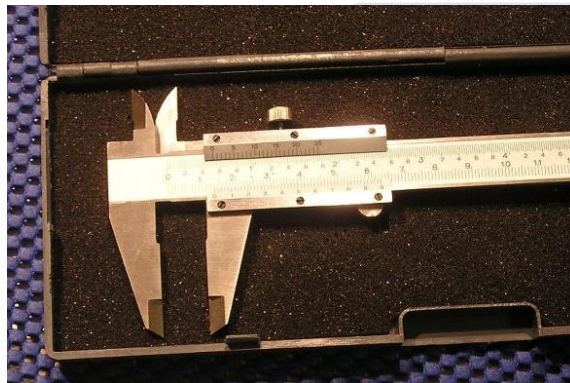
Tabel 3. 1 *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210

<i>Drive unit speed</i>	<i>Measuring</i> : 0,25 mm/s, 0,5 mm/s (0,1"/s, 0,2 "/s) <i>Returning</i> : 0,8 mm/s (0,3 "/s)
<i>Measuring range ( x-axis )</i>	12,5 mm
<i>Mass</i>	190 g
<i>Standar pole</i>	<i>Code No.</i> 178-395
<i>Measuring range</i>	350 $\mu\text{m}$ (-200 $\mu\text{m}$ to + 150 $\mu\text{m}$ )
<i>Stylus</i>	<i>Diamond cone</i>
<i>Skid radius</i>	40 mm

<i>Roughness parameter</i>	Ra, Ry, Rz, Rq, S, Sm, Pc, R3z, Mr, Rt, Rk, Rpk, Mr1, Mr2, Al, A2, vo ( <i>used-defined</i> )
<i>Roughness standart</i>	JIS, DIN, ISO, ANSI

d. Jangka Sorong

Jangka sorong diperlukan guna untuk mengukur panjang benda kerja pada saat pemotongan benda kerja. Untuk penelitian ini digunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm yang ditunjukkan gambar berikut:

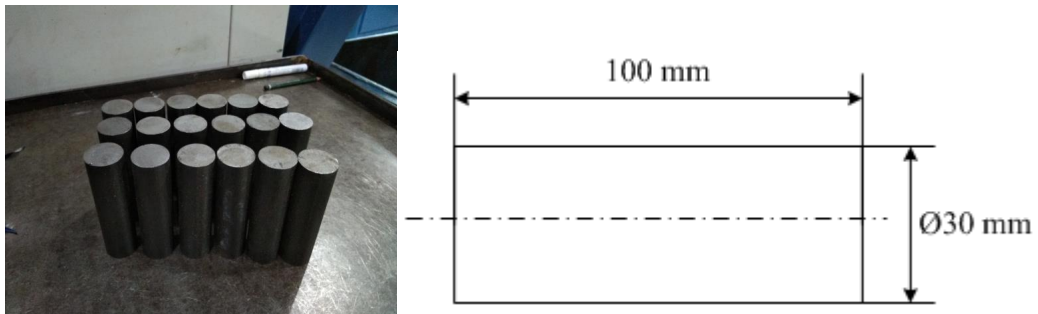


Gambar 3. 6 Jangka sorong ketelitian 0,05 mm

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Untuk bahan yang digunakan adalah baja AISI 1045 dikarenakan bahan jenis ini sering digunakan untuk pembuatan komponen pemesian. Harga materialnyapun terjangkau dan mudah didapatkan. Untuk ukuran benda kerjanya adalah  $\text{Ø}30 \times 100 \text{ mm}$ .

Pengujian dilakukan dengan 2 cara yaitu pemotongan secara basah (menggunakan dromus) dan tanpa dromus. Untuk jenis dromus yang digunakan adalah dromus B (*water miscible metal*).



Gambar 3. 7 Material baja AISI 1045 dan ukurannya

### 3.4 Parameter Penelitian

#### 3.4.1 Parameter Terikat (*Dependent Parameter*)

Parameter terikat merupakan parameter yang dipengaruhi oleh parameter bebas selama pengujian dilakukan. Parameter terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan yang dinyatakan dalam Ra (*Roughness Average*) dengan satuan  $\mu\text{m}$  (micron meter).

#### 3.4.2 Parameter Bebas (*Independent Parameter*)

Parameter bebas merupakan parameter yang mempengaruhi perubahan parameter terikat. Parameter bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan gerak makan. Parameter bebas penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3. 2 Daftar parameter bebas dan level

No	Parameter bebas	Level	
		1	2
1	<i>Depth of cut</i> (mm)	0,50	1
2	<i>Feeding</i> (mm/put)	0,2	0,16
3	RPM (m/menit)	1.273	1.592

#### 3.4.3 Parameter Kontrol

Parameter kontrol merupakan parameter yang dikendalikan. Parameter kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah mata potong jenis *insert*



*carbide*, pemakanan menggunakan dromus dan tanpa dromus. Parameter kontrol dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Daftar parameter kontrol dan nilai

No	Parameter kontrol	Nilai
1	<i>Insert carbide</i>	CNMG120408-MA
2	Pendingin (dromus)	
3	Tanpa pendingin	

#### 3.4.4 Noise

*Noise* adalah gangguan yang mempengaruhi respon dan sulit untuk dikendalikan. Parameter yang menjadi *noise* pada penelitian ini adalah lokasi atau tempat pengukuran kekasaran permukaan benda kerja. Untuk mengatasi *noise* pada hasil penelitian, maka dilakukan satu kali pengambilan data dan dua kali pengulangan jadi totalnya tiga kali.

#### 3.5 Pemilihan Matriks Ortogonal

Pemilihan matriks ortogonal agar sesuai harus tergantung dari nilai faktor dan jumlah nilai level. Dari banyaknya faktor dan level akan mempengaruhi jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan untuk menentukan jenis matriks ortogonal yang akan dipilih.

Berikut hasil perhitungan derajat kebebasan yang dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini:

Tabel 3. 4 Total derajat kebebasan parameter bebas

No	Parameter bebas	Jumlah level	Vn (k-1)
1	<i>Depth of cut</i> (mm)	2	1
2	<i>Feeding</i> (mm/put)	2	1
3	RPM (m/menit)	2	1
<b>Total Derajat Kebebasan</b>			<b>3</b>

Berdasarkan perhitungan total derajat kebebasan pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Table 3.4 didapatkan 3 derajat kebebasan. Derajat kebebasan yang cocok untuk matriks ortogonal ini adalah  $L_4(2^3)$ . Rancangan eksperimen untuk penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.5 sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Rancangan eksperimen berdasarkan matriks ortogonal  $L_4(2^3)$

<b>Eksperimen</b>	<b><i>Depth of Cut</i> (mm)</b>	<b><i>Feeding</i> (mm/put)</b>	<b>RPM (m/menit)</b>
<b>1</b>	1	1	1
<b>2</b>	1	2	2
<b>3</b>	2	1	2
<b>4</b>	2	2	1

Eksperimen yang dilakukan sesuai dengan rancangan matriks ortogonal  $L_4(2^3)$ . Dibantu juga dengan menggunakan *software* analisis.

### **3.6 Proses Pemesinan**

Ada beberapa tahapan sebelum melakukan proses pemesinan yaitu persiapan benda kerja dan seluruh peralatan yang akan digunakan, pembubutan terhadap spesimen sampai pengujian spesimen tersebut. Untuk prosedur penelitiannya adalah sebagai berikut:

#### **1. Menyiapkan peralatan proses pemesinan:**

- Menyiapkan material atau benda kerja. Material yang digunakan adalah baja AISI 1045 dengan diameter 30 mm yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 sebagai berikut:



Gambar 3. 8 Baja AISI 1045 diameter 30 mm

- Menyiapkan peralatan tambahan yang berguna sebagai pendukung dalam penelitian yang akan dilakukan yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini sebagai berikut:



Gambar 3. 9 *Handle Chuck*



Gambar 3. 10 Spidol



Gambar 3. 11 Obeng



Gambar 3. 12 Oli



Gambar 3. 13 Sarung tangan

Fungsi atau kegunaan dari alat bantu penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) *Handle chuck* berfungsi sebagai penahan bagian belakang atau pembatas benda kerja pada saat benda kerja akan dicekam
- b) Spidol digunakan untuk menulis nomor pada benda kerja sesuai dengan urutan pengerjaannya
- c) Obeng digunakan untuk membuka dan memasang mata potong
- d) Oli dioleskan ke benda kerja yang telah melewati proses pemesinan agar terhindar dari karat
- e) Sarung tangan digunakan untuk mengambil benda kerja yang telah melewati proses pemesinan tanpa pendingin.

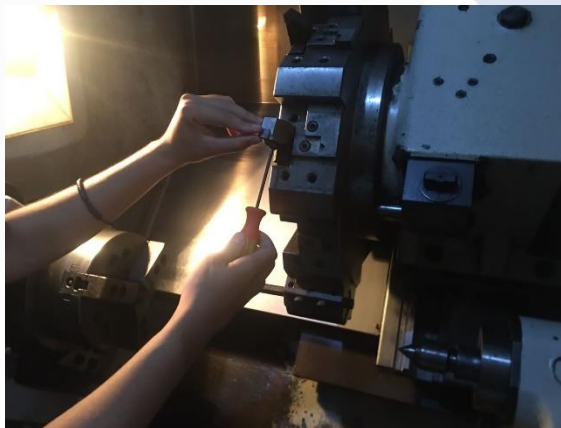
## 2. Proses pemesinan bubut CNC

- Membuat program CNC sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dengan kombinasi ortogonal  $L_4(2^3)$
- Pemasangan benda kerja pada pencekam dengan baik dan benar, dibantu *handle chuck* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.14 sebagai berikut:



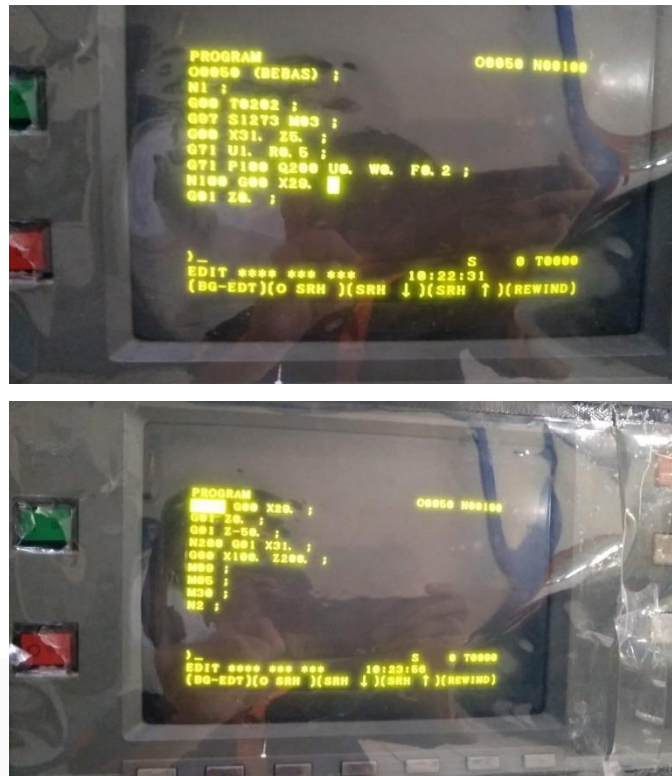
Gambar 3. 14 Pemasangan benda kerja

- Pemasangan mata potong pada holder mesin CNC bubut MORI SEIKI SL-25. Jenis mata potong yang digunakan adalah *insert carbide* CNMG120408-MA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 sebagai berikut:



Gambar 3. 15 Pemasangan alat potong

- Menghidupkan mesin CNC bubut MORI SEIKI SL-25. Kemudian masukkan program sesuai dengan parameter yang telah ditentukan yang kemudian dilakukan penyayatan pada benda kerja sepanjang 50 mm. Programnya ditunjukkan pada Gambar 3.16 sebagai berikut:



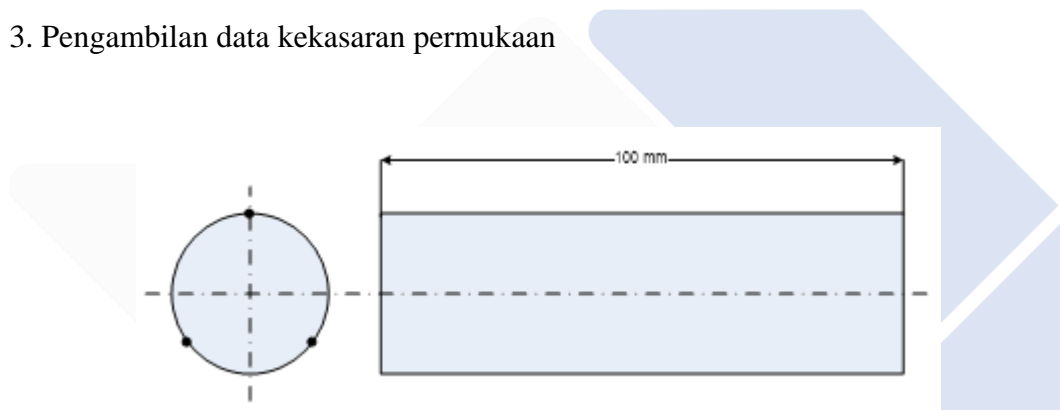
Gambar 3. 16 *Setting* parameter sesuai dengan kombinasi

- Proses pembubutan benda kerja sesuai dengan parameter yang telah ditentukan untuk penyayatan benda kerja sepanjang 50 mm sesuai dengan kombinasi dari masing-masing percobaan
- Melepaskan benda kerja dari *chuck* kemudian benda kerja dibersihkan lalu diberi tanda menggunakan spidol kemudian dioleskan oli agar tidak berkarat
- Matikan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25, kemudian bersihkan mesin beserta peralatan lainnya
- Kemudian lakukan pengukuran kekasaran permukaan pada benda kerja hasil proses pemesinan menggunakan *surface roughness tester*. Benda kerja setelah melalui proses pemesinan ditunjukkan pada Gambar 3.17 sebagai berikut:



Gambar 3. 17 Benda kerja setelah proses pemesinan CNC bubut

### 3. Pengambilan data kekasaran permukaan



Gambar 3. 18 Titik pengambilan kekasaran permukaan

Pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja setelah dilakukan proses pemesinan pada posisi horizontal. Pengambilan data dilakukan sebanyak *sample* yang telah dibuat. Yaitu sebanyak 24 *sample*. 12 *sample* menggunakan dromus dan 12 *sample* tidak menggunakan dromus. Untuk parameternya sama hanya saja dibedakan ada yang menggunakan media pendingin yaitu dromus dan ada yang tidak menggunakan dromus. Langkah-langkah pengukuran kekasaran permukaan benda kerja menggunakan *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 adalah sebagai berikut:

- Pengukuran dilakukan di meja perata
- Menyiapkan peralatan pendukung lainnya yang digunakan dalam proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3. 19 *V-block*



Gambar 3. 20 *Holder dial*

Kegunaan alat bantu dalam proses pengukuran kekasaran permukaan ini adalah sebagai berikut:

- a) *V-block* berfungsi sebagai tempat duduk benda kerja saat proses pengukuran kekasaran permukaan dilakukan
  - b) *Holder dial* berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan alat ukur kekasaran permukaan
- Melakukan proses kalibrasi alat ukur sebelum dilakukannya proses pengukuran. Kalibrasi bertujuan agar hasil pengukuran kekasaran permukaan maksimal. Proses kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 3.20 sebagai berikut:



Gambar 3. 21 Kalibrasi alat ukur



- Benda kerja diletakkan pada *V-block* dan alat ukur diletakkan pada *Holder dial*, lalu atur ketinggian alat ukur terhadap benda kerja seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.21 sebagai berikut:



Gambar 3. 22 *Setting* ketinggian benda kerja dan alat ukur

- Pada saat melakukan pengukuran, seting dengan hati-hati ujung sensor alat ukur yaitu *surface roughness tester* pada permukaan benda kerja
- Kemudian aktifkan *surface roughness tester* untuk melakukan pengukuran kekasaran permukaan benda kerja
- Pada layar *Display surface roughness tester* dapat dilihat nilai kekasaran permukaan. Ketika nilai telah di dapat, catat nilai di tabel yang telah disediakan
- Lakukan lagi pengukuran kekasaran permukaan pada spesimen benda kerja yang lain
- Proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja ditunjukkan pada Gambar 3.22 sebagai berikut:



Gambar 3. 23 Proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja

### 3.7 Data Hasil Percobaan

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan data hasil kekasaran permukaan setelah dilakukan proses pemesinan menggunakan mesin CNC bubut MORI SEIKI SL-25. Data hasil percobaan ditunjukkan pada Tabel 3.6 sebagai berikut:

Tabel 3. 6 *Form* data hasil percobaan

No	Parameter Bebas			Data Awal	Replikasi		Rata-rata
	DOF	Feeding	RPM		1	2	
1	0,50	0,2	1.273	X.1.0	X.1.1	X.1.2	X.1
2	0,50	0,16	1.592	X.2.0	X.2.1	X.2.2	X.2
3	1	0,2	1.592	X.3.0	X.3.1	X.3.2	X.3
4	1	0,16	1.273	X.4.0	X.4.1	X.4.2	X.4

### 3.8 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

#### A. Analisis Varian Taguchi

Analisis varian taguchi merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisis data hasil pengujian yang telah tersusun dalam perencanaan eksperimen secara statistik. Analisis varian taguchi adalah teknik yang digunakan dengan menguraikan seluruh total parameter yang diteliti.

B. *Analisis of Varian* (ANOVA) dua arah

Merupakan teknik yang menganalisis dengan cara menguraikan seluruh (total) varian atas bagian-bagiannya yang telah diteliti. Teknik ini digunakan jika parameter dan levelnya lebih dari dua.

C. Menghitung rasio S/N parameter respon

Rasio S/N atau *Signal to Noise* adalah perhitungan yang digunakan untuk mengetahui level faktor manakah yang berpengaruh pada hasil eksperimen penelitian. Semakin kecil semakin baik (*Smaller is Better*) merupakan karakteristik respon rasio S/N yang digunakan. Semakin kecil kekasaran permukaannya maka semakin baik. Rumus untuk rasio S/N ini adalah sebagai berikut:

$$\text{rasio S/N} = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n \frac{y^2}{n} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana n = jumlah pengulangan  
y = data dari percobaan

D. Menentukan parameter respon yang optimal

Untuk menentukan parameter respon yang optimal dengan cara membuat sebuah tabel parameter respon agar memudahkan pemilihan level dari parameter bebas yang menghasilkan respon optimal terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja.

E. Analisis variansi dan uji hipotesis F

Analisis ini digunakan untuk mengetahui besarnya suatu proses parameter yang terkendali secara signifikan terhadap respon. Pengaruh faktor atau parameter yang di uji dibuktikan dengan uji hipotesis F. Hipotesis F digunakan untuk menghasilkan suatu keputusan yang menolak atau menerima hipotesis. Untuk taraf signifikan pada penelitian ini digunakan sebesar 10% atau 0,10.

#### F. Persen kontribusi

Persen kontribusi digunakan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor. Dilakukan perhitungan untuk mencari  $SS'_{faktor}$  terlebih dahulu dengan rumus dibawah ini:

$$p = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data hasil percobaan atau penelitian dilakukan dengan mengombinasikan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25. Ada beberapa parameter yang diduga berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan adalah seperti (A) *Depth Of Cut* dengan level nilai 0,50 mm dan 1 mm, (B) *Feeding* dengan level nilai 0,2 mm/put dan 0,16 mm/put, dan (C) RPM dengan level nilai 1.273 dan 1.592. Untuk pengolahan data hasil penelitian menggunakan metode taguchi dengan menggunakan *software* analisis. Berikut data hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan 4.2 dibawah ini:

Tabel 4. 1 Data awal hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah

No	Spesimen	Bidang Uji			Rata-rata
		1	2	3	
1.	A	2,705	2,806	2,684	2,731
	B	1,578	1,346	1,838	1,587
	C	1,749	1,667	2,244	1,886
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 1</b>					<b>2,068</b>
2.	A	0,912	0,852	0,689	0,817
	B	1,606	1,687	1,706	1,666
	C	1,176	1,226	1,253	1,218
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 2</b>					<b>1,233</b>
3.	A	1,787	1,712	1,666	1,721
	B	1,662	1,633	1,507	1,600
	C	1,574	1,517	1,537	1,542
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 3</b>					<b>1,621</b>

4.	A	1,293	1,143	1,045	1,160
	B	1,374	1,342	1,342	1,352
	C	1,308	1,227	1,211	1,248
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 4</b>					<b>1,253</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. 2 Data awal hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering

No	Spesimen	Bidang Uji			Rata-rata
		1	2	3	
1.	A	2,375	2,375	2,198	2,316
	B	1,004	1,049	1,050	1,034
	C	1,712	1,700	1,572	1,661
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 1</b>					<b>1,670</b>
2.	A	1,767	1,447	1,485	1,566
	B	0,751	0,724	0,761	0,745
	C	0,610	0,837	0,509	0,652
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 2</b>					<b>0,987</b>
3.	A	0,794	0,833	0,800	0,809
	B	1,621	1,888	1,609	1,706
	C	0,961	0,923	0,892	0,925
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 3</b>					<b>1,146</b>
4.	A	1,420	1,396	1,403	1,406
	B	1,738	1,640	1,729	1,702
	C	1,747	2,067	1,978	1,930
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 4</b>					<b>1,679</b>

Sumber: Hasil perhitungan

## 4.2 Analisis Varian Taguchi

### 4.2.1 Perhitungan Mean Terhadap Respon

Pada proses pemesinan perhitungan respon parameter dari rata-rata dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{A}_{eks} = \frac{\sum_{i=1}^3 Y_i}{3} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dari persamaan diatas kemudian didapatkan nilai rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4 dibawah ini:

Tabel 4. 3 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah

No	Parameter Bebas			Data Awal	Replikasi		Rata-rata
	DOF	Feeding	RPM		1	2	
1	0,50	0,2	1.273	2,731	1,587	1,886	2,068
2	0,50	0,16	1.592	0,817	1,666	1,218	1,233
3	1	0,2	1.592	1,721	1,600	1,542	1,621
4	1	0,16	1.273	1,160	1,352	1,248	1,253
<b>Rata-rata</b>							<b>1,543</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. 4 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering

No	Parameter Bebas			Data Awal	Replikasi		Rata-rata
	DOF	Feeding	RPM		1	2	
1	0,50	0,2	1.273	2,316	1,034	1,661	1,670
2	0,50	0,16	1.592	1,566	0,745	0,652	0,987
3	1	0,2	1.592	0,809	1,706	0,925	1,146
4	1	0,16	1.273	1,406	1,702	1,930	1,679
<b>Rata-rata</b>							<b>1,370</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. 5 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah dengan *software* analisis

C1	C2	C3	C4	C5	C6
DOF	Feeding	RPM	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2
0,5	0,20	1273	2,731	1,587	1,886
0,5	0,16	1592	0,817	1,666	1,218
1,0	0,20	1592	1,721	1,600	1,542
1,0	0,16	1273	1,160	1,352	1,248

Sumber: Hasil perhitungan *software* analisis

Tabel 4. 6 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering dengan *software* analisis

C1	C2	C3	C4	C5	C6
DOF	Feeding	RPM	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2
0,5	0,20	1273	2,316	1,034	1,661
0,5	0,16	1592	1,566	0,745	0,652
1,0	0,20	1592	0,809	1,706	0,925
1,0	0,16	1273	1,406	1,702	1,930

Sumber: Hasil perhitungan *software* analisis

Berdasarkan pada Tabel 4.5 dapat dicari nilai efek dari rata-rata pada setiap parameter. Berikut hasil yang diperoleh dari perhitungan efek pada Tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4. 7 Respon parameter terhadap rata-rata pemakanan basah  
**Taguchi Analysis: Data Awal; Replikasi 1; Replikasi 2 Versus DOF; Feeding; RPM;**

*Response Table For Means*

Level	Depth of Cut	Feeding	RPM
1	1,651	1,845	1,661
2	1,437	1,243	1,427
<i>Delta</i>	0,214	0,601	0,233
<i>Rank</i>	3	1	2

Sumber: Hasil perhitungan *software* analisis

Berdasarkan pada Tabel 4.6 dapat dicari nilai efek dari rata-rata pada setiap parameter. Berikut hasil yang diperoleh dari perhitungan efek pada Tabel 4.8 sebagai berikut:



Tabel 4. 8 Respon parameter terhadap rata-rata pemakanan kering  
**Taguchi Analysis: Data Awal; Replikasi 1; Replikasi 2 Versus DOF; Feeding; RPM;**

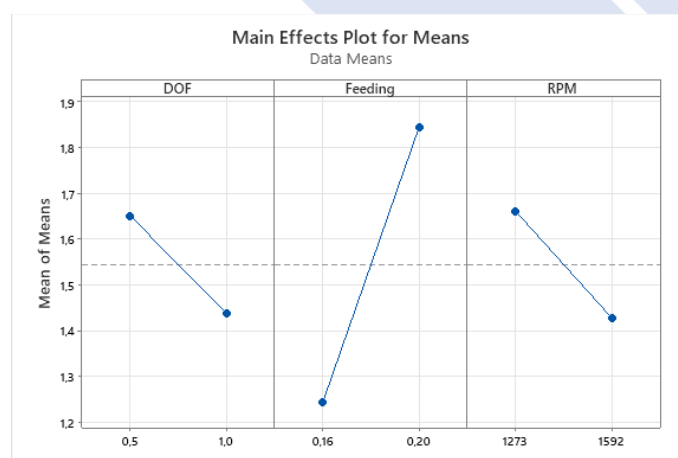
*Response Table For Means*

Level	Depth of Cut	Feeding	RPM
1	1,329	1,408	1,675
2	1,413	1,333	1,067
<i>Delta</i>	0,084	0,075	0,608
<i>Rank</i>	2	3	1

Sumber: Hasil perhitungan *software* analisis

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 rata-rata respon dari tiap parameter pada setiap level dapat ditentukan *rank* atau peringkat parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Untuk urutan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah *Feeding* dengan selisih nilainya yaitu sebesar 0,601, RPM dengan nilai 0,233, dan yang terakhir memiliki pengaruh paling kecil adalah *Depth of Cut* dengan selisih nilai sebesar 0,214.

