

**OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK
NABATI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
BAJA AISI 1045 PADA PROSES BUBUT CNC
MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

PROYEK AKHIR

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



Dibuat Oleh :

Ander Farhan

NIM : 1042004

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2023/2024**

**OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK
NABATI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
BAJA AISI 1045 PADA PROSES BUBUT CNC
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Ander Farehan

NIM : 1042004

**POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2023/2024**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK NABATI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045 PADA PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

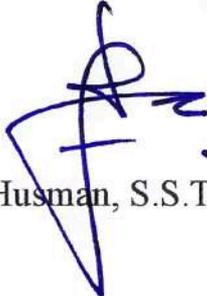
Oleh:

Ander Farehan/1042004

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Novitasari, M.Pd.

Penguji 1



Erwansyah, S.S.T., M.T.

Penguji 2



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

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ander Farehan NIRM: 1042004

Dengan Judul : **OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK NABATI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045 PADA PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

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, 23 Januari 2024

Mahasiswa



Ander Farehan

ABSTRAK

Seiring dengan permintaan pelanggan, industri manufaktur harus meningkatkan kualitas produknya. Selain kualitas produk, pertimbangan lingkungan, keselamatan, serta kesehatan dan kesejahteraan juga memiliki dampak yang signifikan terhadap bisnis manufaktur. Salah satu produk dari industri manufaktur adalah poros yang mana didalam pembuatannya beracuan pada tingkat kekasaran permukaan. Untuk meminimalkan kekasaran permukaan benda kerja sebagai hasil pemesinan bubut CNC dapat digunakan cairan pendingin. Salah satunya adalah menggunakan cairan pendingin dari minyak nabati. Minyak nabati dikenal sebagai media pendingin yang dapat diterima secara ekologis dan aman untuk digunakan dalam operasi manufaktur. Sehingga dilakukanlah penelitian untuk menentukan nilai kekasaran permukaan benda kerja (baja AISI 1045) dengan menggunakan 2 jenis minyak nabati sebagai media pendingin (minyak kelapa dan minyak sawit). Desain eksperimental taguchi digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan cairan pendingin minyak sawit sebesar $1.614 \mu\text{m}$, dan minyak kelapa sebesar $1.554 \mu\text{m}$. Jenis pendingin minyak kelapa dapat mengoptimalkan nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 minimum dengan nilai $1.554 \mu\text{m}$ pada kecepatan potong sebesar 1273 rpm, kedalaman potong sebesar 0,50 mm, dan gerak potong sebesar 0,16 mm/put.

Kata Kunci: AISI 1045; CNC; Kekasaran Permukaan, Taguchi

ABSTRACT

Along with customer demand, the manufacturing industry must improve the quality of its products. In addition to product quality, environmental, safety, and health and welfare considerations also have a significant impact on the manufacturing business. One of the products of the manufacturing industry is a shaft which in its manufacture refers to the level of surface roughness. To minimize the surface roughness of the workpiece as a result of CNC lathe machining, coolant can be used. One of them is using coolant from vegetable oil. Vegetable oil is known as an ecologically acceptable and safe cooling medium for use in manufacturing operations. So a study was conducted to determine the surface roughness value of the workpiece (AISI 1045 steel) using 2 types of vegetable oil as a cooling medium (coconut oil and palm oil). Taguchi experimental design was used in this study. Based on the measurement results, the surface roughness value of AISI 1045 steel with palm oil coolant is 1.614 μm , and coconut oil is 1.554 μm . The coconut oil coolant type can optimize the minimum AISI 1045 steel surface roughness value with a value of 1,554 μm at a cutting speed of 1273 rpm, a depth of cut of 0.50 mm, and a cutting motion of 0.16 mm/put.

Keywords: AISI 1045; CNC; Surface roughness; Taguchi

KATA PENGANTAR

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 **“Optimasi Variasi Media Pendingin Dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi”**.

Penulisan laporan akhir ini juga merupakan syarat untuk menyelesaikan Studi Sarjana Terapan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan arahan serta membimbing penulis yaitu:

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.Eng. 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 Husman, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama laporan akhir saya, yang telah bersedia untuk menyediakan waktu dan tenaga dalam proses pembimbingan laporan akhir ini sehingga dapat terselesaikan.
6. Ibu Novitasari, M.Pd. selaku dosen pembimbing pendamping 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, yang tidak bisa

saya ucapkan satu persatu.

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.

Sungailiat, 23 Januari 2024

Penulis,



Ander Farehan

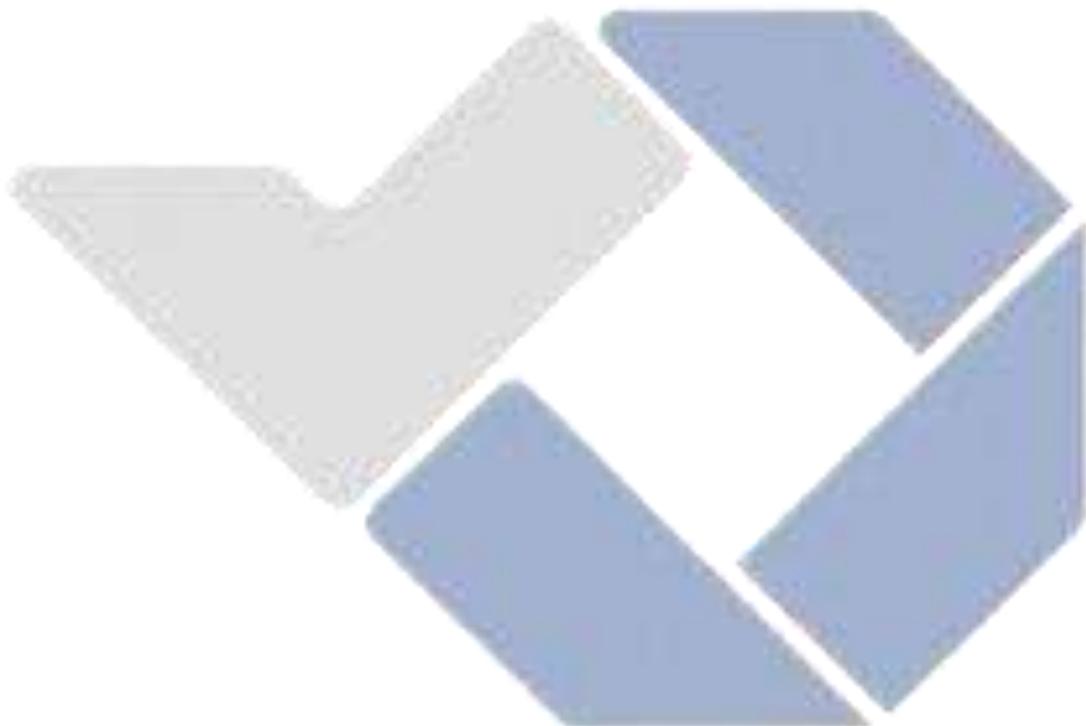
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Baja AISI 1045	4
2.2.1. Definisi Baja AISI 1045	4
2.2.2. Sifat Mekanik Baja AISI 1045	5
2.2.3. Unsur Baja AISI 1045	5
2.2.4. Penggunaan Baja AISI 1045	6
2.3. Mesin Bubut CNC	6
2.3.1. Pengertian Mesin Bubut CNC	6
2.3.2. Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC	6
2.3.3. Bagian-Bagian Utama Mesin CNC Bubut	7
2.3.4. Pemrograman CNC Bubut	10
2.3.5. Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC	13
2.4. Kekasaran Permukaan	15
2.5. Cairan Pendingin	19
2.5.1. Metode Penggunaan Cairan Pendingin	20

2.5.2.	Jenis-jenis Cairan Pendingin	20
2.5.3.	Penggunaan Minyak Nabati sebagai Cairan pendingin	22
2.5.4.	Kuntungan Penggunaan Minyak Nabati	22
2.6.	Metode Taguchi	23
2.6.1.	Pengertian Metode Taguchi	23
2.6.2.	Langkah-Langkah Metode Taguchi	23
2.6.3.	Tahapan Desain Eksperimen Taguchi	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		31
3.1.	Tahap Penelitian	31
3.2.	Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3.1.	Alat Penelitian	33
3.3.2.	Bahan Penelitian.....	36
3.4.	Parameter Penelitian	37
3.4.1.	Parameter Bebas	37
3.4.2.	Parameter Tetap	38
3.4.3.	Respon.....	38
3.4.4.	Noise	39
3.5.	Pemilihan Matriks Ortogonal	39
3.6.	Proses Pemesinan	40
3.7.	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	47
3.8.	Kerangka Data Hasil Percobaan.....	47
3.9.	Metode Analisis.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1.	Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	50
4.2.	Analisis Varian Taguchi	51
4.2.1.	Perhitungan Rata-rata Terhadap Respon Menggunakan Software ..	51
4.2.2.	Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon	54
4.2.3.	Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon	55
4.2.4.	Perhitungan Langsung Nilai Rasio S/N Terhadap Respon	57
4.3.	Uji Normalitas Data Kekasaran.....	59
4.4.	Analisis Varian Rata-rata	60
4.4.1.	Jumlah Kuadrat (Sum of Square) Kedalaman Potong	60

4.4.2.	Rata-rata Kuadrat (Mean Square) Kedalaman Potong.....	60
4.4.3.	Jumlah Kuadrat (Sum of Square) Gerak Potong.....	60
4.4.4.	Rata-rata Kuadrat (Mean Square) Gerak Potong	61
4.4.5.	Jumlah Kuadrat (Sum of Square) Jenis Pendingin.....	61
4.4.6.	Rata-rata Kuadrat (Mean Square) Jenis Pendingin	61
4.4.7.	Jumlah Kuadrat Total	62
4.4.8.	Jumlah Kuadrat Rata-rata.....	62
4.4.9.	Jumlah Kuadrat Error	62
4.4.10.	Jumlah Residual Error	62
4.5.	Analisis Varian Rasio S/N.....	63
4.5.1.	Jumlah Kuadrat Rasio S/N Kedalaman Potong	63
4.5.2.	Rata-rata Kuadrat Rasio S/N Kedalaman Potong	64
4.5.3.	Jumlah Kuadrat Rasio S/N Gerak Potong.....	64
4.5.4.	Rata-rata Kuadrat Rasio S/N Gerak Potong.....	64
4.5.5.	Jumlah Kuadrat Rasio S/N Jenis Pendingin.....	64
4.5.6.	Rata-rata Kuadrat Rasio S/N Jenis Pendingin.....	65
4.6.	Persen Kontribusi Rata-rata Kekasaran Permukaan.....	66
BAB V PENUTUP.....		68
5.1.	Kesimpulan.....	68
5.2.	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
Lampiran 1		72
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		72
Lampiran 2		73
Hasil Pengukuran		73
Lampiran 3		75
Dokumentasi Penelitian		75
Lampiran 4		86
F Tabel		86
Lampiran 5		87
Form Bimbingan Proyek Akhir.....		87
Lampiran 6		89

Form Monitoring.....	89
Lampiran 7	92
Bukti Bukan Plagiasi.....	92
Lampiran 8	93
Bukti Publikasi	93
Lampiran 9	94
Sertifikat Baja AISI 1045.....	94