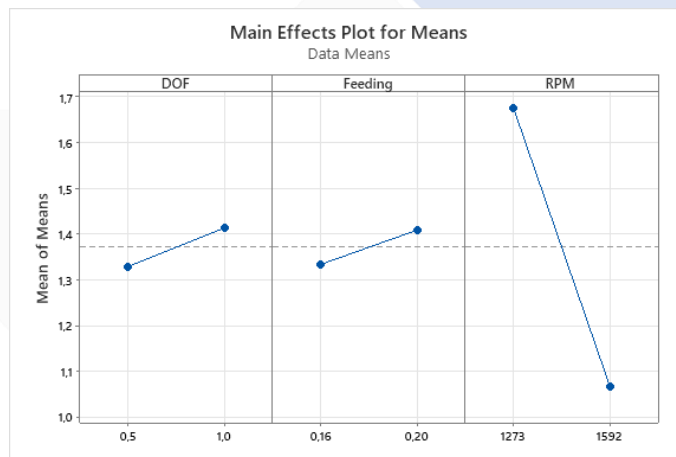
Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dibuat grafik untuk memperlihatkan kekasaran permukaan yang paling kecil pada masing-masing level untuk setiap parameter terhadap nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Grafik kekasaran rata-rata untuk masing-masing level parameter

Dapat dilihat pada Tabel 4.8 rata-rata respon dari tiap parameter pada setaip level dapat ditentukan *rank* atau peringkat parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Untuk urutan parameternya yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah RPM dengan selisih nilainya yaitu sebesar 0,608, *Depth of Cut* dengan nilai 0,084, dan yang terakhir memiliki pengaruh paling kecil adalah *Feeding* dengan selisih nilai sebesar 0,075.

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dibuat grafik untuk memperlihatkan kekasaran permukaan yang paling kecil pada masing-masing level untuk setiap parameter terhadap nilai rata-rata yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dibawah ini:



Gambar 4. 2 Grafik kekasaran rata-rata untuk masing-masing level parameter

#### 4.2.2 Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon

Perhitungan kombinasi untuk level dari parameter untuk respon kekasaran permukaan dapat dilakukan dengan cara perhitungan langsung dari hasil pengujian kekasaran permukaan. Perhitungan dilakukan dengan menghitung hasil rata-rata kekasaran melalui kombinasi level dari masing-masing faktor yang dapat dilihat dibawah ini:

A. Perhitungan rata-rata proses pemakanan basah

Perhitungan rata-rata untuk Faktor A (*Depth of Cut*):

$$A1 = 1/2 (2,068 + 1,233) = 1,650$$

$$A2 = 1/2 (1,621 + 1,253) = 1,437$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor B (*Feeding*)

$$B1 = 1/2 (2,068 + 1,621) = 1,844$$

$$B2 = 1/2 (1,233 + 1,253) = 1,243$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor C (RPM)

$$C1 = 1/2 (2,068 + 1,253) = 1,660$$

$$C2 = 1/2 (1,233 + 1,621) = 1,427$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 4. 9 Respon rata-rata parameter terhadap hasil kekasaran permukaan

<b>Respon rata-rata dari pengaruh parameter</b>			
<b>Level</b>	<b><i>Depth of Cut</i></b>	<b><i>Feeding</i></b>	<b>RPM</b>
<b>1</b>	1,650	1,844	1,660
<b>2</b>	1,437	1,243	1,427
<b><i>Delta</i></b>	0,213	0,601	0,233
<b><i>Rank</i></b>	3	1	2

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 hasil respon rata-rata dari kekasaran permukaan pada masing-masing level dari parameter proses, maka dapat ditentukan untuk memprediksi kombinasi parameter-parameter proses yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah *Feeding* dengan nilai selisih yaitu 0,601, yang kedua adalah RPM dengan nilai selisih 0,233, dan yang memiliki pengaruh paling kecil adalah *Depth of Cut* dengan selisih nilai yaitu 0,213.

B. Perhitungan rata-rata proses pemakanan kering

Perhitungan rata-rata untuk Faktor A (*Depth Of Cut*):

$$A1 = 1/2 (1,670 + 0,987) = 1,328$$

$$A2 = 1/2 (1,146 + 1,679) = 1,412$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor B (*Feeding*):

$$B1 = 1/2 (1,670 + 1,146) = 1,408$$

$$B2 = 1/2 (0,987 + 1,679) = 1,333$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor C (RPM):

$$C1 = 1/2 (1,670 + 1,679) = 1,674$$

$$C2 = 1/2 (0,987 + 1,146) = 1,066$$

Dari hasil perhitungan rata-rata kombinasi level dari pengaruh faktor terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.10 dibawah ini:

Tabel 4. 10 Respon rata-rata parameter terhadap hasil kekasaran permukaan

<b>Respon rata-rata dari pengaruh parameter</b>			
<b>Level</b>	<b><i>Depth of Cut</i></b>	<b><i>Feeding</i></b>	<b>RPM</b>
<b>1</b>	1,328	1,408	1,674
<b>2</b>	1,412	1,333	1,066
<b><i>Delta</i></b>	0,084	0,075	0,608
<b><i>Rank</i></b>	2	3	1

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.10 hasil respon rata-rata dari kekasaran permukaan pada masing-masing level dari parameter proses, maka dapat ditentukan untuk memprediksi kombinasi parameter-parameter proses yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah RPM dengan nilai selisih yaitu 0,608, yang kedua adalah *Depth of Cut* dengan nilai selisih 0,084, dan yang memiliki pengaruh paling kecil adalah *Feeding* dengan selisih nilai yaitu 0,075.

### 4.2.3 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

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

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

Dimana n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

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

Dalam eksperimen atau penelitian ini nilai yang diharapkan adalah kekasaran permukaan benda kerja yang terkecil. Dengan jumlah replikasi sebanyak 2 kali ditambah hasil maka perhitungan rasio S/N dapat dilihat sebagai berikut:

A. Perhitungan rasio S/N untuk pemakanan basah

Eksperimen 1 :

$$\text{S/N} = -10 \log (1/3 (2,731^2 + 1,587^2 + 1,886^2)) = -6,543$$

Eksperimen 2 :

$$\text{S/N} = -10 \log (1/3 (0,817^2 + 1,666^2 + 1,218^2)) = -2,154$$

Eksperimen 3 :

$$\text{S/N} = -10 \log (1/3 (1,721^2 + 1,600^2 + 1,542^2)) = -4,204$$

Eksperimen 4 :

$$\text{S/N} = -10 \log (1/3 (1,160^2 + 1,352^2 + 1,248^2)) = -1,978$$

Hasil perhitungan rasio S/N yang diperoleh untuk respon yang diamati pada proses eksperimen pemakanan basah dapat dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini :

Tabel 4. 11 Hasil perhitungan rasio S/N untuk respon

No	Parameter Bebas			Data Awal	Replikasi		S/N
	DOF	Feeding	RPM		1	2	
1	0,50	0,2	1.273	2,731	1,587	1,886	-6,543
2	0,50	0,16	1.592	0,817	1,666	1,218	-2,154
3	1	0,2	1.592	1,721	1,600	1,542	-4,204

4	1	0,16	1.273	1,160	1,352	1,248	-1,978
<b>Rata-rata</b>							<b>-3,720</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.11 dapat dicari nilai dari rasio S/N pada setiap parameter. Berikut hasil yang diperoleh dari perhitungan respon pada tabel 4.12 dibawah ini:

Tabel 4. 12 Respon rasio S/N parameter terhadap rata-rata  
**Taguchi Analysis: Data Awal; Replikasi 1; Replikasi 2 Versus DOF; Feeding; RPM:.**

*Response Table for Signal to Noise Ratios*

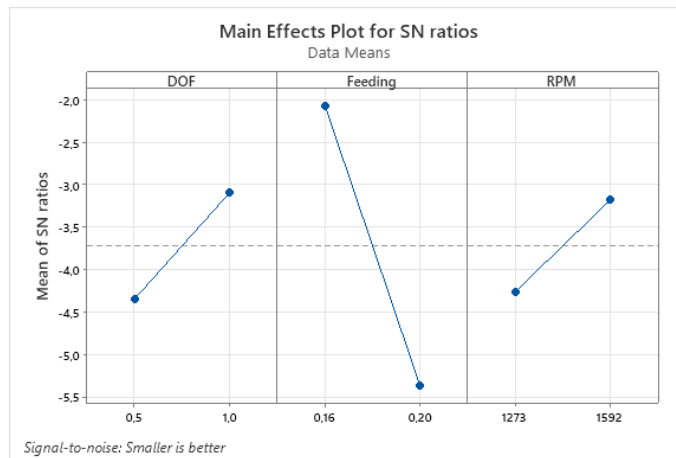
*Smaller is better*

Level	Depth Of Cut	Feeding	RPM
1	-4,349	-5,374	-4,261
2	-3,092	-2,066	-3,180
<b>Delta</b>	1,257	3,308	1,081
<b>Rank</b>	2	1	3

Sumber: Hasil perhitungan *software* analisis

Dari Tabel 4.12 rasio S/N parameter pada setiap level terhadap respon ditentukan dengan peringkat yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Urutan parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah *Feeding* dengan selisih nilai 3,308, *Depth of Cut* dengan selisih nilai 1,257, dan yang memiliki pengaruh terkecil terhadap kekasaran permukaan adalah RPM dengan selisih nilai 1,081.