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beberapa Sifat Mekanik yang Terdapat pada Baja AISI 1045	5
Tabel 2. 2 Unsur yang terdapat pada baja AISI 1045	5
Tabel 2. 3 Kode G pada Mesin Bubut CNC.....	11
Tabel 2. 4 Kode M pada Mesin Bubut CNC.....	13
Tabel 2. 5 Standarisasi simbol nilai kekasaran	18
Tabel 2. 6 Standar Kekasaran Permukaan Berdasarkan Proses Pengerjaan	18
Tabel 2. 7 Level-level matriks ortogonal	26
Tabel 3. 1 Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210.....	35
Tabel 3. 2 Parameter Bebas dan Level.....	38
Tabel 3. 3 Parameter tetap dan Nilai.....	38
Tabel 3. 4 Total derajat kebebasan parameter bebas.....	39
Tabel 3. 5 Rancangan eksperimen berdasarkan matriks ortogonal $L_8 (2^7)$	40
Tabel 3. 6 Alat Bantu Penelitian dan Fungsinya.....	42
Tabel 3. 7 Alat Pendukung Pengukuran Kekasaran Permukaan dan Fungsinya ..	45
Tabel 3. 8 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran	47
Tabel 4. 1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan	50
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	52
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Menggunakan Software Analysis ..	52
Tabel 4. 4 Respon Parameter Terhadap Rata-rata.....	53
Tabel 4. 5 Respon Rata-rata Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan.....	54
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Rasio S/N untuk Respon	55
Tabel 4. 7 Respon Rasio S/N Parameter terhadap Rata-rata.....	55
Tabel 4. 8 Respon Rasio S/N Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan ..	56
Tabel 4. 9 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Parameter	58
Tabel 4. 10 Analisis Varian Rata-rata	63
Tabel 4. 11 Hasil Analisis of Varians	65
Tabel 4. 12 Persen Kontribusi Rasio S/N	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sumbu utama koordinat X dan Y mesin bubut CNC	7
Gambar 2. 2 Bagian-bagian utama mesin bubut CNC	7
Gambar 2. 3 Metode Incremental	10
Gambar 2. 4 Metode Absolute	11
Gambar 2. 5 Profil kekasaran permukaan	16
Gambar 2. 6 Lebar gelombang dan lebar kekasaran	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3. 2 Mesin Bubut CNC MORI SEIKI SL-25	33
Gambar 3. 3 Pahat potong Insert Carbide	34
Gambar 3. 4 Spesifikasi Pahat Potong Insert Carbide	34
Gambar 3. 5 Surface Roughness Tester	35
Gambar 3. 6 Jangka Sorong dengan Ketelitian 0,05 mm.....	36
Gambar 3. 7 Material Baja AISI 1045 dan Ukurannya.....	36
Gambar 3. 8 Media Pendingin Minyak Sawit.....	37
Gambar 3. 9 Media Pendingin Minyak kelapa	37
Gambar 3. 10 Baja AISI 1045 diameter 30 mm.....	41
Gambar 3. 11 Obeng Plus	41
Gambar 3. 12 Spidol	41
Gambar 3. 13 Pompa Cairan Pendingin.....	41
Gambar 3. 14 Pelumas	41
Gambar 3. 15 Proses Pemasangan Benda Kerja	42
Gambar 3. 16 Proses Pemasangan Alat Potong	43
Gambar 3. 17 Program Pemesinan Sesuai Kombinasi.....	43
Gambar 3. 18 Benda kerja hasil proses pemesinan bubut CNC	44
Gambar 3. 19 V-block.....	44
Gambar 3. 20 Holder dial.....	44
Gambar 3. 21 Proses kalibrasi alat ukur.....	45
Gambar 3. 22 Setting ketinggian benda kerja dan alat ukur	46
Gambar 3. 23 Proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja	46

Gambar 3. 24 Titik Pengambilan Data Kekasaran Permukaan.....	47
Gambar 4. 1 Grafik Kekasaran Rata-rata untuk Masing-masing Level Parameter	53
Gambar 4. 2 Grafik Respon Rasio S/N untuk Setiap Level Parameter.....	56
Gambar 4. 3 Grafik Uji Normalitas Data	59



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	72
Lampiran 2 Hasil Pengukuran.....	73
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian.....	75
Lampiran 4 F Tabel.....	86
Lampiran 5 Form Bimbingan Proyek Akhir	87
Lampiran 6 Form Monitoring	89
Lampiran 7 Bukti Bukan Plagiasi	92
Lampiran 8 Bukti Publikasi	93
Lampiran 9 Sertifikat Baja AISI 1045	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mesin bubut CNC digunakan dalam sektor manufaktur untuk menghasilkan bagian mesin berbahan logam yang memiliki bentuk dasar bulat atau silindris, menggunakan proses pemesinan semi otomatis. Proses pembubutan CNC menggunakan salah satu alat untuk mengikis benda kerja yaitu pisau potong dimana pisau potong yang digunakan bisa diatur pergerakannya sesuai dengan bentuk komponen yang dibuat menggunakan program pada mesin CNC. Pisau potong yang berkecepatan tinggi diatur oleh mesin bubut CNC sehingga benda kerja dapat dipotong dan sisa benda potong bisa dikeluarkan. Kekasaran permukaan baja selaku benda kerja menjadi masalah utama yang memengaruhi kualitas benda kerja (Apreza S dkk, 2017). Dimensi produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan target dan menurunnya kualitas produk. Hal ini terjadi dikarenakan kekasaran permukaan benda kerja yang tinggi setelah diproduksi dengan mesin bubut CNC. Faktor penyebabnya adalah kondisi parameter proses yang digunakan di dalam mesin dari segi kecepatan potong, kecepatan makan, dan kedalaman potong (Rieldho, 2010). Oleh karena itu, ketiga kondisi ini menjadi parameter di dalam menentukan kekasaran material baja setelah dilakukan pembubutan.

Parameter lain yang berperan dalam mengurangi kekasaran permukaan pada proses bubut CNC adalah cairan pendingin. Cairan pendingin atau biasa disebut (dromus) dapat menurunkan panas dan mengurangi gaya gesek, sehingga memperpanjang masa pakai pahat potong serta dapat mengurangi tingkat kekasaran permukaan benda kerja (Rahmi dkk, 2022). Berdasarkan hasil observasi pada salah satu bengkel yang mengoperasikan mesin bubut, menginformasikan bahwa cairan pendingin yang biasa digunakan berupa campuran minyak oli dengan air. Kemudian hasil penelitian mengungkapkan bahwa penggunaan cairan pendingin berbahan oli dicampur air menghasilkan tingkat kekasaran permukaan terhadap baja yang berjenis AISI 1045 minimal 1,233 μm dengan parameter kecepatan

potong 1.273 RPM, kedalaman potong 1 mm, dan kecepatan makan 0,16 mm/put (Verdian, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh (Belluco, 2001) menginformasikan bahwa proses pemesinan yang cairan pendinginnya mengandung minyak kelapa memberikan hasil yang lebih baik daripada cairan pendingin konvensional. Minyak kelapa adalah salah satu jenis dari minyak nabati. Minyak kelapa merupakan cairan pendingin yang ramah lingkungan dan mudah terurai, serta berpotensi meminimalkan tingkat kekasaran permukaan. Selain itu, minyak kelapa juga mudah didapat, terbarukan, atau dapat diproduksi secara kontinu sehingga dapat digunakan sebagai cairan pendingin jangka panjang. Hal ini mengindikasikan bahwa minyak kelapa yang termasuk jenis minyak nabati dapat meningkatkan performa proses pemesinan.

Dalam studi ini, peneliti memanfaatkan dua varian minyak nabati, yaitu minyak kelapa dan minyak sawit, sebagai cairan pendingin dalam proses bubut CNC untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan. Penggunaan minyak kelapa dan minyak sawit sebagai cairan pendingin sudah diteliti oleh (Sri Hartini, 2019) pada proses pemesinan freis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak kelapa dan minyak sawit terbukti dapat bekerja sebagai bahan cairan pendingin yang digunakan dalam proses pemesinan. Namun belum pernah diteliti pada proses bubut CNC. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian tentang “Optimasi Variasi Media Pendingin Dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Aisi 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode *Taguchi*”.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dirancang dengan beberapa permasalahan yang dijadikan acuan pada penelitian. Beberapa permasalahan meliputi:

1. Bagaimana nilai kekasaran permukaan pada baja AISI 1045 hasil proses bubut CNC dengan menggunakan cairan pendingin minyak sawit dan minyak kelapa sebagai pembanding dengan cairan pendingin dromus?
2. Bagaimana pengaruh kedalaman potong, gerak potong, dan jenis pendingin minyak nabati terhadap kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan

kecepatan potong tetap?

3. Bagaimana variasi parameter proses pemesinan bubut CNC dengan benda kerja baja AISI 1045 dapat dioptimalkan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan minimum pada kecepatan potong tetap?

1.3. Tujuan Penelitian

Dengan merujuk pada rumusan masalah dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan pada baja AISI 1045 hasil proses bubut CNC dengan menggunakan cairan pendingin minyak sawit dan minyak kelapa untuk dibandingkan dengan cairan pendingin dromus.
2. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman potong, gerak potong, dan jenis pendingin minyak nabati terhadap kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan kecepatan potong tetap.
3. Untuk mengetahui variasi parameter proses pemesinan bubut CNC dengan benda kerja baja AISI 1045 yang dapat menghasilkan kekasaran permukaan minimum.

1.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah berikut adalah untuk menjaga agar penelitian ini tetap fokus dan sesuai dengan tujuan awalnya, yaitu mengumpulkan data dan fakta yang diperlukan.

1. Benda kerja yang digunakan untuk proses bubut CNC yaitu baja AISI 1045 dengan diameter 30 mm dan panjang 50 mm.
2. CNC MORI SEIKI SL-25 adalah mesin bubut yang digunakan pada penelitian.
3. Pahat *Insert Carbide* dengan kode CNMG120408-MA adalah pahat potong yang digunakan pada penelitian.
4. Parameter proses yang digunakan antara lain kedalaman potong, gerak potong, dan jenis pendingin.
5. Cairan pendingin yang digunakan adalah minyak kelapa dan minyak sawit
6. Kecepatan potong tetap sebesar 1.273 RPM.
7. Metode penelitian menggunakan taguchi.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada proses pemesinan bubut CNC penurunan variabilitas respon, kecepatan potong memiliki pengaruh yang paling besar yaitu 36,50%, kontribusi kedalaman indentasi adalah 16,28%. dan gerak potong dengan kontribusi terendah yaitu - 12,45%. Untuk mencapai tingkat kekasaran permukaan minimum, pada pemesinan MORI SEIKI SL-25 CNC menggunakan kecepatan potong 150 meter per menit, kedalaman pemakanan 0,40 milimeter, gerakan pemakanan 0,35 mm per revolusi. (Rahmat dkk, 2021).

Penelitian mengenai kekasaran permukaan selanjutnya dilakukan oleh Rizllah, (2022) dengan parameter variabel antara lain kecepatan spindle (RPM) dan feed. Material benda kerja berupa baja AISI 1045 dan hasilnya dianalisis menggunakan metode taguchi. Nilai kekasaran optimal diperoleh melalui kombinasi parameter, yaitu kecepatan spindle sebesar 1645 rpm dan kecepatan pemakanan 0,18 mm per revolusi. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Irawan, 2015) yang meneliti tentang cairan pendingin minyak kelapa terhadap pemesinan CNC tu-2a. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa proses pemesinan dengan pendinginan minyak kelapa terbukti lebih baik dibandingkan dengan pemesinan tanpa pendingin.