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dibuat grafik untuk menunjukkan nilai rasio S/N yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Grafik rasio S/N

Berdasarkan Gambar 4.3 grafik rasio S/N dapat ditentukan prediksi kombinasi parameter yang menghasilkan respon optimal terhadap kekasaran permukaan ditunjukkan pada Tabel 4.13 dibawah ini:

Tabel 4. 13 Respon rasio S/N terhadap hasil kekasaran permukaan

Parametet Bebas	Tingkat Level	Nilai Level
<i>Depth of Cut</i>	2	1 mm
<i>Feeding</i>	2	0,16 mm/put
<b>RPM</b>	2	1.592 m/menit

Sumber: Hasil perhitungan

#### B. Perhitungan rasio S/N untuk pemakanan kering

Eksperimen 1:

$$S/N = -10 \log (1/3 (2,316^2 + 1,034^2 + 1,661^2)) = -4,862$$

Eksperimen 2:

$$S/N = -10 \log (1/3 (1,566^2 + 0,745^2 + 0,652^2)) = -0,584$$

Eksperimen 3:

$$S/N = -10 \log (1/3 (0,809^2 + 1,706^2 + 0,925^2)) = -1,683$$

Eksperimen 4:

$$S/N = -10 \log (1/3 (1,406^2 + 1,702^2 + 1,930^2)) = -4,573$$

Hasil perhitungan rasio S/N yang diperoleh untuk respon yang diamati pada proses eksperimen pemakanan basah dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah ini:

Tabel 4. 14 Hasil perhitungan rasio S/N untuk respon

No	Parameter Bebas			Data	Replikasi		S/N
	DOF	Feeding	RPM	Awal	1	2	
1	0,50	0,2	1.273	2,316	1,034	1,661	-4,862
2	0,50	0,16	1.592	1,566	0,745	0,652	-0,584
3	1	0,2	1.592	0,809	1,706	0,925	-1,683
4	1	0,16	1.273	1,406	1,702	1,930	-4,573
<b>Rata-rata</b>							<b>-2,925</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.14 dapat dicari nilai dari rasio S/N pada setiap parameter. Berikut hasil yang diperoleh dari perhitungan respon pada tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Respon rasio S/N parameter terhadap rata-rata  
**Taguchi Analysis: Data Awal; Replikasi 1; Replikasi 2 Versus DOF; Feeding; RPM:.**

*Response Table for Signal to Noise Ratios*

*Smaller is better*

Level	Depth Of Cut	Feeding	RPM
1	-2,724	-3,273	-4,718
2	-3,128	-2,579	-1,134
<b>Delta</b>	0,404	0,694	3,584
<b>Rank</b>	3	2	1

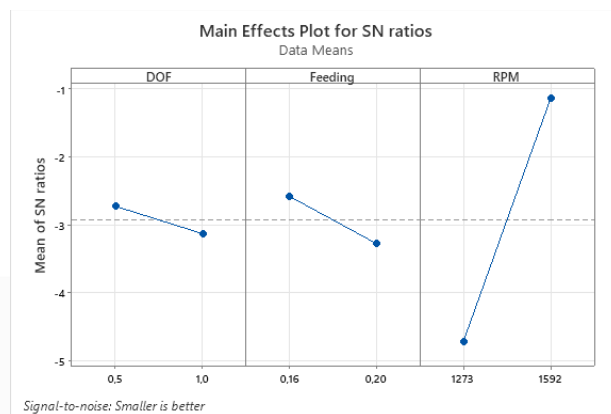
Sumber: Hasil perhitungan *software* analisis

Dari Tabel 4.15 rasio S/N parameter pada setiap level terhadap respon ditentukan dengan peringkat yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan.



Urutan parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah RPM dengan selisih nilai 3,584, *Feeding* dengan selisih nilai 0,694, dan yang memiliki pengaruh terkecil terhadap kekasaran permukaan adalah *Depth of Cut* dengan selisih nilai 0,404.

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dibuat grafik untuk menunjukkan nilai rasio S/N yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4. 4 Grafik rasio S/N

Berdasarkan Gambar 4.4 grafik rasio S/N dapat ditentukan prediksi kombinasi parameter yang menghasilkan respon optimal terhadap kekasaran permukaan ditunjukkan pada Tabel 4.16 dibawah ini:

Tabel 4. 16 Respon rasio S/N terhadap hasil kekasaran permukaan

Parametet Bebas	Tingkat Level	Nilai Level
<i>Depth of Cut</i>	1	0,5 mm
<i>Feeding</i>	2	0,16 mm/put
<b>RPM</b>	2	1.592 m/menit

Sumber: Hasil perhitungan

#### 4.2.4 Perhitungan Langsung Rasio S/N Terhadap Respon

Perhitungan nilai rasio S/N terhadap respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut:

A. Perhitungan langsung rasio S/N terhadap respon pada pemakanan basah

Perhitungan rasio S/N untuk faktor A (*Depth of Cut*):

$$A1 = 1/2 ((-6,543) + (-2,154)) = -4,348$$

$$A2 = 1/2 ((-4,204) + (-1,978)) = -3,091$$

Perhitungan rasio S/N untuk faktor B (*Feeding*):

$$B1 = 1/2 ((-6,543) + (-4,204)) = -5,373$$

$$B2 = 1/2 ((-2,154) + (-1,978)) = -2,066$$

Perhitungan rasio S/N untuk faktor C (RPM):

$$C1 = 1/2 ((-6,543) + (-1,978)) = -4,260$$

$$C2 = 1/2 ((-2,154) + (-4,204)) = -3,179$$

Untuk ketiga parameter utama yang diamati adalah *Depth of Cut*, *Feeding*, dan RPM. Pengaruh dari ketiga parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.17 sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh parameter

<b>Rasio S/N dari pengaruh parameter</b>			
<b>Level</b>	<b><i>Depth of Cut</i></b>	<b><i>Feeding</i></b>	<b>RPM</b>
<b>1</b>	-4,348	-5,373	-4,260
<b>2</b>	-3,091	-2,066	-3,179
<b><i>Delta</i></b>	-1,257	-3,307	-1,081
<b><i>Rank</i></b>	2	1	3

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.17 respon rasio S/N pada setaip level terhadap respon kekasaran permukaan dapat ditentukan peringkat yang berpengaruh terhadap keksaran permukaan. Untuk urutan parmeter yang paling berpengaruh adalah *Feeding* dengan selisih -3,307, *Depth of Cut* dengan selisih -1,257, dan yang memiliki pengaruh paling kecil adalah RPM dengan selisih -1,081.

B. Perhitungan langsung rasio S/N terhadap respon pada pemakanan kering

Perhitungan rasio S/N untuk faktor A (*Depth of Cut*):

$$A1 = 1/2 ((-4,862) + (-0,584)) = -2,723$$

$$A2 = 1/2 ((-1,683) + (-4,573)) = -3,128$$

Perhitungan rasio S/N untuk faktor B (*Feeding*):

$$B1 = 1/2 ((-4,862) + (-1,683)) = -3,272$$

$$B2 = 1/2 ((-0,584) + (-4,573)) = -2,578$$

Perhitungan rasio S/N untuk faktor C (RPM):

$$C1 = 1/2 ((-4,862) + (-4,573)) = -4,717$$

$$C2 = 1/2 ((-0,584) + (-1,683)) = -1,133$$

Untuk ketiga parameter utama yang diamati adalah *Depth of Cut*, *Feeding*, dan RPM. Pengaruh dari ketiga parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.18 sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Respon rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh parameter

<b>Rasio S/N dari pengaruh parameter</b>			
<b>Level</b>	<b><i>Depth of Cut</i></b>	<b><i>Feeding</i></b>	<b>RPM</b>
<b>1</b>	-2,723	-3,272	-4,717
<b>2</b>	-3,128	-2,578	-1,133
<b><i>Delta</i></b>	-0,405	-0,694	-3,584
<b><i>Rank</i></b>	3	2	1

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.18 respon rasio S/N pada setiap level terhadap respon kekasaran permukaan dapat ditentukan peringkat yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Untuk urutan parameter yang paling berpengaruh adalah RPM dengan selisih -3,584, *Feeding* dengan selisih -0,694, dan yang memiliki pengaruh paling kecil adalah *Depth of Cut* dengan selisih -0,405.

### 4.3 Analisis Varian Rata-rata

Analisis varian rata-rata (ANOVA) digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh paling signifikan terhadap rata-rata. Perhitungan analisis varian rata-rata sebagai berikut:

#### A. Analisis varian rata-rata pemakanan basah

Perhitungan faktor A (*Depth of Cut*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{3,301^2}{2} + \frac{2,874^2}{2} - \frac{6,175^2}{4} \\ &= 0,046\end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,046}{1} = 0,046$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor A dengan derajat kebebasan faktor A.

Perhitungan faktor B (*Feeding*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{3,689^2}{2} + \frac{2,486^2}{2} - \frac{6,175^2}{4} \\ &= 0,362\end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,362}{1} = 0,362$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor B dengan derajat kebebasan faktor B.

Perhitungan faktor C (RPM):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_C &= \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{3,321^2}{2} + \frac{2,854^2}{2} - \frac{6,175^2}{4} \\ &= 0,055\end{aligned}$$

Derajat kebebasan:

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0,055}{1} = 0,055$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor C dengan derajat kebebasan faktor C.

Derajat kebebasan total:

$$\begin{aligned}V_T &= N - 1 \\ &= 4 - 1 = 3\end{aligned}$$

Derajat kebebasan *error*:

$$\begin{aligned}V_E &= V_T - V_A - V_B - V_C \\ &= 3 - 1 - 1 - 1 = 0\end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat total digunakan rumus dibawah ini dengan menambahkan nilai hasil dari penjumlahan rata-rata uji kekasaran permukaan:

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum y^2 \\ &= 2,068^2 + 1,233^2 + 1,621^2 + 1,253^2 \\ &= 9,995\end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}Sm &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 4 \cdot 1,543^2\end{aligned}$$

$$= 9,523$$

Untuk mencari jumlah kuadrat *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} SS_{faktor} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 0,046 + 0,362 + 0,055 \\ &= 0,462 \end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah residual *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - Sm - SS_{faktor} \\ &= 9,995 - 9,523 - 0,462 \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 19 Analisis varian rata-rata

Parameter	V	SS	MS	F-rasio
<b>Bebas</b>				
<i>Depth of Cut</i>	1	0,046	0,046	0
<i>Feeding</i>	1	0,362	0,362	0
<b>RPM</b>	1	0,055	0,055	0
<i>Error</i>	0	0,009	0	
<b>Total</b>	3	0,471	-	

B. Analisis varian rata-rata pemakanan kering

Perhitungan faktor A (*Depth of Cut*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{2,657^2}{2} + \frac{2,825^2}{2} - \frac{5,482^2}{4} \\ &= 0,007 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,007}{1} = 0,007$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor A dengan derajat kebebasan faktor A.

Perhitungan faktor B (*Feeding*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{2,816^2}{2} + \frac{2,666^2}{2} - \frac{5,482^2}{4} \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,006}{1} = 0,006$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor B dengan derajat kebebasan faktor B.

Perhitungan faktor C (RPM):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} SS_C &= \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{3,349^2}{2} + \frac{2,133^2}{2} - \frac{5,482^2}{4} \\ &= 0,370 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0,370}{1} = 0,370$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor C dengan derajat kebebasan faktor C.

Derajat kebebasan total:

$$\begin{aligned}V_T &= N - 1 \\ &= 4 - 1 = 3\end{aligned}$$

Derajat kebebasan *error*:

$$\begin{aligned}V_E &= V_T - V_A - V_B - V_C \\ &= 3 - 1 - 1 - 1 = 0\end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat total digunakan rumus dibawah ini dengan menambahkan nilai hasil dari penjumlahan rata-rata uji kekasaran permukaan:

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum y^2 \\ &= 1,670^2 + 0,987^2 + 1,146^2 + 1,679^2 \\ &= 7,895\end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}Sm &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 4 \cdot 1,370^2 \\ &= 7,508\end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_{faktor} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 0,007 + 0,006 + 0,370 \\ &= 0,382\end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah residual *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - Sm - SS_{faktor} \\ &= 7,859 - 7,508 - 0,382 \\ &= 0,005\end{aligned}$$

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



Tabel 4. 20 Analisis varian rata-rata

Parameter	V	SS	MS	F-rasio
<b>Bebas</b>				
<i>Depth of Cut</i>	1	0,007	0,007	0
<i>Feeding</i>	1	0,006	0,006	0
<b>RPM</b>	1	0,370	0,370	0
<i>Error</i>	0	0,005	0	
<b>Total</b>	3	0,388	-	

#### 4.4 Analisis Varian Rasio S/N

Analisis varian rasio S/N (ANOVA) digunakan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh paling signifikan terhadap respon rasio S/N. Perhitungan analisis varian rasio S/N sebagai berikut:

##### A. Analisis varian rasio S/N pemakanan basah

Perhitungan faktor A (*Depth of Cut*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{N} \\
 &= \frac{-8,697^2}{2} + \frac{-6,182^2}{2} - \frac{-14,879^2}{4} \\
 &= 1,581
 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{1,581}{1} = 1,581$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor A dengan derajat kebebasan faktor A.

Perhitungan faktor B (*Feeding*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

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

$$= \frac{-10,747^2}{2} + \frac{-4,132^2}{2} - \frac{-14,879^2}{4}$$

$$= 10,940$$

Derajat kebebasan

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{10,940}{1} = 10,940$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor B dengan derajat kebebasan faktor B.