2.2. Baja AISI 1045

2.2.1. Definisi Baja AISI 1045

AISI merupakan singkatan dari American Iron and Steel Institute, yang merupakan standar untuk baja. Dengan kandungan karbon sebesar 0,43-0,50%, baja AISI 1045 termasuk dalam kategori baja karbon menengah. Dalam standar baja berbasis AISI, terdapat penomoran dengan 4 atau 5 digit yang mengidentifikasi karakteristik khusus baja tersebut (Rifnaldi, 2019). Penomoran 1045 memiliki makna khusus, di mana digit 10 mengindikasikan bahwa baja tersebut termasuk dalam kategori baja karbon atau baja karbon murni, sementara digit 45

menunjukkan bahwa kandungan karbon dalam baja tersebut adalah 0,45% (Pramono, 2011). Dari segi sifat dan karakteristiknya, baja AISI dapat diklasifikasikan sebagai baja yang sangat baik, menampilkan sifat mekanik, kemampuan las, kemampuan proses pemesian, ketahanan aus, dan kekerasan yang unggul.

2.2.2. Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Berdasarkan standar ASTM A 827-85, sifat mekanik baja AISI 1045 dapat ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Beberapa Sifat Mekanik yang Terdapat pada Baja AISI 1045

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

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

2.2.3. Unsur Baja AISI 1045

Berdasarkan standar ASTM A 827-85 baja AISI 1045 memiliki kandungan unsur yang ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Unsur yang terdapat pada baja AISI 1045

Unsur	%	Sifat Mekanik Lainnya
Karbon	0,42-0,50	Kekuatan tarik
Mangan	0,60-0,90	Kekuatan luluh
Sulfur	Maks. 0,035	Perpanjangan
Fosfor	Maks. 0,040	Pengurangan area
Silicon	0,15-0,40	Kekerasan

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

2.2.4. Penggunaan Baja AISI 1045

Bahan utama yang dipakai dalam pembuatan suku cadang dan bagian-bagian mesin seperti, bantalan, poros, batang penghubung piston, roda gigi dan rantai sering kali menggunakan baja AISI 1045. Berikut ini adalah tujuan dari suku cadang mesin baja AISI 1045:

1. Roda gigi adalah bagian yang membantu memindahkan tenaga ke depan atau mentransmisikan tenaga.
2. Batang penghubung piston memindahkan daya.
3. Daya rotasi dipindahkan oleh rantai, karena diperlukan agar komponen dapat berfungsi, baja AISI harus memiliki ketahanan aus yang kuat agar dapat bertahan dari keausan yang diakibatkan oleh gesekan pada komponen.

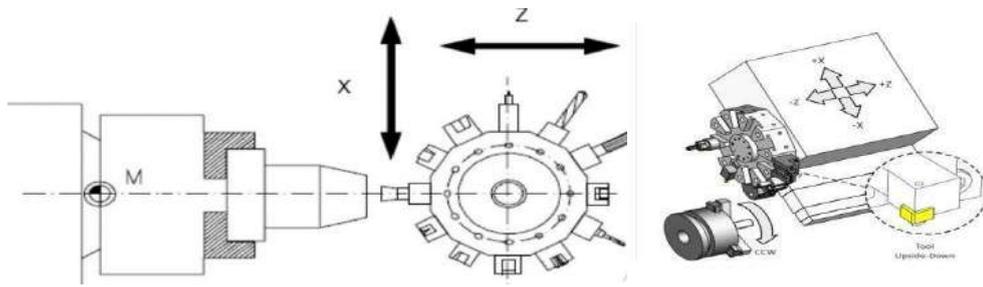
2.3. Mesin Bubut CNC

2.3.1. Pengertian Mesin Bubut CNC

CNC (*Computer Numerical Control*) merupakan suatu sistem yang beroperasi secara langsung dengan bantuan program yang dikendalikan oleh komputer. Sinkronisasi penting saat membangun mesin CNC dan sistem kerjanya komputer dan mekanik. Manfaatnya melibatkan tingkat akurasi, ketepatan, fleksibilitas, dan kemampuan produksi yang lebih unggul. Dengan demikian, mesin bubut CNC adalah jenis pemesinan yang dikontrol melalui komputer menggunakan instruksi gerak numerik, yang menggunakan angka dan huruf untuk melakukan pemotongan atau pengikisan pada benda kerja yang sedang berputar.

2.3.2. Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Prinsip kerja mesin bubut CNC yang beroperasi hampir mirip dengan mesin bubut manual. Gerakan mendasarnya adalah benda kerja yang bergerak dan alat potong yang tidak bergerak bergerak pada arah melintang dan horizontal dengan koordinat X dan Z. Gerakan pada sumbu Z memanjang sejajar dengan sumbu putar, sedangkan gerakan pada sumbu X melintang tegak lurus dengan sumbu putar. Koordinat untuk mesin bubut CNC ditampilkan pada Gambar 2.1.



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

Sumber : (Arifin, 2017)

Pada mesin bubut, sumbu X adalah sumbu yang arah positifnya jauh dari sumbu spindel dan tegak lurus terhadapnya. Diameter benda kerja adalah sumbu X-nya. Di sisi lain, sumbu Z pada mesin bubut adalah sumbu yang sejajar terhadap sumbu spindel dan mengarah ke arah positif atau menjauhi kepala tetap. Panjang benda kerja diukur disepanjang sumbu Z. Titik nol benda kerja berada di ujung sebelah kanan benda kerja ketika menggunakan koordinat benda kerja atau sistem koordinat benda kerja, yang digunakan oleh perangkat lunak CNC.

2.3.3. Bagian-Bagian Utama Mesin CNC Bubut



Gambar 2. 2 Bagian-bagian utama mesin bubut CNC

Sumber: (Furqoni, 2022)

1. Kepala Tetap

Bagian ini adalah tempat gripper (pencekam) dipasang dan berfungsi untuk menopang spindel utama. Tujuan dari beberapa konfigurasi roda gigi di dalam kepala tetap adalah untuk mengubah kecepatan putaran mesin. Pemrosesan yang lebih produktif dapat dicapai dengan putaran mesin yang tepat.

2. Spindel

Sistem gabungan poros dan sistem penggerak poros membentuk spindel utama. Mesin bubut memiliki sumbu utama yang berada di tengah. Sumbu utama mempunyai tujuan serupa dengan titik pusat, dimana semakin besar diameter lingkaran yang dihasilkan, semakin jauh garis lingkaran dari titik pusat. Untuk hasil yang diperlukan, benda kerja harus disejajarkan dengan garis sumbu utama.

3. Spindel Tambahan

Spindel tambahan pada mesin CNC membantu kinerja mesin dengan melakukan sinkronisasi dengan spindel utama, sehingga meningkatkan efisiensi siklus kerja.

4. *Bed* Mesin

Toolpost dapat bergerak baik secara horizontal maupun vertikal diatas *bed* mesin, ditopang oleh *bed* mesin itu sendiri. Karena alas mesin terbuat dari baja yang dikeraskan, maka tidak diragukan lagi tahan terhadap deformasi dan goresan.

5. Cekam

Bagian ini berfungsi untuk memegang atau mencengkram benda kerja selama proses pemesinan. Cekam tersebut terpasang pada spindle utama, dan ketika spindle utama berputar, cekam ikut berputar.

6. Jalur Langsung (*Guide Way*)

Guide way adalah poros yang digunakan untuk mengumpankan benda kerja sambil menggerakkan alat potong baik secara vertikal maupun horizontal.

7. *Tailstock* / Kepala Pelepas

Komponen ini menjaga benda kerja tetap stabil selama proses pemotongan dengan cara menopang dan meningkatkan cengkraman. *Tailstock* adalah alat yang sangat membantu saat mengerjakan benda kerja dengan ukuran lebih panjang.

8. *Tailstock Quill*

Tailstock quill dapat menggerakkan *tailstock* dengan cara memanfaatkan tekanan pneumatik maupun hidrolik.

9. *Tool Turret*

Tool turret merupakan bagian yang berfungsi untuk menempatkan mata potong dengan jenis yang beragam. Dengan keberadaan *tool turret*, operator bisa melakukan proses pengerjaan pada benda kerja dengan cepat dan lebih mudah. Alat potong dapat langsung diubah tanpa harus membongkar atau memasang secara berulang.

10. *Foot Switch / Foot Pedals*

Foot switch berperan dalam mengontrol *chuck* dan *tailstock quill*.

11. Panel untuk Kontrol CNC

Perangkat lunak pemrosesan benda kerja dikonfigurasi pada panel kontrol ini, yang berfungsi sebagai otak utama CNC. Melalui panel kontrol, operator tidak hanya mengontrol mesin, tetapi juga dapat memodifikasi dan mengganti perangkat lunak. Konektor USB pada panel juga dapat digunakan untuk mentransfer perangkat lunak.

12. Penutup Mesin

Selama proses pemesinan, penutup mesin membantu menutup dan melindungi operasi sehingga gangguan eksternal dapat dihindari.

13. Pintu Mesin

Bermanfaat untuk mencegah serpihan pemotongan dan benda kerja yang lepas agar tidak terbang ke jalur operator selama operasi pemesinan. Saat operasi pemesinan sedang berlangsung, pintu mesin harus selalu ditutup.

14. Lampu

Dalam kondisi ruang pemesinan yang gelap selama proses pemesinan tertutup sedang berlangsung, lampu penerangan berperan membantu operator untuk melihat dengan jelas pekerjaan yang sedang dilakukan.

15. Tombol Darurat

Berfungsi jika terjadi keadaan darurat. Menekan tombol ini akan langsung menghentikan operasi mesin dan mengurangi bahaya yang mungkin terjadi.

2.3.4. Pemrograman CNC Bubut

Proses memasukkan data ke dalam komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman yang tepat disebut pemrograman. Data numerik-huruf dan angka telah dimasukkan. Alat CNC beroperasi sesuai dengan arahan pemrograman setelah program dimasukkan.

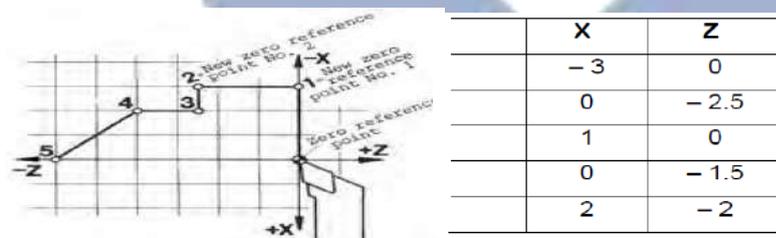
1. Metode untuk Pemrograman

Dua kategori teknik pemrograman CNC adalah sebagai berikut:

a. Pendekatan *Incremental*

Dengan teknik *incremental*, titik akhir operasi pahat berfungsi sebagai titik referensi untuk instruksi program berikutnya. Titik awal pada sistem selalu bergeser dalam kaitannya pada titik terakhir, yang juga berfungsi sebagai titik awal untuk lintasan berikutnya.