Perhitungan faktor C (RPM):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$SS_C = \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{N}$$

$$= \frac{-8,521^2}{2} + \frac{-6,358^2}{2} - \frac{-14,879^2}{4}$$

$$= 1,170$$

Derajat kebebasan:

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{1,170}{1} = 1,170$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor C dengan derajat kebebasan faktor C.

Derajat kebebasan total:

$$V_T = N - 1$$

$$= 4 - 1 = 3$$

Derajat kebebasan *error*:

$$V_E = V_T - V_A - V_B - V_C$$

$$= 3 - 1 - 1 - 1 = 0$$

Untuk mencari jumlah kuadrat total digunakan rumus dibawah ini dengan menambahkan nilai hasil dari penjumlahan rata-rata uji kekasaran permukaan:

$$\begin{aligned}
 SS_T &= \sum y^2 \\
 &= (-6,543^2) + (-2,154^2) + (-4,204^2) + (-1,978^2) \\
 &= 69,037
 \end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 Sm &= n \cdot \bar{y}^2 \\
 &= 4 \cdot (-3,720)^2 \\
 &= 55,354
 \end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah kuadrat *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS_{faktor} &= SS_A + SS_B + SS_C \\
 &= 1,581 + 10,940 + 1,170 \\
 &= 13,691
 \end{aligned}$$

Untuk mencari jumlah residual *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - Sm - SS_{faktor} \\
 &= 69,037 - 55,354 - 13,691 \\
 &= -0,007
 \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 21 Analisis varian rasio S/N

Parameter	V	SS	MS	F-rasio
<b>Bebas</b>				
<i>Depth of Cut</i>	1	1,581	1,581	0
<i>Feeding</i>	1	10,940	10,940	0
<b>RPM</b>	1	1,170	1,170	0
<b>Error</b>	0	-0,007	0	
<b>Total</b>	3	13,683	-	

B. Analisis varian rasio S/N pemakanan kering

Perhitungan faktor A (*Depth of Cut*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{-5,446^2}{2} + \frac{-6,256^2}{2} - \frac{-11,702^2}{4} \\ &= 0,164\end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,164}{1} = 0,164$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor A dengan derajat kebebasan faktor A.

Perhitungan faktor B (*Feeding*):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{-6,545^2}{2} + \frac{-5,157^2}{2} - \frac{-11,702^2}{4} \\ &= 0,482\end{aligned}$$

Derajat kebebasan

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,482}{1} = 0,482$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor B dengan derajat kebebasan faktor B.

Perhitungan faktor C (RPM):

Mencari jumlah kuadrat menggunakan rumus dibawah ini:

$$SS_C = \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{N}$$

$$= \frac{-9,435^2}{2} + \frac{-2,267^2}{2} - \frac{-11,702^2}{4}$$

$$= 12,845$$

Derajat kebebasan

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

Mencari rata-rata digunakan rumus diawah ini:

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{12,845}{1} = 12,845$$

Hasil diperoleh dengan cara membagi hasil dari perhitungan faktor C dengan derajat kebebasan faktor C.

Derajat kebebasan total:

$$V_T = N - 1$$

$$= 4 - 1 = 3$$

Derajat kebebasan *error*:

$$V_E = V_T - V_A - V_B - V_C$$

$$= 3 - 1 - 1 - 1 = 0$$

Untuk mencari jumlah kuadrat total digunakan rumus dibawah ini dengan menambahkan nilai hasil dari penjumlahan rata-rata uji kekasaran permukaan:

$$SS_T = \sum y^2$$

$$= (-4,862^2) + (-0,584^2) + (-1,683^2) + (-4,573^2)$$

$$= 47,725$$

Untuk mencari jumlah kuadrat rata-rata digunakan rumus dibawah ini:

$$Sm = n \cdot \bar{y}^2$$

$$= 4 \cdot -2,925$$

$$= 34,223$$

Untuk mencari jumlah kuadrat *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$SS_{factor} = SS_A + SS_B + SS_C$$

$$= 0,164 + 0,482 + 12,845$$

$$= 13,491$$

Untuk mencari jumlah residual *error* digunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - S_m - SS_{faktor} \\
 &= 47,725 - 34,223 - 13,491 \\
 &= 0,012
 \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 22 Analisis varian rasio S/N

Parameter	V	SS	MS	F-rasio
<b>Bebas</b>				
<i>Depth of Cut</i>	1	0,164	0,164	0
<i>Feeding</i>	1	0,482	0,482	0
<b>RPM</b>	1	12,845	12,845	0
<b>Error</b>	0	0,012	0	
<b>Total</b>	3	13,502	-	

#### 4.5 Interval Kepercayaan Rata-rata Kekasaran Permukaan

A. Interval kepercayaan rata-rata pemakanan basah

Tabel 4. 23 Interval kepercayaan

No	y	$\bar{y}$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
<b>1</b>	2,068	1,543	0,525	0,276
<b>2</b>	1,233	1,543	-0,310	0,096
<b>3</b>	1,621	1,543	0,078	0,006
<b>4</b>	1,253	1,543	-0,290	0,084
<b>Total</b>				0,462

$$\begin{aligned}
 \mu &= \frac{\sum y_i}{n} \\
 &= \frac{6,172}{4} \\
 &= 1,543
 \end{aligned}$$

Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,462}{4 - 1}} \\
 &= \sqrt{0,154} \\
 &= 0,392
 \end{aligned}$$

Nilai t kritis interval kepercayaan 90%

Untuk mencari  $t_{n-1}$ , karena selang kepercayaan 90%, lalu dimasukkan kedalam rumus  $1 - \alpha = 1 - 0,90 = 0,10$ , karena selang kepercayaan dari dua sisi, maka  $\alpha$  dibagi 2 =  $\frac{0,10}{2} = 0,05$

Diketahui:

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

$$\begin{aligned}
 Df &= n - 1 \\
 &= 4 - 1 = 3
 \end{aligned}$$

(t 0,05, 3). Jadi nilai  $t_{n-1}$  kritis one-tailed test pada T tabel adalah 2,353363

$$\begin{aligned}
 &\mu \pm t_{n-1} \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \\
 &1,543 \pm 2,353 \left( \frac{0,392}{\sqrt{4}} \right) \\
 &1,543 \pm 0,461 \\
 &\mu - t_{n-1} \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \mu + t_{n-1} \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \\
 &1,543 - 0,461 \leq \mu \leq 1,543 + 0,461 \\
 &1,082 \leq \mu \leq 2,004
 \end{aligned}$$

B. Interval kepercayaan pemakanan kering

Tabel 4. 24 Interval kepercayaan

No	y	$\bar{y}$	y- $\bar{y}$	(y- $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>
1	1,670	1,370	0,300	0,090

<b>2</b>	0,987	1,370	-0,383	0,147
<b>3</b>	1,146	1,370	-0,224	0,050
<b>4</b>	1,679	1,370	0,309	0,095
<b>Total</b>				0,382

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{\sum y_i}{n} \\ &= \frac{5,480}{4} \\ &= 1,370\end{aligned}$$

Standar deviasi

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,382}{4 - 1}} \\ &= \sqrt{0,127} \\ &= 0,356\end{aligned}$$

Nilai t kritis interval kepercayaan 90%

Untuk mencari  $t_{n-1}$ , karena selang kepercayaan 90%, lalu dimasukkan kedalam rumus  $1 - \alpha = 1 - 0,90 = 0,10$ , karena selang kepercayaan dari dua sisi, maka  $\alpha$  dibagi 2 =  $\frac{0,10}{2} = 0,05$

Diketahui:

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

$$Df = n - 1$$

$$= 4 - 1 = 3$$

(t 0,05, 3). Jadi nilai  $t_{n-1}$  kritis one-tailed test pada T tabel adalah 2,353

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

$$1,370 \pm 2,353 \left( \frac{0,356}{\sqrt{4}} \right)$$

$$1,370 \pm 0,418$$



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

$$1,370 - 0,418 \leq \mu \leq 1,370 + 0,418$$

$$0,952 \leq \mu \leq 1,788$$

#### 4.6 Interval Kepercayaan Rasio S/N Kekasaran Permukaan

A. Interval kepercayaan rasio S/N pemakanan basah

Tabel 4. 25 Interval kepercayaan

No	y	$\bar{y}$	y- $\bar{y}$	(y- $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>
1	-6,543	-3,720	-2,823	7,969
2	-2,154	-3,720	1,566	2,452
3	-4,204	-3,720	-0,484	0,234
4	-1,978	-3,720	1,742	3,035
<b>Total</b>				13,691

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\sum y_i}{n} \\ &= \frac{-14,880}{4} \\ &= -3,720 \end{aligned}$$

Standar deviasi

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{13,691}{4 - 1}} \\ &= \sqrt{4,564} \\ &= 2,136 \end{aligned}$$

Nilai t kritis interval kepercayaan 90%

Untuk mencari  $t_{n-1}$ , karena selang kepercayaan 90%, lalu dimasukkan kedalam rumus  $1 - \alpha = 1 - 0,90 = 0,10$ , karena selang kepercayaan dari dua sisi, maka  $\alpha$  dibagi 2 =  $\frac{0,10}{2} = 0,05$

Diketahui:

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

$$Df = n - 1 \\ = 4 - 1 = 3$$

(t 0,05, 3). Jadi nilai  $t_{n-1}$  kritis one-tailed test pada T tabel adalah 2,353363

$$\mu \pm t_{n-1} \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \\ -3,720 \pm 2,353 \left( \frac{2,136}{\sqrt{4}} \right) \\ -3,720 \pm 2,513 \\ \mu - t_{n-1} \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \mu + t_{n-1} \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \\ -3,720 - 2,513 \leq \mu \leq -3,720 + 2,513 \\ -6,233 \leq \mu \leq -1,207$$

B. Interval kepercayaan pemakanan kering

Tabel 4. 26 Interval kepercayaan

No	y	$\bar{y}$	y- $\bar{y}$	(y- $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>
1	-4,862	-2,925	-1,937	3,752
2	-0,584	-2,925	2,341	5,480
3	-1,683	-2,925	1,242	1,543
4	-4,573	-2,925	-1,648	2,716
<b>Total</b>				13,491

$$\mu = \frac{\sum y_i}{n}$$

$$= \frac{-11,700}{4}$$

$$= -2,925$$

Standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{13,491}{4 - 1}}$$

$$= \sqrt{4,497}$$

$$= 2,120$$

Nilai t kritis interval kepercayaan 90%

Untuk mencari  $t_{n-1}$ , karena selang kepercayaan 90%, lalu dimasukkan kedalam rumus  $1 - \alpha = 1 - 0,90 = 0,10$ , karena selang kepercayaan dari dua sisi, maka  $\alpha$  dibagi 2 =  $\frac{0,10}{2} = 0,05$

Diketahui:

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

$$Df = n - 1$$

$$= 4 - 1 = 3$$

( $t_{0,05}, 3$ ). Jadi nilai  $t_{n-1}$  kritis one-tailed test pada T tabel adalah 2,353

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

$$-2,925 \pm 2,353 \left( \frac{2,120}{\sqrt{4}} \right)$$

$$-2,925 \pm 2,494$$

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

$$-2,925 - 2,494 \leq \mu \leq -2,925 + 2,494$$

$$-5,419 \leq \mu \leq -0,431$$

## 4.7 Kenormalan data

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

### A. Kenormalan data pemakanan basah

#### 1. Hipotesa

$H_0$  : Data tidak ada distribusi pada penelitian

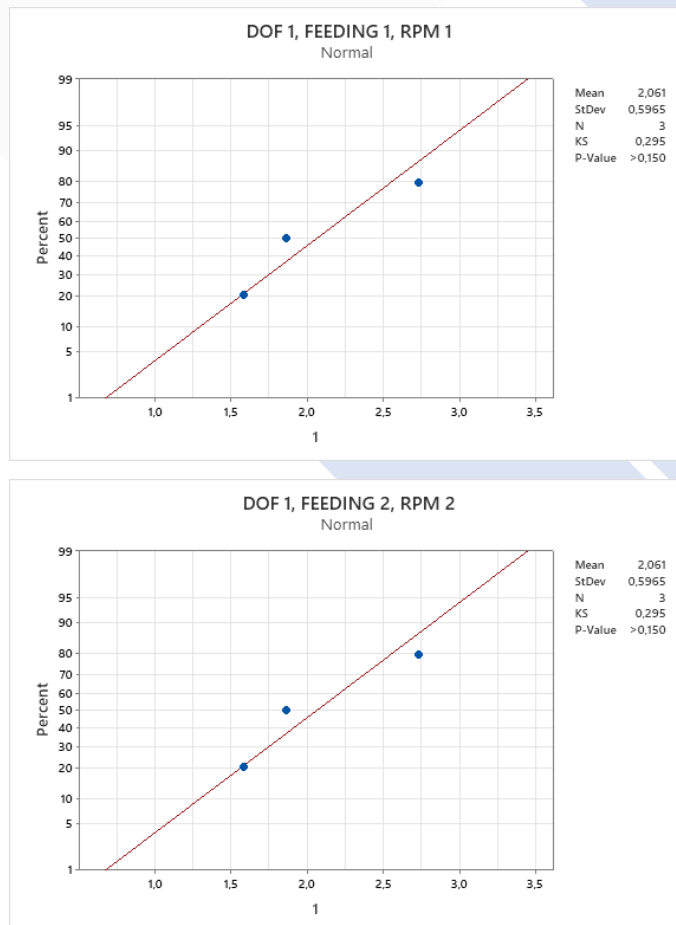
$H_1$  : Data ada distribusi pada penelitian