Karena titik akhir metode ini sama dengan referensi program berikutnya, metode ini memiliki keuntungan untuk memudahkan pembuatan program. Kekurangannya adalah, setiap perubahan yang dilakukan pada satu program atau titik akan mempengaruhi yang lainnya. Berikut ini adalah ilustrasi pemrograman *incremental* pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Metode *Incremental*

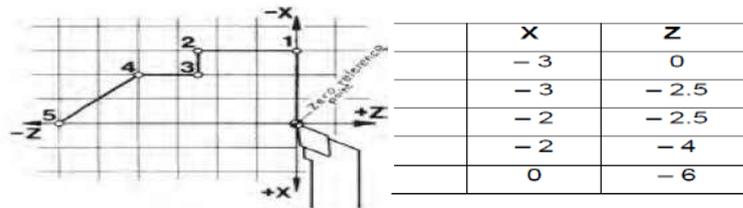
Sumber: (Worlds, 2019)

b. Metode *Absolute*

Sistem yang mendasarkan arahan geraknya pada satu titik referensi dikenal sebagai metode absolut. Titik nol, juga dikenal sebagai titik datum, adalah titik awal. Titik nol bisa diposisikan pada sudut benda kerja atau pada bagian luar benda. Lebih baik menggunakan alat bantu pemasangan untuk memastikan penempatan titik nol yang lebih akurat.

Strategi ini memiliki manfaat untuk menjaga titik-titik lain tetap pada

tempatya jika satu program dimodifikasi. Titik referensi utama adalah pada posisi nol, yang membuat program sedikit lebih sulit untuk dibuat. Berikut ini adalah contoh pemrograman absolut pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Metode Absolute

Sumber: (Worlds, 2019)

2. Bahasa untuk Pemrograman

Bahasa pemrograman merupakan sekumpulan instruksi dalam bentuk simbol, angka, dan huruf. Perangkat komputer MCU (*Machine Control Unit*) terletak di dalam mesin perkakas CNC, dan bertanggung jawab untuk mendeteksi bahasa dalam bentuk kode menjadi pola gerakan berdasarkan geometri benda kerja (Widarto, 2008).

Agar kode bisa dibaca, kode-kode tersebut harus digunakan berdasarkan pedoman yang telah ditetapkan dari industri manufaktur mesin CNC. Kode G dan M adalah kode yang paling sering digunakan.

Beberapa bahasa kode G yang sering digunakan ditunjukkan di bawah ini pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kode G pada Mesin Bubut CNC

Kode G	Kegunaan
G00	Instruksi gerakan pemotongan cepat atau tanpa pemotongan.
G01	instruksi untuk gerakan pemotongan lurus.
G02	Perintah untuk gerakan pemotongan melingkar searah jarum jam
G03	Instruksi gerakan pemotongan melingkar dengan arah berlawanan arah jarum jam mengharuskan pergerakan alat pemotong berputar melingkar mengikuti arah yang berlawanan dengan arah jarum jam pada benda kerja.
G04	Instruksi untuk berhenti bergerak sementara dapat dinyatakan dengan perintah “berhenti sementara” atau “jeda”.

- G40** Menghilangkan kompensasi radius dapat diartikan sebagai proses atau perintah untuk mengembalikan sistem atau mesin pada kondisi di mana radius kompensasi tidak lagi diperhitungkan atau tidak ada.
- G41** Dalam konteks proses bubut diameter dalam, ini mungkin merujuk pada kegiatan memperkecil atau membentuk diameter bagian dalam dari suatu benda kerja menggunakan mesin bubut. Proses ini dilakukan dengan memanipulasi alat pemotong pada mesin bubut untuk mencapai ukuran dan dimensi yang diinginkan pada bagian dalam benda kerja.
- G42** Proses bubut diameter luar merujuk pada kegiatan mengubah atau membentuk diameter bagian luar dari suatu benda kerja menggunakan mesin bubut. Dalam konteks ini, mesin bubut akan menggerakkan alat pemotongnya untuk mengurangi material dan membentuk benda kerja sehingga mencapai diameter luar yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
- G54** Menunjukkan aktivasi titik nol benda kerja dapat merujuk pada proses mengidentifikasi dan mengaktifkan posisi awal atau titik nol pada benda kerja.
- G70** menyelesaikan perintah pada proses pembubutan.
- G71** Instruksi pemotongan berulang secara otonom mengacu pada perintah atau program yang memungkinkan mesin atau sistem otomatis untuk menjalankan serangkaian operasi pemotongan secara berulang.
- G90** Pemrograman lengkap atau absolute merujuk pada metode pemrograman dalam pengaturan mesin CNC (Computer Numerical Control) di mana koordinat yang digunakan adalah nilai absolut.
- G91** Pemrograman secara bertahap atau incremental adalah metode pemrograman dalam pengaturan mesin CNC (Computer Numerical Control) di mana pergerakan alat pemotong diukur relatif terhadap posisi sebelumnya.
- G92** Untuk membuat ulir pada proses bubut CNC.

G96	Menghitung kecepatan potong pada proses pemesinan bubut CNC.
G97	Mengimbangi kecepatan potong secara konstan.

Beberapa bahasa kode M yang sering digunakan ditunjukkan di bawah ini pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kode M pada Mesin Bubut CNC

Kode M	Kegunaan
M02	Digunakan untuk menghentikan program. Ini adalah perintah akhir yang menandakan akhir dari program CNC.
M03	Digunakan untuk menyalakan spindle (poros utama) searah jarum jam. Selain menyalakan spindle, M03 juga biasanya diikuti oleh parameter kecepatan putar spindle.
M04	Digunakan untuk memutar spindle (poros utama) berlawanan arah jarum jam. Seperti halnya M03, M04 juga sering diikuti oleh parameter kecepatan putar spindle.
M05	Digunakan untuk mematikan spindle (poros utama). Ini adalah perintah untuk menghentikan putaran spindle setelah sebelumnya diaktifkan dengan perintah M03 atau M04.
M08	Untuk mengaktifkan cairan pendingin pada mesin CNC.
M09	Untuk menonaktifkan cairan pendingin pada mesin CNC.
M30	Untuk mengakhiri program dan mengembalikan posisi ujung pahat kembali ke titik awal atau titik referensi.

2.3.5. Parameter Pengoperasian Mesin Bubut CNC

Saat menggunakan mesin bubut CNC, faktor-faktor berikut ini harus dipertimbangkan:

1. Kapasitas alat pemotong untuk melakukan pemotongan benda kerja dalam satuan panjang per menit, atau dalam hubungan antara panjang dan waktu, disebut sebagai kecepatan potong. Faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan potong melibatkan jenis alat potong yang dipakai dan sifat dari benda kerja yang akan dipotong. Beberapa variabel yang memainkan peran dalam

menentukan kecepatan potong mencakup:

a. Material benda kerja

Nilai kecepatan potong akan tergantung pada seberapa kuat materialnya. Kekuatan material yang lebih tinggi dapat menimbulkan harga kecepatan potong yang lebih rendah, sedangkan kekuatan material yang lebih rendah akan menimbulkan nilai kecepatan potong yang lebih tinggi.

b. Jenis alat potong

Nilai kecepatan potong meningkat dengan daya jenis alat potong yang tinggi.

c. Kedalaman potongan

Potongan yang lebih tebal akan menghasilkan kecepatan potong yang lebih kecil.

d. Kecepatan pemotongan

Nilai sayatan yang lebih tinggi berarti nilai kecepatan potong yang lebih rendah. Rumus menghitung kecepatan potong ditampilkan pada persamaan 2.1.

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

Keterangan:

V_c = Kecepatan potong dalam satuan meter per menit (m/menit)

D = Diameter benda kerja dalam satuan milimeter (mm)

n = Kecepatan putaran *spindle* dalam satuan putaran per menit (rpm)

π = 3,14

2. Kedalaman Pemotongan (*Depth of cut*)

Menurut Wijanarka, (2016), Kedalaman potong mengacu pada seberapa dalam benda kerja telah dipotong atau seberapa jauh permukaan benda kerja yang telah dipotong dari permukaan yang belum dipotong. Dalam konteks mesin perkakas atau proses pemotongan, kedalaman potong dapat diukur dari permukaan benda kerja hingga ujung atau dasar pemotongan yang dicapai oleh alat pemotong. Kedalaman potong ini adalah salah satu parameter penting yang dikendalikan untuk mencapai hasil pemotongan yang diinginkan, dan nilai optimalnya dapat bervariasi tergantung pada jenis material benda kerja, jenis alat potong, dan kondisi pemotongan lainnya. Rumus yang digunakan untuk

menentukan kedalaman potong adalah:

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

Dimana:

a = Kedalaman potong dalam satuan milimeter (mm)

d_0 = Diameter awal dalam satuan milimeter (mm)

d_m = Diameter akhir dalam satuan milimeter (mm)

3. Kecepatan Pemakanan (*Feeding rate*)

Kecepatan pemakanan merupakan besaran yang mengukur jarak yang dilalui oleh mata potong atau benda kerja dalam satuan mm/menit atau feet/menit. Dalam rumus umumnya, kecepatan pemakanan (F) dapat dihitung sebagai hasil dari perkalian antara kecepatan putar benda kerja (n) dengan kecepatan maju alat potong (f) (Widarto, 2008).

Rumus kecepatan pemakanan:

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

Dimana:

Vf = Kecepatan pemakanan (mm/menit atau feet/menit)

n = Kecepatan putaran benda kerja atau *spindle* dalam satuan putaran per menit (rpm)

f = Kecepatan maju alat potong atau gerak makan (mm/rev)

2.4. Kekasaran Permukaan

Penyimpangan aritmatika adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan (Cahyo et al., 2021). Sejumlah elemen mempengaruhi nilai kekasaran permukaan, termasuk ukuran pahat, kombinasi parameter pemotongan, geometri, kondisi material, dan kerusakan atau cacat alur geram (Sunyapa, 2016). Kekasaran permukaan dan akurasi dimensi objek kerja memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas produk (presisi). Kedua elemen ini menentukan hasil pembubutan yang baik. Kekasaran permukaan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan permukaan yang meninggalkan

tanda atau goresan. Profil kekasaran permukaan yang mengikuti:

1. Profil Geometris yang Ideal

Profil ini terdiri dari garis-garis lengkung, lurus, dan bulat. Profil geometris yang ideal merupakan profil permukaan yang tepat.

2. Profil Referensi

Profil ini digunakan untuk analisis karakteristik permukaan. Meskipun bentuk profilnya sama dengan profil geometri ideal, namun profil ini mengacu pada puncak terbesar dari panjang sampel pengukuran dalam profil.

3. Profil yang Dinilai

Permukaan yang menjalani prosedur pengukuran menghasilkan profil ini.

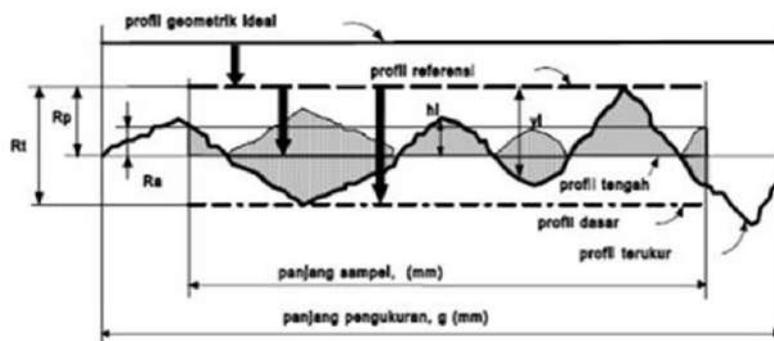
4. Profil Dasar

Pada posisi terendah dari profil yang diukur, profil referensi yang dikenal sebagai profil dasar didorong ke bawah.

5. Profil tengah (*Centre Profile*)

Agar luas total bagian atas dan bawah profil tengah hingga profil yang diukur sama satu sama lain, profil tengah diposisikan di tengah. Profil geometri yang membagi luas penampang permukaan menjadi bagian atas dan bawah yang sama, memiliki profil tengah yang diposisikan tegak lurus terhadapnya (Rochim, 2001).