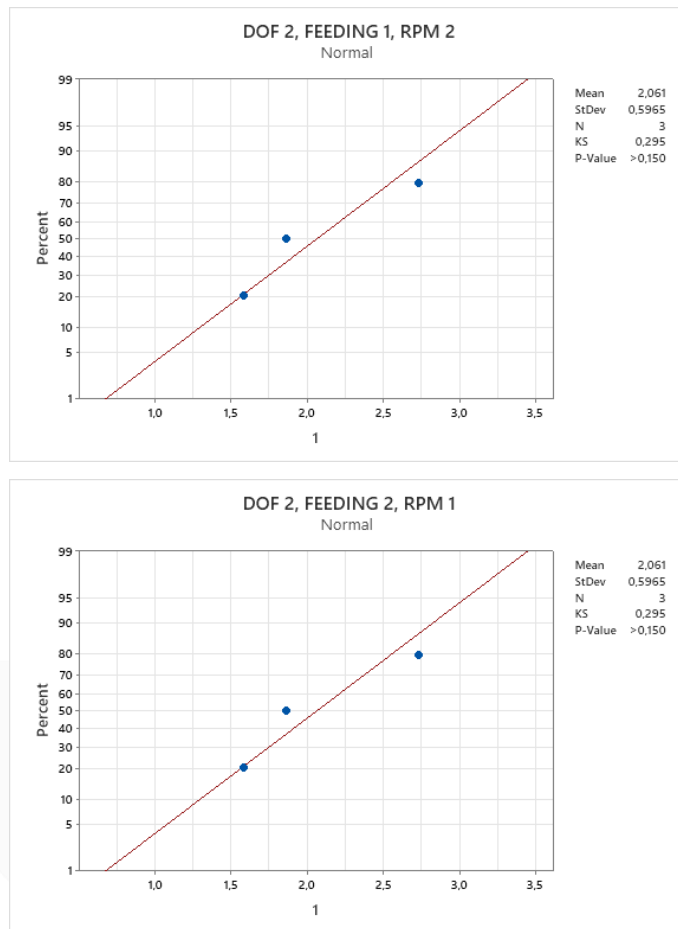
#### 2. Kriteria penolakan

$H_0$  gagal ditolak jika  $p - value < \alpha = 10\% = 0,10$

#### 3. Hasil

Hasil ditunjukkan pada Gambar 4.5 dengan pengujian *Kolmogorov-Smirno*





Gambar 4. 5 Grafik pengujian kenormalan data

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian diketahui kenormalan data bahawa nilai  $p$  –  $value = 0,150$ , maka dapat disimpulkan  $H_0$  ditolak dikarenakan  $p$  –  $value = 0,150 > \alpha = 0,10$ , artinya data ada distribusi pada penelitian.

#### B. Kenormalan data pemakanan kering

##### 1. Hipotesa

$H_0$  : Data tidak ada distribusi pada penelitian

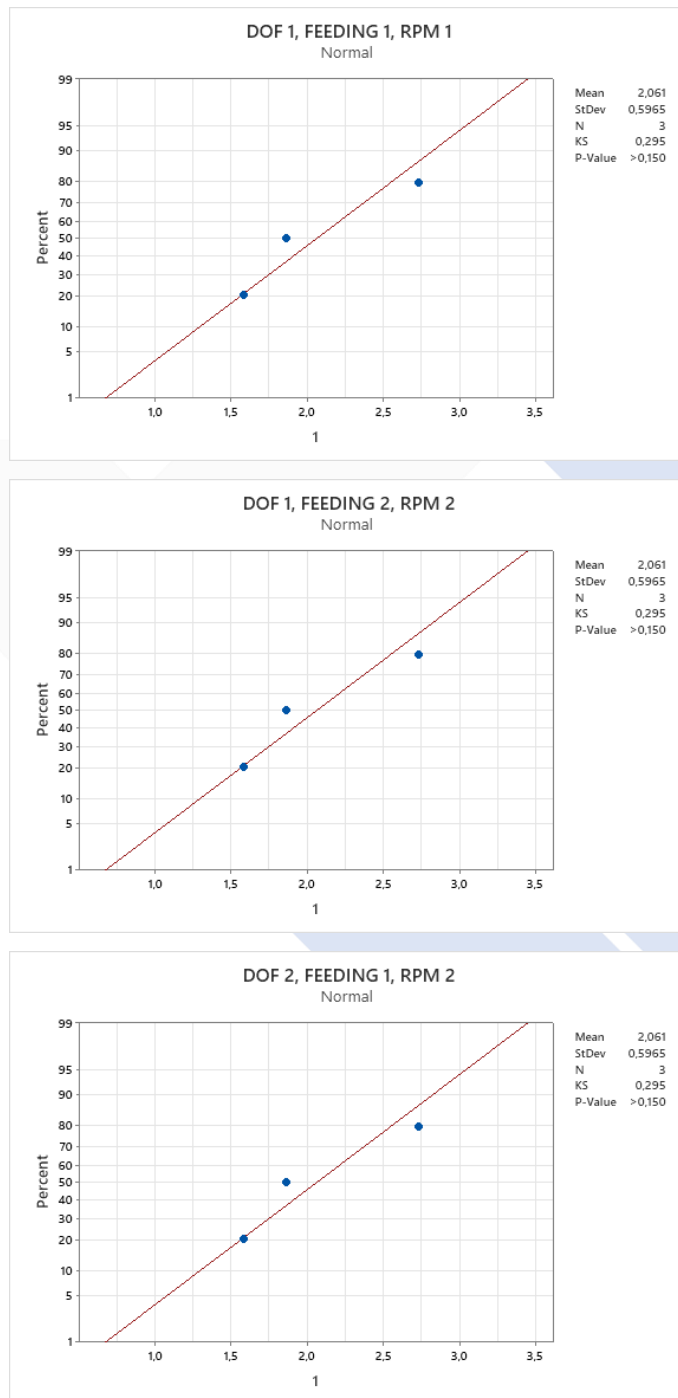
$H_1$  : Data ada distribusi pada penelitian

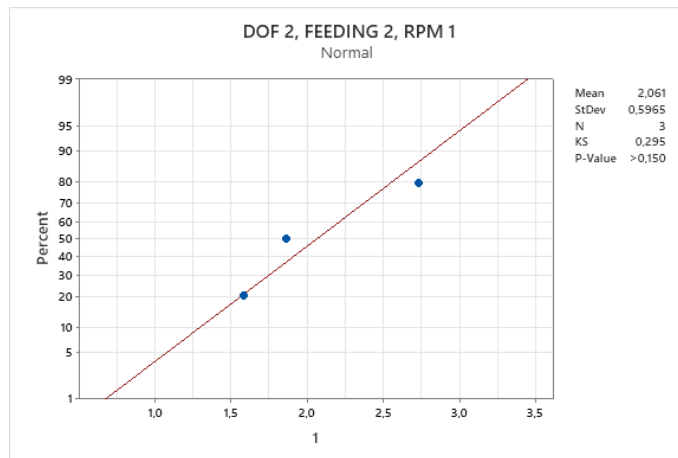
##### 2. Kriteria penolakan

$H_0$  gagal ditolak jika  $p$  –  $value < \alpha = 10\% = 0,10$

### 3. Hasil

Hasil ditunjukkan pada Gambar 4.6 dengan pengujian *Kolmogorov-Smirno*





Gambar 4. 6 Grafik pengujian kenormalan data

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian diketahui kenormalan data bahawa nilai  $p$  –  $value = 0,150$ , maka dapat disimpulkan  $H_0$  ditolak dikarenakan  $p$  –  $value = 0,150 > \alpha = 0,10$ , artinya data ada distribusi pada penelitian.

#### 4.7 Persen Kontribusi Rata-rata Kekasaran Permukaan

Untuk mengetahui berapa besar persen kontribusi yang diberikan oleh setiap parameter. dihitung  $SS'$  terlebih dahulu. Rumus untuk menghitung  $SS'$  adalah sebagai berikut:

A. Persen kontribusi pemakanan basah

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - MS_{error}(V_v)$$

$$SS'_A = SS_A - MS_e \times V_A$$

$$= 0,046 - 0 \times 1 = 0,046$$

$$SS'_B = SS_B - MS_e \times V_B$$

$$= 0,362 - 0 \times 1 = 0,362$$

$$SS'_C = SS_C - MS_e \times V_C$$

$$= 0,055 - 0 \times 1 = 0,055$$

$$SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C$$

$$= 0,471 - 0,046 - 0,362 - 0,055$$

$$= 0,009$$

Menghitung persen kontribusi:

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

$$P_A = \frac{0,046}{0,471} \times 100\% = 0,097\%$$

$$P_B = \frac{0,362}{0,471} \times 100\% = 0,768\%$$

$$P_C = \frac{0,055}{0,471} \times 100\% = 0,116\%$$

$$P_e = \frac{0,009}{0,471} \times 100\% = 0,020\%$$

Hasil dari perhitungan persen kontribusi pada pemakanan basah dapat dilihat pada Tabel 4.27 sebagai berikut:

Tabel 4. 27 Persen kontribusi

Parameter	V	SS	MS	F-rasio	P%
<b>Bebas</b>					
<i>Depth of Cut</i>	1	0,046	0,046	0	0,097%
<i>Feeding</i>	1	0,362	0,362	0	0,768%
<b>RPM</b>	1	0,055	0,055	0	0,116%
<i>Error</i>	0	0,009	0	-	0,020%
<b>Total</b>	3	0,471	-	-	-

Dari Tabel 4.27 di atas dapat dilihat persen kontribusi parameter menunjukkan bahwa faktor B (*Feeding*) memiliki kontribusi paling besar terhadap kekasaran permukaan yaitu 0.768%. yang kedua faktor C (RPM) dengan nilai kontribusi 0.116%. dan yang memiliki kontribusi paling kecil terhadap kekasaran permukaan adalah faktor A (*Depth of Cut*) dengan nilai kontribusi 0.097%.

B. Persen kontribusi pemakanan kering

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - MS_{error}(V_v)$$

$$SS'_A = SS_A - MS_e \times V_A$$

$$= 0,007 - 0 \times 1 = 0,007$$



$$SS'_B = SS_B - Ms_e \times V_B$$

$$= 0,006 - 0 \times 1 = 0,006$$

$$SS'_C = SS_C - Ms_e \times V_C$$

$$= 0,370 - 0 \times 1 = 0,370$$

$$SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C$$

$$= 0,388 - 0,007 - 0,006 - 0,370$$

$$= 0,005$$

Menghitung persen kontribusi:

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

$$P_A = \frac{0,007}{0,388} \times 100\% = 0,018\%$$

$$P_B = \frac{0,006}{0,388} \times 100\% = 0,015\%$$

$$P_C = \frac{0,370}{0,388} \times 100\% = 0,953\%$$

$$P_e = \frac{0,005}{0,388} \times 100\% = 0,014\%$$

Hasil dari perhitungan persen kontribusi pada pemakanan basah dapat dilihat pada Tabel 4.28 dibawah ini:

Tabel 4. 28 Persen kontribusi

Parameter	V	SS	MS	F-rasio	P%
<b>Bebas</b>					
<i>Deft of Cut</i>	1	0,007	0,007	0	0,018%
<i>Feeding</i>	1	0,006	0,006	0	0,015%
<b>RPM</b>	1	0,370	0,370	0	0,953%
<i>Error</i>	0	0,005	0	-	0,014%
<b>Total</b>	3	0,388	-	-	-

Dari Tabel 4.28 di atas dapat dilihat persen kontribusi parameter menunjukkan bahwa faktor B (*Feeding*) memiliki kontribusi paling besar terhadap

kekasaran permukaan yaitu 0.953%. yang kedua faktor A (*Depth of Cut*) dengan nilai kontribusi 0.018%. Dan yang memiliki kontribusi paling kecil terhadap kekasaran permukaan adalah faktor B (*Feeding*) dengan nilai kontribusi 0.015%.