Profil kekasaran permukaan ditunjukkan sebagai berikut pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Profil kekasaran permukaan

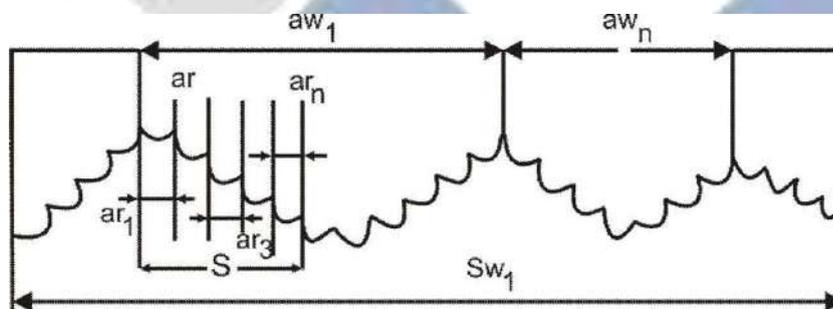
Sumber: (Saputro, 2010)

Dua arah-arrah melintang dan arah tegak lurus digunakan untuk mengkategorikan berbagai atribut permukaan yang terkait dengan dimensi. Berikut

ini adalah beberapa panduan untuk arah tegak:

- Kekasaran total R_t (μm) adalah batas antara profil referensi (acuan) dan profil alas.
- R_p (μm) merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dan profil yang diukur, atau kekasaran peralatan.
- R_a (μm) adalah nilai rata-rata aritmatik dari nilai absolut jarak antara profil yang diukur dengan profil tengah, dikenal sebagai kekasaran rata-rata aritmatik R_a .
- R_g (μm) merupakan akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil yang diukur dan profil tengah, atau kekasaran rata-rata kuadrat.
- Kekasaran total rata-rata R_z (μm) adalah selisih antara profil yang diukur pada lima puncak tertinggi dan profil dasar, yang kemudian dibagi dengan selisih rata-rata antara profil yang diukur pada lima lembah terendah dan profil dasar.

Parameter arah mendatar lebar gelombang dan lebar kekasaran permukaan ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Lebar gelombang dan lebar kekasaran

Sumber: (Munandi, 2017)

- A_w (*Waviness Width*) Lebar Gelombang

Lebar gelombang adalah jarak rata-rata aritmatik dari seluruh jarak aw_1 , di mana aw_1 berada di sepanjang sampel pengukuran sw dan di antara dua puncak gelombang dalam profil yang diukur.

- Lebar Kekasaran, A_r (*Roughness Width*)

Lebar kekasaran, diukur di antara dua puncak kekasaran pada profil yang diukur dan sepanjang sampel pengukuran s , didefinisikan sebagai jarak rata-rata aritmatik dari seluruh jarak ar_1 .

Nilai kekasaran permukaan aritmatik yang dikenal sebagai Roughness Average (Ra) diwakili oleh angka pada simbol kekasaran. ISO telah membagi nilai deviasi rata-rata aritmatik ke dalam 12 kategori kekasaran. Kekasaran disimbolkan menggunakan N1 sampai N12 yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Standarisasi simbol nilai kekasaran

Kekasaran Ra (μm)	Tingkat kekasaran	Panjang <i>sample</i> (mm)
50	N12	8
25	N11	
12.5	N10	2.5
6.3	N9	
3.2	N8	0.8
1.6	N7	
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	0.25
0.1	N3	
0.05	N2	
0.025	N1	0.08

Sumber: (Rochim, 2001)

Kekasaran permukaan rata-rata yang distandarkan dari benda yang dilakukan proses pemesinan bubut (pembubutan) dapat diamati pada Tabel 2.6 di bawah ini untuk mengidentifikasi kekasaran permukaan benda yang diproduksi.

Tabel 2. 6 Standar Kekasaran Permukaan Berdasarkan Proses Pengerjaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	N1- N4	0,025 - 0,2
<i>Superfinishing Diamond turning</i>	N1- N6	0,025 – 0,8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	N1 – N8	0,025 – 3,2
<i>Finishing</i>	N4 – N8	0,1 – 3,2
<i>Face and finishing roughness turning, milling and reaming</i>	N5 – N12	0,4 – 50

<i>Drilling</i>	N7 – N10	1,6 – 12,5
<i>Shapping, Planning, horinzontal milling</i>	N6 - N12	0,8 – 50,0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10 – N11	12,5 – 25,0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6 – N8	0,8 – 3,2

Sumber : (Munadi, 1988)

2.5. Cairan Pendingin

Cairan Pendingin diaplikasikan saat benda kerja sedang dipotong. Cairan pendingin digunakan sebagai media pendingin untuk mengatur suhu selama proses pemotongan benda kerja, mencegah patah atau rusaknya mata pahat akibat panas yang berlebihan. Cairan pendingin adalah campuran bahan kimia, pelumas, dan air yang dibuat secara khusus, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan sektor industri (Rildho, 2010).

Adapun manfaat penggunaan cairan pendingin adalah:

1. Memperpanjang masa pakai pahat potong
Penggunaan cairan pendingin membantu mengurangi gesekan antara pahat potong dan benda kerja. Hal ini dapat mencegah keausan pada pahat potong dan secara signifikan meningkatkan umur pemakaian pahat.
2. Mempermudah dalam proses pemesinan benda kerja
Cairan pendingin mengontrol suhu benda kerja selama proses pemesinan. Dengan menjaga suhu tetap rendah, cairan pendingin membuat pemrosesan benda kerja lebih mudah dan mengurangi resiko deformasi akibat panas.
3. Meningkatkan efisiensi proses pemesinan
Reduksi gesekan membantu menurunkan konsumsi daya selama proses pemesinan. Penggunaan cairan pendingin dapat meningkatkan efisiensi energi proses pemesinan dan mengurangi beban mesin.
4. Meningkatkan kualitas produk
Pengurangan gesekan dan deformasi membantu menurunkan kekasaran permukaan dan meningkatkan akurasi pemotongan. Produk yang dihasilkan memiliki kualitas permukaan yang lebih baik.

2.5.1. Metode Penggunaan Cairan Pendingin

Metode penggunaan cairan pendingin pada proses pemesinan, seperti yang dijelaskan oleh (Isham, 2018), mencakup beberapa pendekatan yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi operasional antara lain sebagai berikut:

1. Manual

Penggunaan cairan pendingin dilakukan secara manual oleh operator yang menyiramkan cairan pendingin langsung ke pahat dan benda kerja.

2. *Flooding*

Penggunaan cairan pendingin dilakukan dengan memakai saluran atau sistem yang dirancang untuk menyiramkan cairan pendingin secara merata ke seluruh area benda kerja dan pahat.

3. *Coolant fed tooling*

Penggunaan cairan pendingin dilakukan dengan memanfaatkan saluran yang terintegrasi dalam pahat potong untuk menyiramkan cairan pendingin langsung ke zona pemotongan.

4. *Mist application*

Penggunaan cairan pendingin dilakukan dengan mengabutkan cairan pendingin terlebih dahulu dan kemudian menyemprotkannya ke benda kerja dan pahat.

2.5.2. Jenis-jenis Cairan Pendingin

Cairan pemotongan dibagi menjadi dua kelompok tergantung pada bahan baku yang digunakan dalam produksinya: berbasis minyak dan berbasis bahan kimia (Sutopo, 2012). Ada dua jenis cairan pemotongan berbahan dasar minyak: minyak yang dapat larut dan minyak biasa. Cairan pemotongan dengan bahan dasar kimia dibagi menjadi dua kategori: cairan semi-sintetis dan cairan sintetis.

1. Minyak yang dapat larut (*Soluble oil*)

Cairan pendingin yang dikenal sebagai *soluble oil* dibuat dengan memproses minyak bumi atau minyak nabati dan menambahkan bahan kimia yang diemulsikan dengan air untuk mendispersikan dan menstabilkan partikel minyak di dalam cairan. Penggunaan *soluble oil* dalam operasi pemesinan adalah hal yang umum. Kualitas pelumasan dan pendinginan yang baik serta

pengecahan korosi yang kuat adalah manfaat dari penggunaan oli yang dapat larut. Pertumbuhan mikroorganisme dan penguapan atau pengabutan, yang mencemari tempat kerja dan menurunkan tingkat kesehatan kerja, merupakan kekurangannya.

2. Minyak biasa (*Straight oil*)

Straight oil adalah cairan pendingin yang dibuat dengan memurnikan minyak nabati atau minyak bumi dan menambahkan zat aditif ke dalamnya tanpa menambahkan air. Manfaat menggunakan oli biasa termasuk perawatan yang mudah, pelumasan yang sangat baik, dan perlindungan terhadap korosi. Namun demikian, kekurangannya termasuk mudah terbakar, menghasilkan asap dan kabut, dan penggunaan yang terbatas pada kecepatan potong yang rendah.

3. Minyak sintesis

Minyak sintesis terbuat dari bahan-bahan kimia dapat memberikan kontrol yang baik terhadap pertumbuhan mikroba, menjaga kualitas sistem pemotongan. Stabilitas termal tidak mudah terbakar atau berasap, efektif dalam mencegah korosi pada alat dan benda kerja. Kelemahan minyak sintesis dapat mengurangi sifat pelumasan pada pemotongan, yang dapat mempengaruhi umur pahat. Menghasilkan kabut selama penggunaan, dapat menyebabkan infeksi pada kulit jika terjadi kontak yang berlebihan, dan berpotensi mencemari lingkungan.

4. Minyak semi sintesis

Minyak semi sintesis terbuat dari bahan-bahan kimia dapat memberikan kontrol yang baik terhadap pertumbuhan bakteri, menjaga kualitas pemotongan. Tidak mudah terbakar, memberikan stabilitas termal, tidak beracun dan efektif dalam memberikan perlindungan terhadap korosi pada alat dan benda kerja. Kelemahan minyak sintesis dapat memberikan residu setelah penggunaan, yang memerlukan perawatan lebih lanjut. Meskipun sedikit, tetapi menghasilkan kabut dan busa selama penggunaan. Dapat menyebabkan infeksi pada kulit jika terjadi kontak berlebih.

2.5.3. Penggunaan Minyak Nabati sebagai Cairan pendingin

Minyak nabati berasal dari tuberkula atau hasil dari tumbuhan. Minyak nabati digunakan dalam berbagai aplikasi. Sebagai contoh, penggunaan cairan pendingin berbahan dasar minyak nabati dalam proses perseneling gigi kendaraan bermotor. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai sumber bahan baku bahan bakar diesel, atau yang lebih dikenal dengan sebutan bio solar.

Trigliserida, digliserida, monogliserida, asam lemak, dan komposisi tertentu juga terdapat dalam minyak nabati. Minyak nabati juga mengandung vitamin, hidrokarbon dan toksin. Minyak nabati yang kini tersedia di pasaran antara lain minyak kelapa, minyak bunga matahari, jarak, kelapa sawit, jagung, dan kedelai. Lembaran baja telah diproduksi dengan menggunakan minyak nabati sebagai cairan pendingin. Minyak nabati digunakan sebagai cairan pemotongan dalam proses pemesinan di sektor industri.

2.5.4. Keuntungan Penggunaan Minyak Nabati

Keuntungan penggunaan minyak nabati pada proses pemesinan antara lain sebagai berikut:

1. Meningkatkan derajat keselamatan dan kesehatan kerja

Penggunaan minyak nabati mengurangi penguapan akibat pemanasan dalam proses pemesinan, meningkatkan derajat keselamatan kerja. Titik bakar yang lebih tinggi juga mengurangi resiko kebakaran sehingga menyediakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat bagi operator.

2. Bersifat ramah lingkungan

Minyak nabati dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan cairan pendingin berbahan dasar minyak mineral, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mendukung praktik produksi yang berkelanjutan.

3. Pelumas yang baik

Minyak nabati berfungsi sebagai pelumas yang baik, mengurangi gesekan antara benda kerja dan pahat potong, serta menurunkan panas dan keausan. Meningkatkan efisiensi proses pemesinan dan menghasilkan produk dengan kekasaran permukaan yang lebih baik.

4. Tidak menimbulkan korosi

Minyak nabati tidak menyebabkan korosi pada benda kerja dan pahat potong karena tidak mengandung bahan pengkorosi. Memastikan integritas dan kualitas benda kerja serta alat potong selama proses pemesinan.

5. Bersifat stabil

Minyak nabati memiliki tingkat stabilitas yang tinggi dan tidak mengalami perubahan sifat dalam jangka waktu yang lama.

2.6. Metode Taguchi

2.6.1. Pengertian Metode Taguchi

Metode Taguchi adalah suatu strategi peningkatan kualitas off-line yang berfokus pada perbaikan proses dan produk secara sistematis. Dengan membuat desain eksperimental untuk mengidentifikasi faktor utama yang memengaruhi karakteristik kualitas proses, pendekatan ini digunakan dalam rekayasa dan peningkatan kualitas untuk membatasi variabilitas produk. Dengan menggunakan strategi ini, kombinasi produk dan proses terbaik akan dihasilkan, menghasilkan fitur kualitas tertinggi dan terendah (Haumahu, 2011)

Menurut Soejanto, (2009) metode Taguchi memiliki beberapa manfaat yang dapat menjadi nilai tambah dalam konteks penelitian dan pengembangan. Berikut adalah beberapa manfaat umum dari metode Taguchi:

1. Karena penelitian mencakup berbagai macam variabel dan kuantitas, maka metode ini lebih efisien.
2. Hasilnya dapat diandalkan dan konsisten dalam batas-batas yang ditentukan.
3. Hasil yang didapatkan merupakan respon optimal dari parameter yang digunakan

Kelemahan metode ini adalah struktur desainnya yang rumit, yang memerlukan pertimbangan yang cermat ketika memilih desain eksperimental dan mengharuskannya untuk dilakukan berdasarkan pada tujuan penelitian.

2.6.2. Langkah-Langkah Metode Taguchi

Berikut ini adalah proses-proses yang terlibat dalam melakukan eksperimen

atau uji coba menggunakan metode Taguchi:

1. Menetapkan tujuan proses, atau lebih tepatnya, nilai target yang akan digunakan untuk mengevaluasi kinerja proses.
2. Memastikan parameter desain yang memengaruhi prosedur.
3. Untuk parameter desain, buatlah susunan ortogonal yang mewakili kuantitas dan keadaan setiap percobaan.
4. Menghubungkan uji coba yang telah selesai untuk mengumpulkan informasi dari evaluasi kinerja
5. Menyelesaikan analisis data untuk memastikan berbagai parameter pengukuran kinerja.

2.6.3. Tahapan Desain Eksperimen Taguchi

Tahapan desain eksperimen taguchi meliputi tahapan perencanaan eksperimen, tahapan pelaksanaan eksperimen, dan tahap analisa. Beberapa tahapan tersebut telah diuraikan sebagai berikut:

1. Tahapan Perencanaan Eksperimen

Berikut ini adalah fase-fase yang membentuk tahap desain eksperimen (Soejanto, 2009):

1. Perumusan Masalah

Merumuskan masalah merupakan langkah kritis dalam proses penelitian. Agar dapat dimasukkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan, perumusan masalah harus jelas, terdefinisi dengan baik, dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

2. Tujuan Eksperimen

Tidak diragukan lagi, tujuan eksperimen haruslah memberikan solusi metodis untuk masalah yang ada.

3. Penentuan Respon

Proses penentuan respon, di mana nilai jawaban bergantung pada kriteria yang telah ditentukan sebelumnya, disebut sebagai variabel dependen. Sebaliknya, variabel independen adalah faktor atau variabel yang diubah atau dimanipulasi dalam eksperimen untuk mengamati dampaknya terhadap variabel dependen. Dalam konteks ini, variabel independen adalah kriteria

atau faktor yang telah ditentukan sebelumnya, sedangkan variabel dependen adalah respon yang diukur atau diamati sebagai hasil dari manipulasi variabel independen.

4. Menentukan Parameter Bebas

Parameter bebas adalah parameter yang nilainya dapat diubah secara independen, dan perubahannya tidak bergantung pada nilai parameter lainnya dalam suatu sistem atau model. Parameter yang dipilih selanjutnya diperiksa untuk menentukan bagaimana parameter tersebut memengaruhi respons terkait. Karena reaksi tidak bergantung pada semua kondisi studi, maka eksperimen atau penelitian akan lebih berhasil dan efisien.

5. Parameter Gangguan dan Parameter Kontrol Harus Dipisahkan

Parameter kontrol dan parameter gangguan adalah dua parameter yang dipantau. Karena perbedaan dalam bidang efek masing-masing, kedua faktor tersebut perlu ditentukan secara tepat. Nilai kedua parameter tersebut berbeda satu sama lain. Sementara nilai parameter gangguan tidak dapat dikontrol, nilai parameter kontrol dapat dikontrol.

6. Menentukan Jumlah dan Nilai Level Parameter

Jumlah level yang dipilih akan berdampak pada biaya studi atau pengujian dan akurasi temuan. Akurasi akan meningkat seiring dengan jumlah level yang diperiksa, dan biaya yang terkait juga akan meningkat.

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Menentukan derajat kebebasan memerlukan perhitungan berapa banyak eksperimen yang diperlukan dan berapa banyak informasi yang akan diperoleh dari eksperimen tersebut. Derajat kebebasan matriks ortogonal (v_{mo}) ditemukan dengan menggunakan rumus berikut:

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

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

Total derajat kebebasan untuk setiap parameter dan tingkat parameter menentukan matriks ortogonal mana yang digunakan. Matriks ortogonal digunakan dalam desain eksperimen untuk memastikan jumlah eksperimen yang diperlukan tetap efisien, sementara tetap memungkinkan observasi terhadap parameter yang diinginkan. Matriks ortogonal memiliki kapasitas untuk menilai beberapa parameter yang paling sedikit jumlah pengujiannya. Notasi untuk matriks ortogonal adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

- L = Rancangan bujur sangkar latin
- a = Jumlah baris atau eksperimen dalam rancangan
- b = Jumlah level pada setiap faktor atau variabel
- c = Jumlah kolom atau faktor dalam rancangan

Tabel 2.6 menunjukkan bahwa secara default, jenis matriks ortogonal dapat diakses. $L_8 = 2^7$ adalah contoh matriks ortogonal, para ahli juga menggunakan matriks ortogonal ini dalam pekerjaan mereka. Akan ada delapan pengujian yang dilakukan dalam matriks ortogonal ini, dengan tujuh derajat kebebasan sebagai jumlah maksimum dan tiga parameter dengan masing-masing dua tingkat atau level.

Tabel 2. 7 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, 2009)

2. Tahapan Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen dilaksanakan dalam dua langkah: menentukan berapa banyak replikasi yang akan dilakukan dan menetapkan pelaksanaan eksperimen secara acak (Soejanto, 2009).

1. Jumlah Replikasi

Dalam eksperimen ilmiah, replikasi adalah proses mengulang perlakuan atau kondisi yang sama sebanyak mungkin, di bawah kondisi yang, dengan tujuan meningkatkan akurasi dan reliabilitas hasil, serta menurunkan tingkat kesalahan.

2. Randomisasi

Elemen-elemen lain yang tidak diinginkan atau tidak dapat dikontrol selama penelitian atau proses eksperimental berdampak pada hasil. Urutan eksperimen dapat dibuat secara acak untuk menyebarkan pengaruh karakteristik ini dan mengurangi dampaknya. . Penggunaan pengacakan bertujuan untuk memperoleh hasil tes atau eksperimen yang saling bebas, dan juga untuk menyeimbangkan efek parameter yang tidak dapat dikendalikan di seluruh unit eksperimen. Hal ini juga memastikan bahwa setiap unit eksperimen memiliki kesempatan yang sama untuk mengalami setiap perlakuan secara seragam. Pengacakan berusaha untuk membenarkan pengujian signifikansi dengan menghilangkan bias, sedangkan replikasi berusaha untuk memfasilitasi pengujian signifikansi. Keduanya saling berhubungan satu sama lain.

3. Tahap Analisa

Hingga saat ini, data pengujian baru saja dikumpulkan dan diproses. Langkah ini melibatkan pengumpulan data, pengorganisasian, penyajian dalam tampilan tertentu dan perhitungan sesuai dengan desain yang dipilih. Pengujian dan perhitungan data statistik dengan menggunakan data eksperimen. Proses analisis dibagi menjadi beberapa tahap berikut (Soejanto, 2009) :

1. Analisis Varians Taguchi

Memfaatkan metode ini memungkinkan analisis statistik dari data yang dikumpulkan untuk desain eksperimental. Metode ini memberikan deskripsi

semua parameter yang diperiksa secara total. Selain itu, data eksperimen untuk analisis varians dua arah memiliki dua level atau lebih dan dua parameter atau lebih.

2. Rasio S/N

Rasio *signal-to-noise* digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang membantu menurunkan variasi respons. Menentukan tingkat faktor mana yang memengaruhi hasil eksperimen atau studi adalah aplikasi yang sangat membantu. Atribut rasio S/N meliputi:

- a. Lebih baik lebih kecil (*smaller is better*).

Jika nilai karakteristik kualitas menurun maka semakin ideal (nilai ideal mendekati nol).

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

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

Sifat kualitasnya atau tujuannya memiliki nilai yang bukan nol dan terbatas (mendekati nilai yang telah ditentukan).

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

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

Karakteristik kualitatifnya tidak terbatas (semakin besar semakin baik atau semakin diinginkan).

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

3. Uji Normalitas

Data kekasaran permukaan diuji kekekalan normalitasnya untuk menentukan apakah distribusinya normal atau tidak. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut: H0 = Data tidak terdistribusi normal, H1 = Data terdistribusi normal. H0 akan diterima apabila nilai p-value < α = 5% = 0,05.

4. Analisis variansi dan uji hipotesis F

Analisis varians bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah parameter kontrol proses yang memiliki dampak substansial pada suatu respons. Dengan memanfaatkan uji hipotesis F, analisis ini dilakukan untuk

menunjukkan bahwa faktor atau variabel independen memberikan pengaruh signifikan pada hasil eksperimen. Hipotesis hanya merupakan dugaan jangka pendek yang masih memiliki kemungkinan benar tentang parameter populasi; informasi ini kemudian digunakan untuk menghasilkan penilaian yang menerima atau menolak hipotesis.

Dalam investigasi ini, ambang batas signifikansi α ditetapkan sebesar 5% atau 0,05. Varian yang dihasilkan dari setiap komponen dan varian kesalahan dibandingkan untuk menguji hipotesis F.

Variasi yang dihasilkan dari pengamatan setiap individu terhadap elemen yang tidak dapat dikendalikan dikenal sebagai varian error.