#### 4.8 Persen Kontribusi Rasio S/N Kekasaran Permukaan

Untuk mengetahui berapa besar persen kontribusi yang diberikan oleh setiap parameter. dihitung  $SS'$  terlebih dahulu. Rumus untuk menghitung  $SS'$  adalah sebagai berikut:

A. Persen kontribusi pemakanan basah

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - MS_{error}(V_v)$$

$$SS'_A = SS_A - MS_e \times V_A$$

$$= 1,581 - 0 \times 1 = 1,581$$

$$SS'_B = SS_B - MS_e \times V_B$$

$$= 10,940 - 0 \times 1 = 10,940$$

$$SS'_C = SS_C - MS_e \times V_C$$

$$= 1,170 - 0 \times 1 = 1,170$$

$$SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C$$

$$= 13,683 - 1,581 - 10,940 - 1,170$$

$$= -0,007$$

Menghitung persen kontribusi:

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

$$P_A = \frac{1,581}{13,683} \times 100\% = 0,116\%$$

$$P_B = \frac{10,940}{13,683} \times 100\% = 0,799\%$$

$$P_C = \frac{1,170}{13,683} \times 100\% = 0,085\%$$

$$P_e = \frac{-0,007}{13,683} \times 100\% = -0,001\%$$

Hasil dari perhitungan persen kontribusi pada pemakanan basah dapat dilihat pada Tabel 4.29 sebagai berikut:

Tabel 4. 29 Persen kontribusi

Parameter	V	SS	MS	F-rasio	P%
<b>Bebas</b>					
<i>Depth of Cut</i>	1	1,581	1,581	0	0,116%
<i>Feeding</i>	1	10,940	10,940	0	0,799%
<b>RPM</b>	1	1,170	1,170	0	0,085%
<i>Error</i>	0	-0,007	0	-	-0,001%
<b>Total</b>	3	13,683	-	-	-

Dari Tabel 4.29 di atas dapat dilihat persen kontribusi parameter menunjukkan bahwa faktor B (*Feeding*) memiliki kontribusi paling besar terhadap kekasaran permukaan yaitu 0.799%. yang kedua faktor A (*Depth of Cut*) dengan nilai kontribusi 0.116%. dan yang memiliki kontribusi paling kecil terhadap kekasaran permukaan adalah faktor C (RPM) dengan nilai kontribusi 0.085%.

B. Persen kontribusi pemakanan kering

$$SS'_{faktor} = SS_{faktor} - MS_{error}(V_v)$$

$$\begin{aligned} SS'_A &= SS_A - MS_e \times V_A \\ &= 0,164 - 0 \times 1 = 0,164 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - MS_e \times V_B \\ &= 0,482 - 0 \times 1 = 0,482 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_C &= SS_C - MS_e \times V_C \\ &= 12,845 - 0 \times 1 = 12,845 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SE' &= SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\ &= 13,502 - 0,164 - 0,482 - 12,845 \\ &= 0,012 \end{aligned}$$

Menghitung persen kontribusi:

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

$$P_A = \frac{0,164}{13,502} \times 100\% = 0,012\%$$

$$P_B = \frac{0,482}{13,502} \times 100\% = 0,036\%$$

$$P_C = \frac{12,845}{13,502} \times 100\% = 0,951\%$$

$$P_e = \frac{0,012}{13,502} \times 100\% = 0,001\%$$

Hasil dari perhitungan persen kontribusi pada pemakanan basah dapat dilihat pada Tabel 4.30 di bawah ini:

Tabel 4. 30 Persen kontribusi

<b>Parameter</b>	<b>V</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F-rasio</b>	<b>P%</b>
<b>Bebas</b>					
<i>Depth of Cut</i>	1	0,164	0,164	0	0,012%
<i>Feeding</i>	1	0,482	0,482	0	0,036%
<b>RPM</b>	1	12,845	12,845	0	0,951%
<i>Error</i>	0	0,012	0	-	0,001%
<b>Total</b>	3	13,502	-	-	-

Dari Tabel 4.30 di atas dapat dilihat persen kontribusi parameter menunjukkan bahwa faktor C (RPM) memiliki kontribusi paling besar terhadap kekasaran permukaan yaitu 0.951%. yang kedua faktor B (*Feeding*) dengan nilai kontribusi 0.036%. dan yang memiliki kontribusi paling kecil terhadap kekasaran permukaan adalah faktor A (*Depth of Cut*) dengan nilai kontribusi 0.012%.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah peneliti melakukan penelitian yang berjudul Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Terhadap Pemakanan Kering Dan Basah Terhadap Material Baja AISI 1045 Pada Proses Pemesinan CNC Bubut bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis data yang telah dilakukan terhadap kekasaran permukaan dari ketiga parameter yaitu *Depth of Cut*, *Feeding*, dan RPM didapatkan kontribusi parameter untuk pemakanan basah yaitu *Depth of Cut* dengan kontribusi sebesar 0.116%. *Feeding* dengan kontribusi sebesar 0.799% dan yang terakhir adalah RPM dengan kontribusi sebesar 0.085%. Untuk pemakanan kering yaitu *Depth of Cut* dengan kontribusi sebesar 0.012%. *Feeding* dengan kontribusi sebesar 0.036%. dan yang terakhir adalah RPM dengan kontribusi sebesar 0.951%.
2. Pengaturan *setting* parameter untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan material baja AISI 1045 yang paling rendah untuk pemakanan basah yaitu *Depth of Cut* 0.1 mm (faktor A level 2), *Feeding* 0.16 mm/put (faktor B level 2), dan RPM 1.592 (faktor C level 2). Dan untuk pemakanan kering yaitu *Depth of Cut* 0.50 mm (faktor A level 1), *Feeding* 0.16 mm/put (faktor B level 2), dan RPM 1.592 (faktor C level 2).

## 5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peneliti selanjutnya dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan parameter bebas dan level seperti variasi alat potong dan variasi media pendingin lebih dari 1.
2. Peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode lain selain metode Taguchi seperti Desain Faktorial, RSM dan metode lainnya sebagai perbandingan terhadap respon.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. A 2017. “Arifin. A. (2017. Desember 25). Pengetahuan Dasar Mesin Bubut CNC. Retrieved Januari 10. 2021. from [https://Teknikece.Com/Mesin-Bubut/Cnc/Bagian-Mesin-Bubut-Cnc/.](https://Achmadarifincom.Cdn.Ampproject.Org/v/s/Achmadarifin.Com/Peng-etahuan-Dasar-Mesinbubutcnc/Amp?Amp_js_v=a6&amp_gsa=1&usqp=mq331AQHKAFQArABI A%3D%3D#ao.”</a></p><p>Furqoni. 2022. “Furqoni. M. R. (2022. April 29). Bagian Mesin CNC. <a href=)”
- Ibrahim. Gusri Akhyar. 2014. “Pengaruh Pemesinan Kering Terhadap Kekasaran Dan Kekerasan Permukaan Paduan Titanium.” 5(September): 6–11.
- Munadi. S. 2017. “Pengukuran Kekasaran Permukaan.” *Panduan Pengajar Buku Dasar-dasar Metrologi Industri*: 1–25.
- Napid. Suhardi. and Abdul Haris Nasution. “APLIKASI PEMESINAN KERING DENGAN MENGAJAI PERMUKAAN TERMESIN BAJA TEW 6852 DIBUBUT MEMAKAI PAHAT KARBIDA BERLAPIS.” : 113–17.
- Patricia Wahyu Haumahu<sup>1</sup>. Triastuti Wuryandari<sup>2</sup>. 2011. “Optimalisasi Produk Dengan Menggunakan Metode Perancangan Toleransi Taguchi.” *Isbn: 978-097-142-4 13(1)*: 304–16.
- Pramono. Agus. 2011. “Karakterisrik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai.” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 5(1): 32–38. [www.uddeholm.com..](http://www.uddeholm.com..)
- Rahmat. “Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja Aisi 1045 Pada Proses Pemesinan Bubut Cnc Dengan Metode.”
- Rifnaldi. Randy. and Mulianti. 2019. “Pengaruh Perlakuan Panas Hardening Dan Tempering Terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045.” *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development* 1(4): 950–59.

- Rochim. Rochim. T. (2001). *Sfesifikasi. Metrologi Dan Kontrol Kualitas Geometrik. Bandung: ITB.*
- Santoso. Kabul; Suhardiman. 2019. “Seminar Nasional Industri Dan Teknologi. Politeknik Negeri Bengkalis Oktober 2019. Hlm.” : 160–78.
- Saputro. Herman. 2010. “MODEL MATEMATIK UNTUK MEMPREDIKSI KEKASARAN PERMUKAAN HASIL PROSES CNC BUBUT TANPA PENDINGINAN Herman Saputro.” *Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 10(1): 18–31.
- Soejanto. Soejanto. I. (2009). *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi. Yogyakarta: Graha Ilmu.*
- sunarto. 2016. “PEMBUBUTAN KERING BAJA AISI 1070 TERHADAP PERTUMBUHAN AUS SISI PAHAT KARBIDA BERLAPIS (TiAIN/TiN).” 6: 78–86.
- Sunyapa. 2016. 2016. “Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember.”
- Turning. Proses Bubut. 2015. “Parameter Yang Dapat Diatur Pada Proses Bubut Tiga.”
- Widarto. 2008. *Angewandte Chemie International Edition*. 6(11). 951–952. *Teknik Pemesinan JILID 1.*
- Worlds. ETS. “Metode Pemrograman CNC (Computer Numerical Control)<https://www.etsworlds.id/2019/03/metode-pemrograman-cnc-computer.html>.



## Lampiran 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### 1. Data Pribadi

Nama : Muhammad Verdian  
Tempat, Tanggal Lahir : Mentok, 12 Juni 2001  
Alamat : Jalan Batin Tikal No.187 Sungailiat  
HP : 0895331545803  
E-mail : verdian12.co.id@gmail.com  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam



#### 2. Riwayat Pendidikan

SD Muhammadiyah Sugailiat	Tahun 2007-2013
SMP Negeri 1 Sungailiat	Tahun 2013-2016
SMA Setia Budi Sungailiat	Tahun 2016-2019

Sungailiat, 18 Januari 2023

## Lampiran 2

### Hasil Pengukuran

Tabel 4. 31 Data awal hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan basah

No	Spesimen	Bidang Uji			Rata-rata
		1	2	3	
1.	A	2,705	2,806	2,684	2,731
	B	1,578	1,346	1,838	1,587
	C	1,749	1,667	2,244	1,886
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 1</b>					<b>2,068</b>
2.	A	0,912	0,852	0,689	0,817
	B	1,606	1,687	1,706	1,666
	C	1,176	1,226	1,253	1,218
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 2</b>					<b>1,233</b>
3.	A	1,787	1,712	1,666	1,721
	B	1,662	1,633	1,507	1,600
	C	1,574	1,517	1,537	1,542
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 3</b>					<b>1,621</b>
4.	A	1,293	1,143	1,045	1,160
	B	1,374	1,342	1,342	1,352
	C	1,308	1,227	1,211	1,248
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 4</b>					<b>1,253</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4. 32 Data awal hasil pengukuran kekasaran permukaan pemakanan kering

No	Spesimen	Bidang Uji			Rata-rata
		1	2	3	
1.	A	2,375	2,375	2,198	2,316
	B	1,004	1,049	1,050	1,034
	C	1,712	1,700	1,572	1,661
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 1</b>					<b>1,670</b>

<b>2.</b>	A	1,767	1,447	1,485	1,566
	B	0,751	0,724	0,761	0,745
	C	0,610	0,837	0,509	0,652
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 2</b>					<b>0,987</b>
<b>3.</b>	A	0,794	0,833	0,800	0,809
	B	1,621	1,888	1,609	1,706
	C	0,961	0,923	0,892	0,925
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 3</b>					<b>1,146</b>
<b>4.</b>	A	1,420	1,396	1,403	1,406
	B	1,738	1,640	1,729	1,702
	C	1,747	2,067	1,978	1,930
<b>Jumlah rata-rata kekasaran permukaan BK 4</b>					<b>1,679</b>