Hipotesis pengujian untuk masing-masing faktor adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis kedalaman potong

Hipotesis awal (H_0) menyatakan bahwa kedalaman potong tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa kedalaman potong memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

2. Hipotesis gerak potong

Hipotesis awal (H_0) menyatakan bahwa gerak potong tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa gerak potong memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

3. Hipotesis jenis pendingin

Hipotesis awal (H_0) menyatakan bahwa jenis pendingin tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa jenis pendingin memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

Kriteria pengujian :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada dampak yang terlihat

dari perlakuan pada kekasaran permukaan, yang menghasilkan penerimaan H0 dan penolakan H1. Ini didasarkan pada kondisi di mana nilai uji F yang dihitung lebih kecil daripada nilai kritis pada tabel F ($\alpha = 5\%$).

2. Jika nilai uji F yang dihitung lebih besar dari nilai F tabel ($\alpha = 5\%$), temuan menunjukkan dampak perlakuan yang substansial terhadap kekasaran permukaan, yang mengarah pada penolakan H0 dan penerimaan H1.

5. Persen kontribusi

Untuk menentukan persentase kontribusi yang diberikan oleh setiap parameter dan interaksi dengan melakukan perhitungan awal atau persen kontribusi. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung persen kontribusi SS'_{faktor} :

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

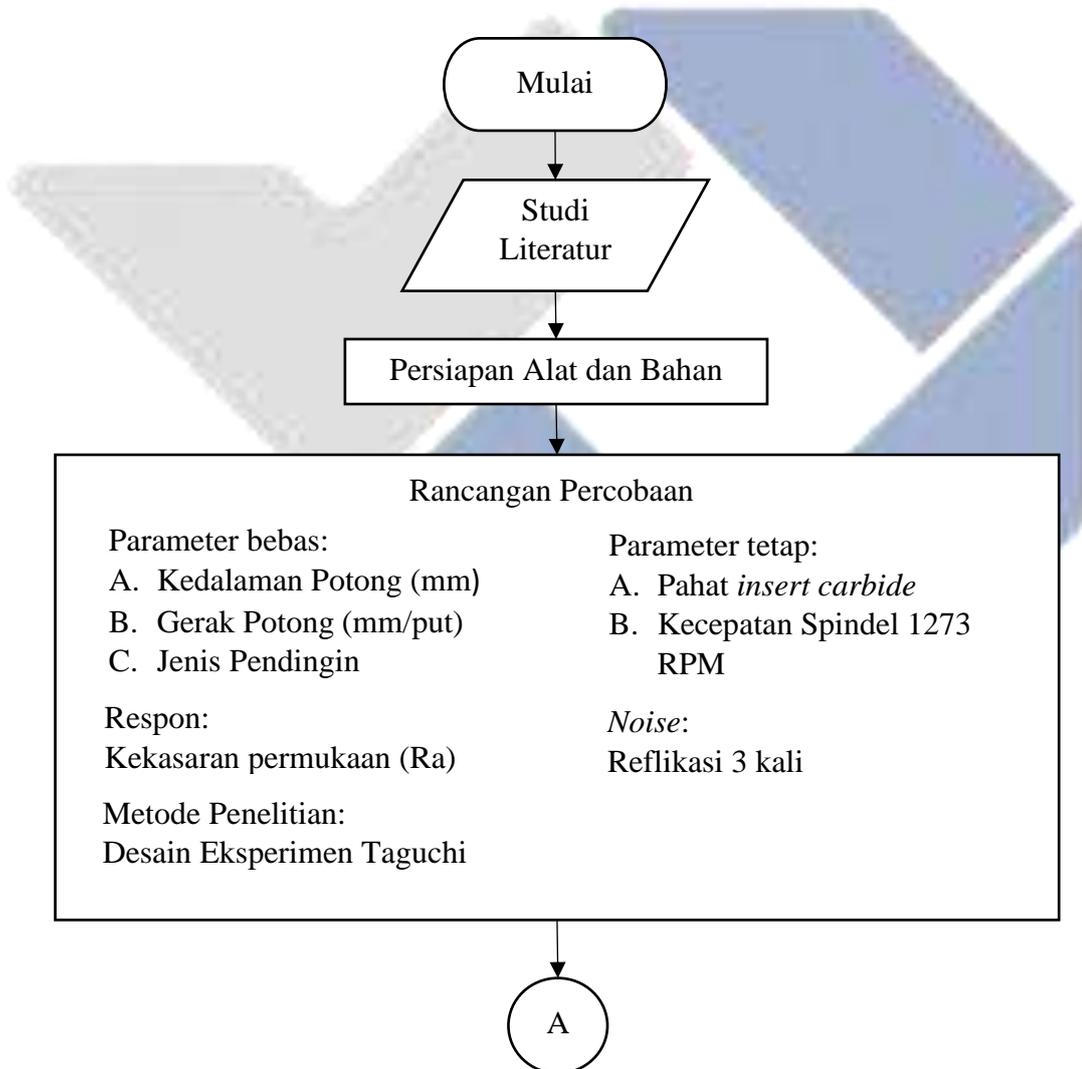
Menghitung persen kontribusi:

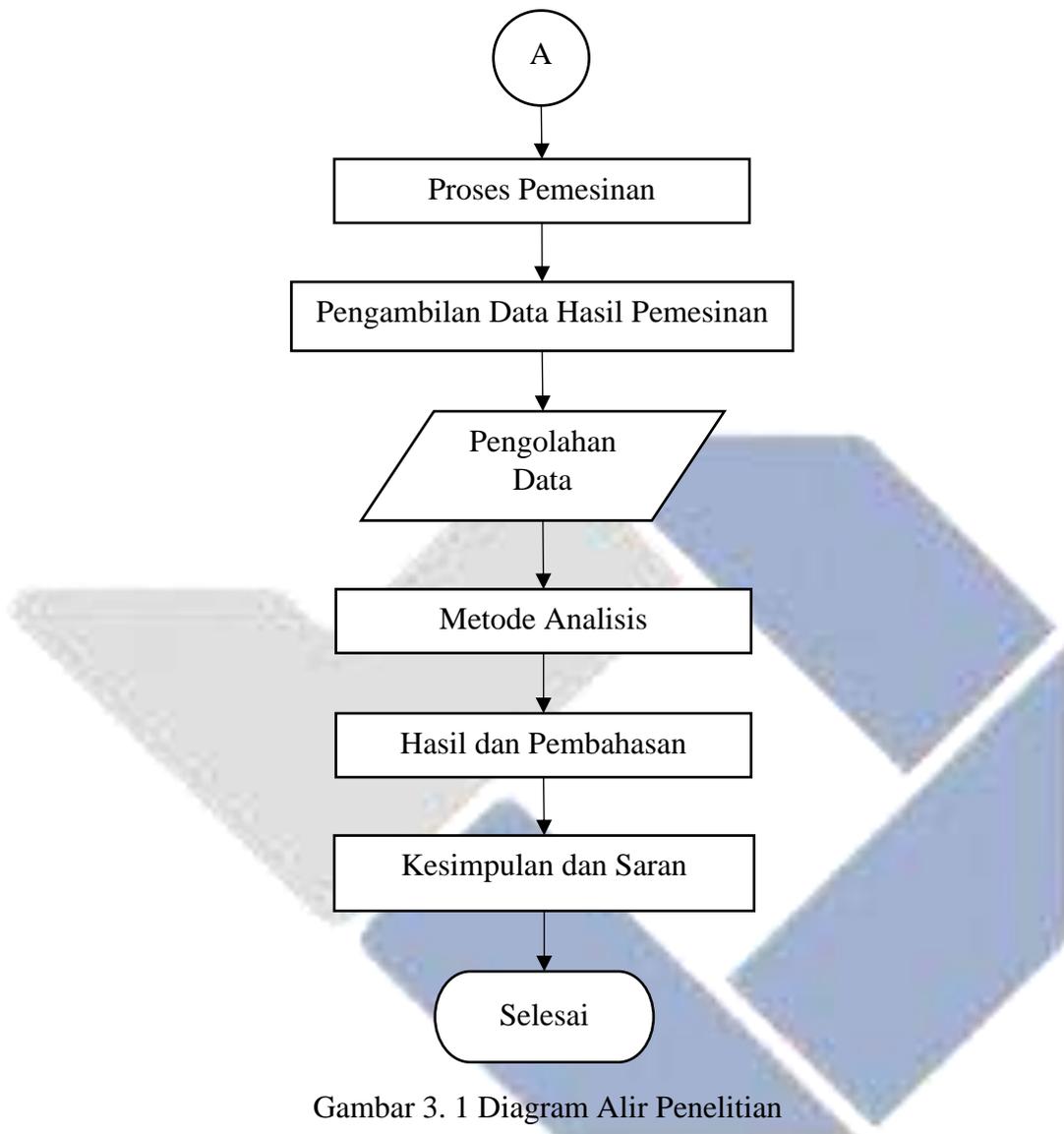
$$P = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tahap Penelitian

Tahapan penelitian merupakan rangkaian atau langkah-langkah yang dilakukan selama melaksanakan penelitian. Desain eksperimental Taguchi digunakan dalam penelitian ini. Rangkaian penelitian yang dilaksanakan dapat disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Langkah pertama dalam memulai penelitian adalah menelaah literatur yang dikumpulkan melalui berbagai referensi, seperti internet, artikel, dan jurnal ilmiah sejenis. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memperkuat argumentasi dalam proposal penelitian yang diajukan. Selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Rancangan percobaan perlu dibuat untuk menentukan parameter yang digunakan sebelum dilakukan proses pemesinan dan pengambilan data penelitian. Data yang sudah diperoleh dilakukan analisis untuk menentukan kesimpulan yang menjadi hasil akhir dari penelitian ini.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, sesuai dengan jadwal pelaksanaan proyek akhir yang berlangsung mulai tanggal 27 Maret 2023 hingga 3 Januari 2024.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat Penelitian

Beberapa peralatan yang digunakan dalam proses penelitian di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung mencakup:

a. Mesin bubut CNC

Adapun spesifikasi mesin bubut CNC yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merek mesin : MORI SEIKI
- Tipe mesin : SL-25
- Pembuatan : Dibuat pada tahun 1995 di Jepang



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

b. Pahat potong

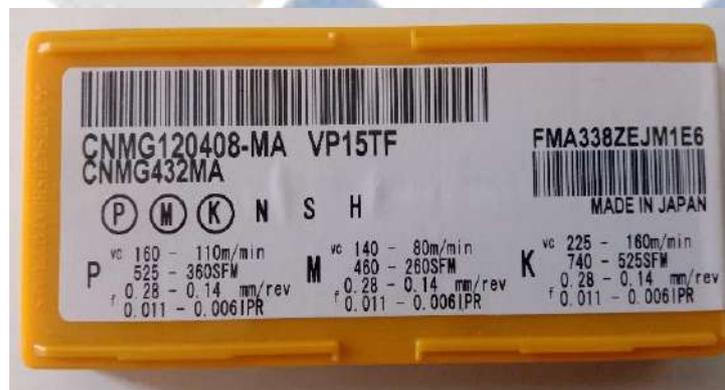
Pahat potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat potong insert carbida tipe CNMG120408-MA. Pahat potong ini memiliki tingkat kekerasan yang tinggi pada suhu yang bervariasi, konduktivitas panas yang tinggi, dan daya tahan aus yang baik. Pemilihan jenis pahat ini dilakukan karena efektif dan efisien dalam proses penelitian. Pahat potong insert carbida dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Pahat potong *Insert Carbide*

Adapun spesifikasi pahat potong yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Nama pahat : *Insert carbide*
- Merek pahat : Mitsubishi
- Tipe pahat : CNMG120408-MA
- Kecepatan potong (VC) : 110-160 m/min
- Kecepatan makan (f) : 0.14-0.28 mm/rev
- Pembuatan : Diproduksi di Jepang



Gambar 3. 4 Spesifikasi Pahat Potong *Insert Carbide*

c. Alat Uji Kekasaran Benda Kerja

Untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil dari proses pemesinan dalam penelitian ini, digunakan surface roughness tester. Alat ini merupakan tipe Mitutoyo SJ-210, yang dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 *Surface Roughness Tester*

Adapun spesifikasi *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210 ditunjukkan pada Table 3.1.