Sumber: Hasil perhitungan

Lampiran 3  
Dokumentasi Penelitian

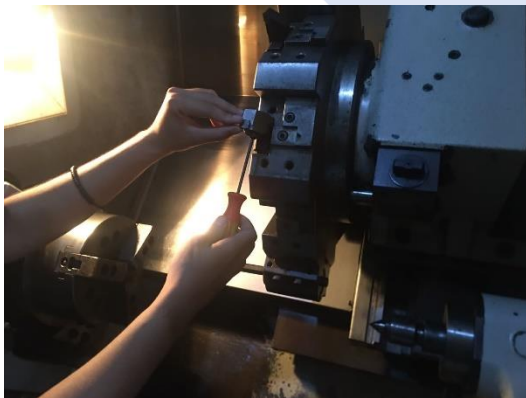


```
PROGRAM                                O0050 N00000
O0050 (BEBAS) ;
M1 ;
G00 T0202 ;
G00 S1500 M03 ;
G00 X31. Z5. ;
G71 U1. R0.5 ;
G71 P10 Q200 U0. W0. F0.10 ;
M100 G00 X20 ;
G01 Z0. ;

) _                                     S      0 T0000
EDIT **** * 10:41:57
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓)(SRH ↑)(REWIND)
```

```
PROGRAM                                O0050 N00000
M100 G00 X20 ;
G01 Z0. ;
G01 Z-50. ;
M200 G01 X31. ;
G00 X100. Z200. ;
M30 ;
M30 ;
M30 ;
M2 ;

) _                                     S      0 T0000
EDIT **** * 10:42:10
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓)(SRH ↑)(REWIND)
```





BK 1A Pengujian 1 pemakanan kering



BK 1A Pengujian 2 pemakanan kering



BK 1A Pengujian 3 pemakanan kering



BK 1B Pengujian 1 pemakanan kering



BK 1B Pengujian 2 pemakanan kering



BK 1B pengujian 3 pemakanan kering



BK 1C pengujian 1 pemakanan kering



BK 1C pengujian 2 pemakanan kering



BK 1C pengujian 3 pemakanan kering



BK 2B pengujian 1 pemakanan kering



BK 2B pengujian 2 pemakanan kering



BK 2C pengujian 1 pemakanan kering



BK 2C pengujian 3 pemakanan kering



BK 2C pengujian 2 pemakanan kering



Bk 3A pengujian 1 pemakanan kering



BK 3A pengujian 2 pemakanan kering



Bk 3A pengujian 3 pemakanan Kering



Bk 3B pengujian 1 pemakanan kering



Bk 3B pengujian 2 pemakanan kering



BK 3B pengujian 3 pemakanan kering



Bk 3C pengujian 1 pemakanan kering



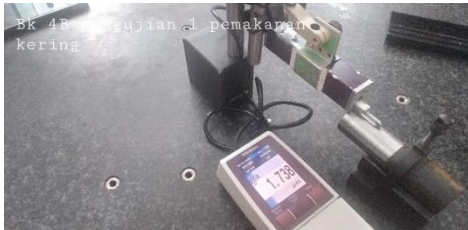
Bk 3C pengujian 2 pemakanan kering



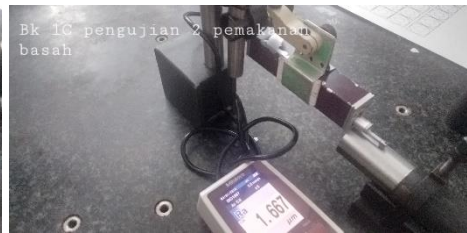
Bk 3C pengujian 3 pemakanan kering



Bk 4A pengujian 1 pemakanan kering











Lampiran 4


Tabel T

dk	$\alpha$ untuk Uji Satu Pihak ( <i>one tail test</i> )					
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
	$\alpha$ 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
$\infty$	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

## Lampiran 5

### Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir


 <p style="text-align: center;">FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023</p>			
JUDUL	<p>Analisis Keausan Permukaan Benda Kerja Terhadap Pemakanan Lering dan Barah Terhadap Material Baja 401 1045 pada Proses Pemotongan CNC</p>		
Nama Mahasiswa	<p>Muhammad Verdian NIM: 1041951</p>		
Nama Pembimbing	<p>1. Yadi Oetjadi, ST, M.Eng. 2. Zulfriyanto, S.S.T., M.T. 3.</p>		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	25/04-2022	Evaluasi terkait kuantitas Seminar Proposal PA	f.h
2	14/05-2022	Perkembangan BAB I dan BAB II Skripsi PA	f.h
3	27/07-2022	progres perkembangan alat dan bahan PA	f.h
4	28/06-2022	Pengenalan Bimbingan (s)	f.h
5	30/11-2022	progres masalah	f.h
6	29/07-2022	Perkembangan BAB I, BAB II dan BAB III	f.h
7	10/08-2022	Konsultasi PA Revisi Bab 1 - Bab 4	f.h
8	21/09-2022	Perkembangan Revisi Bab I-II	f.h
9	3/01-2023	Konsultasi PA + jurnal Revisi Bab I - V	f.h
10	14/01-2023	Periapan sidang PA	f.h

Catatan:

## Lampiran 6

### Form Monitoring

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

 FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022			
JUDUL		Analisis kelayakan Penjualan Benda Kerja Terhadap Peningkatan Kesempatan Kerja dan Kualitas Teknologi Industri Baja Aisi 1045 pada Prodi peminatan CMC Bubut	
Nama Mahasiswa		1. Muhammad Uedion /NIRM: 1011071 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	22/April 2022	Evaluasi terkait tuntutan Seminar Proposal PA	Fu
2	3/Mei 2022	Perkembangan LAPSI dan LAPSI skripsi PA	Fu
3	27/Mei 2022	Progres persiapan alat dan bahan PA	Fu
	22/06-2022	Perkenalan Bimbingan	JS
	30/06-2022	progress makalah	JS

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


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

**Lampiran 7**

***Form Revisi Laporan Akhir***



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



**FORM REVISI LAPORAN AKHIR**  
**TAHUN AKADEMIK**  
2022 / 2023

JUDUL : .....

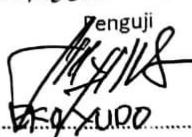
.....

Nama Mahasiswa :



1.		NIM: .....
2.	M. Verdian	NIM: 1041951
3.		NIM: .....
4.		NIM: .....
5.		NIM: .....

Bagian yang direvisi	Halaman
Makalah Di Lengkapi Saat	
1.	
RMS	

Sungailiat, ..30..01..2023.....


Penguji  
  
 (.....)

**Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa**

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;"> (.....)</p>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, ..03..02..2023</p> <p style="text-align: right;">Penguji</p> <p style="text-align: right;"> (.....)</p>
--	---



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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
...../...../.....

**JUDUL :** Analisis Ekosistem Perikanan B.K. (K) Perikanan Kura & Basah Tepi Waduk Bura HSP 1045 Tel. Perikanan Paman CPC Bura.

**Nama Mahasiswa :**

1.		NIM: _____
2.		NIM: _____
3.	M. Verdian	NIM: _____
4.		NIM: _____
5.		NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
- Bus. III	
- Bus. IV	
Bahan Masalah	

Sungailiat, 30-1-2023


Penguji

(*[Signature]*)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p>Mengetahui, Pembimbing</p> <p>(<i>[Signature]</i>) Judi OUtawadi</p>	<p>Sungailiat, 8-2-2023</p> <p>Penguji</p> <p>(<i>[Signature]</i>)</p>
---	--

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
...../...../.....

JUDUL : Analisis ketahanan pemukiman padat kerja, kuantitas, kualitas, kesehatan, kenyamanan dan biaya pemukiman di kawasan kota Baru 1045 Kota Pasuruan Pemukiman Ciri Khusus



Nama Mahasiswa :

1.	M. VERDIAN	NIM:	1041951
2.		NIM:	
3.		NIM:	
4.		NIM:	
5.		NIM:	

Bagian yang direvisi	Halaman
1. Metodeologi penelitian dan penyusunan laporan akhir. (ditambah: metode yang sesuai)	
2. Cara pengaji 1	
3. Cara pengaji 2	

Sungailiat, ..... 30 - 1 - 2023  
Penguji  
(.....  
Yudi Oktavandi.....)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p>Mengetahui, Pembimbing</p>  <p>(..... Yudi Oktavandi.....)</p>	<p>Sungailiat, ..... Penguji</p>  <p>(..... Yudi Oktavandi.....)</p>
--	--

## Lampiran 8

### Bukti Bukan Plagiasi

Turnitin Originality Report Document Viewer

Processed on: 16-Jan-2023 14:59 WIB  
ID: 1993483442  
Word Count: 11118  
Submitted: 1

ANALISIS KINERJA MESIN CNC TURNING SL-25 MORI...  
By Andri Widian

Similarity Index	Similarity by Source
9%	Internet Sources: 9% Publications: 0% Student Papers: 0%

include quoted include bibliography excluding matches < 2% mode: quickview (classic) report print refresh download

2% match (Internet from 13-Apr-2022) <a href="http://repository.polman-babel.ac.id">http://repository.polman-babel.ac.id</a>	✖
2% match (Internet from 28-Sep-2022) <a href="http://repository.polman-babel.ac.id">http://repository.polman-babel.ac.id</a>	✖
2% match (Internet from 28-Sep-2022) <a href="http://repository.polman-babel.ac.id">http://repository.polman-babel.ac.id</a>	✖
2% match (Internet from 19-Apr-2021) <a href="https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JI/article/download/1167/690/">https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JI/article/download/1167/690/</a>	✖



## Lampiran 9

### Bukti Publikasi



e-ISSN : XXXX-XXXX

**JITT :**

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

**SURAT KETERANGAN**  
Nomor : 008/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA  
TERHADAP PEMAKANAN KERING DAN BASAH  
TERHADAP MATERIAL BAJA AISI 1045 PADA PROSES  
PEMESINAN CNC BUBUT”**

Atas nama :

Penulis : MUHAMMAD VERDIAN, 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

## Lampiran 10

### Sertifikat Baja AISI 1045

**saarstahl**

Verkauf Neubulichen  
 Telp : +49 (0) 68 98 10 87 00  
 Fax : +49 (0) 68 98 10 97 01  
 E-Mail : [verkauf.neubulichen@saarstahl.com](mailto:verkauf.neubulichen@saarstahl.com)

Verkauf Burbach Draht  
 Telp : +49 (0) 68 98 10 80 00  
 Fax : +49 (0) 68 98 10 80 65  
 E-Mail : [verkauf.burbach@saarstahl.com](mailto:verkauf.burbach@saarstahl.com)

Verkauf Naunweiler  
 Telp : +49 (0) 68 98 10 42 00  
 Fax : +49 (0) 68 98 10 42 02  
 E-Mail : [verkauf.naunweiler@saarstahl.com](mailto:verkauf.naunweiler@saarstahl.com)

Verkauf Schmelze  
 Telp : +49 (0) 68 98 10 43 00  
 Fax : +49 (0) 68 98 10 40 15  
 E-Mail : [verkauf.schmelze@saarstahl.com](mailto:verkauf.schmelze@saarstahl.com)

**INSPECTION CERTIFICATE / ABNENM-BERICHT**

Inspection No : 0830726EDM  
 Order No : 51230-2288  
 Specification : 1.1045c  
 Customer : UMM CO.LTD

Charge No	Size	Length	Quantity	Mass	Spec	Chemische Analyse ( Schmelze )									
						C	Mn	Cr	Ni	Mn	Si	P	S		
A92298	30	6000	100	121	Result	0.40-0.50		0.2	0.2		0.50-0.100	0.15-0.40			
Hardness						Disturb									
Hardenability ( End Quenching Methode )						Grain Size									
Distance															
Spec :															
Result															
Tensile Test		Bend Test		Hardness Supplied		Impact Test				Dilatometric test : Good No Repair Welding Micro Structure : Good Free From Mercury Contamination					
Spec :	YP	TS	EL	RA	HB										
Result	0.20%	(%)	(%)	(%)											

Handwritten notes: 150, 100, 1000