Tabel 3. 1 Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210

Fitur Mitutoyo SJ-210	Keterangan
Kecepatan unit bergerak	<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)
Rentang pengukuran (x-axis)	12,5 mm
Massa	190 g
Tiang standar	No kode.178-395
Rentang pengukuran	350 μm (-200 μm to + 150 μm)
Stylus	Kerucut berlian (<i>Diamond cone</i>)
Jari-jari selip	40 mm
Parameter kekasaran	Ra, Ry, Rz,Rq, S, Sm, Pc, R3z, Mr, Rt, Rk, Rpk, Mr1, Mr2, A1, A2, vo (<i>used-defined</i>)
Standar kekasaran	JIS, DIN, ISO, ANSI

d. Jangka Sorong

Ketika melakukan pemotongan benda kerja, diperlukan alat ukur berupa jangka sorong atau *caliper* yang digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja. Dalam penelitian ini, ketelitian jangka sorong atau *caliper* yang digunakan sebesar 0,05 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 3.6.



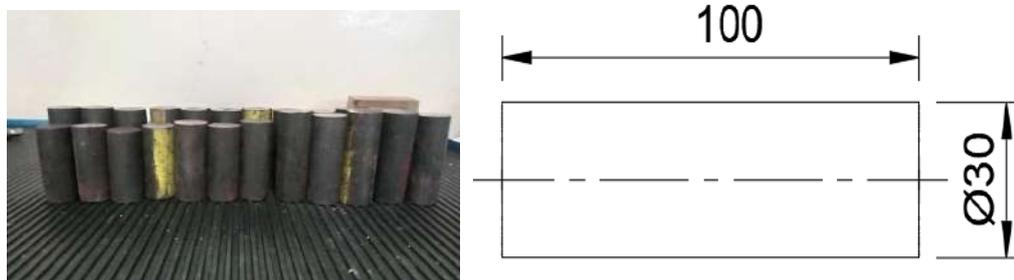
Gambar 3. 6 Jangka Sorong dengan Ketelitian 0,05 mm

3.3.2. Bahan Penelitian

Dalam penelitian yang dilaksanakan terdapat beberapa bahan yang digunakan berdasarkan batasan penelitian untuk mencapai hasil akhir. Bahan-bahan penelitian yang digunakan dalam proses penelitian antara lain:

a. Benda Kerja

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan baja AISI 1045, karena bahan ini umumnya digunakan dalam produksi komponen permesinan. Selain harganya yang terjangkau, bahan ini juga mudah didapatkan. Ukuran bahan yang diproses adalah $\text{Ø}30 \times 100$ mm. Dimensi benda kerja dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Material Baja AISI 1045 dan Ukurannya

b. Cairan Pendingin

- Minyak Sawit

Minyak kelapa sawit merek Sania digunakan dalam melakukan penelitian ini.

Minyak Sania merupakan minyak goreng berkualitas tinggi yang terbuat dari minyak kelapa sawit yang telah melalui berbagai tahap penyaringan dan penyulingan (Warapsari, 2022).



Gambar 3. 8 Media Pendingin Minyak Sawit

- Minyak Kelapa
Minyak kelapa yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak kelapa dengan merek Barco. Minyak Barco adalah salah satu merek minyak goreng yang terbuat dari kelapa. Minyak Barco merupakan hasil olahan dari daging buah kelapa yang diolah dengan cara diambil daging buahnya dan dikeringkan sebelum diproses menjadi minyak kelapa murni (Shabur, 2022).



Gambar 3. 9 Media Pendingin Minyak kelapa

3.4. Parameter Penelitian

3.4.1. Parameter Bebas

Parameter bebas merujuk kepada variabel yang memiliki pengaruh terhadap perubahan pada variabel terikat. Dalam penelitian ini, parameter bebas yang diobservasi mencakup kedalaman potong, gerakan potong, dan jenis pendingin. Rincian mengenai parameter bebas tersebut dapat ditemukan dalam Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Parameter Bebas dan Level

No	Parameter bebas	Level	
		1	2
1	Kedalaman Potong (mm)	0.50	1
2	Gerak Potong (mm/put)	0.2	0.16
3	Jenis Pendingin	Minyak Sawit	Minyak Kelapa

3.4.2. Parameter Tetap

Parameter tetap adalah variabel yang diatur atau dikendalikan dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini, parameter tetap yang digunakan melibatkan pemilihan pahat potong jenis insert carbide tipe CNMG120408-MA, dengan kecepatan spindel sebesar 1273 yang dihasilkan melalui perhitungan sebagai berikut:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{120 \times 1000}{3,14 \times 30}$$

$$n = 1273$$

Keterangan:

VC = Kecepatan potong pada pahat potong (110-160)

D = Diameter benda kerja dalam satuan milimeter (mm)

Parameter tetap dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Parameter tetap dan Nilai

No	Parameter tetap	Nilai
1	<i>Insert carbide</i>	CNMG120408-MA
2	Kecepatan spindel (RPM)	1273

3.4.3. Respon

Respon adalah parameter yang dapat berubah sebagai hasil dari variasi parameter bebas. Respon ini sering disebut sebagai parameter yang terpengaruh atau dependen. Dalam penelitian ini, parameter respon yang digunakan adalah tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan CNC, yang diukur dan dinyatakan dalam nilai Roughness Average (Ra) dengan satuan mikrometer (μm).

3.4.4. Noise

Salah satu ciri gangguan yang mempengaruhi respon adalah *noise*, yang juga merupakan salah satu aspek yang paling sulit untuk dikelola. Lokasi pengukuran kekasaran permukaan benda kerja dianggap sebagai salah satu parameter penelitian yang mungkin menyebabkan *noise*. Pemilihan faktor ini dilakukan karena sulit untuk mengendalikan letak kekasaran permukaan yang diukur karena variasi yang berbeda dan terpisah. Oleh karena itu, untuk mengatasi dampak *noise* terhadap hasil penelitian, data diambil satu kali dan diulang dua kali.

3.5. Pemilihan Matriks Ortogonal

Jumlah nilai level pada setiap level dan nilai faktor dapat digunakan untuk memilih matriks ortogonal mana yang akan digunakan. Jumlah total derajat kebebasan yang ditunjukkan oleh jumlah variabel dan level yang digunakan mempengaruhi pilihan matriks ortogonal. Matriks ortogonal dapat ditemukan dengan menghitung total derajat kebebasan, yang dapat dilakukan berdasarkan parameter bebas dan jumlah level yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4. Tabel 3.4 menampilkan temuan dari perhitungan derajat kebebasan total.

Tabel 3. 4 Total derajat kebebasan parameter bebas

No	Parameter bebas	Jumlah level	Derajat kebebasan (Vn) (k-1)
1	Kedalaman Potong (mm)	2	1
2	Gerak Potong (mm/put)	2	1
3	Jenis pendingin	2	1
Total Derajat Kebebasan			3

Berdasarkan hasil perhitungan total derajat kebebasan yang tercantum dalam Tabel 3.4, diperoleh sebanyak 3 derajat kebebasan. Derajat kebebasan yang paling sesuai untuk matriks ortogonal adalah $L_8 (2^7)$, yang dihitung sebagai $7 \times (2-1) = 7$ derajat kebebasan. Matriks ortogonal $L_8 (2^7)$ memiliki arti bahwa matriks tersebut dapat mencakup maksimal 7 kolom atau faktor serta 8 baris, digunakan untuk menguji tiga faktor parameter bebas, dengan masing-masing parameter memiliki 2

level. Dalam pemilihan matriks ortogonal, kriteria yang digunakan adalah $7 \leq x \leq 8$, di mana x adalah derajat kebebasan. Dalam konteks penelitian ini, dipilih 3 derajat kebebasan dengan matriks yang memiliki 3 kolom dan 8 baris, di mana setiap parameter memiliki 3 faktor dan 2 level. Rancangan percobaan untuk penelitian ini tergambar dalam Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Rancangan eksperimen berdasarkan matriks ortogonal $L_8 (2^7)$

Parameter Pemesinan			
No	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis pendingin
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2

Eksperimen dilakukan secara acak dengan kombinasi parameter proses. Untuk merancang matriks ortogonal dari eksperimen tersebut, disarankan menggunakan fungsi perangkat lunak analisis. Fungsi perangkat lunak tersebut memungkinkan untuk melakukan pemilihan desain eksperimen yang optimal dengan mempertimbangkan variasi parameter proses secara sistematis.

3.6. Proses Pemesinan

Proses pemesinan terdiri dari beberapa tahap, dimulai dengan persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk pengujian, proses pemesinan bubut CNC, dan pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja. Penjelasan terperinci terkait ketiga tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat-alat yang digunakan dalam proses pemesinan yang meliputi:
 - a. Menyiapkan bahan atau benda kerja. Baja AISI 1045 dengan diameter 30

mm digunakan sebagai material, seperti terlihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Baja AISI 1045 diameter 30 mm

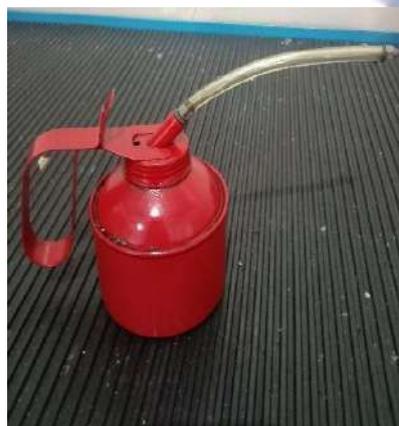
- b. Menyiapkan peralatan dan bahan tambahan yang berguna untuk mendukung penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 3.11 sampai 3.14.



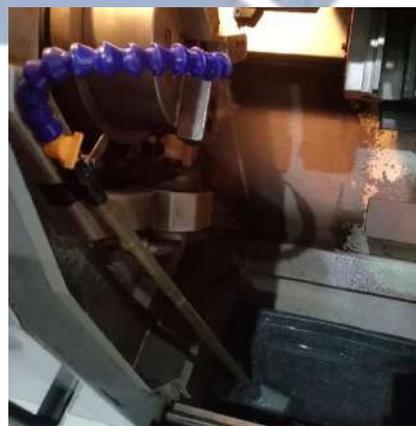
Gambar 3. 12 Spidol



Gambar 3. 11 Obeng Plus



Gambar 3. 14 Pelumas



Gambar 3. 13 Pompa Cairan Pendingin

Adapun fungsi atau tujuan dari alat-alat bantu penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3. 6 Alat Bantu Penelitian dan Fungsinya

Gambar	Nama Alat	Fungsi
Gambar 3.11	Spidol	Berfungsi untuk menuliskan angka pada benda kerja sebagai penanda sesuai dengan perintah kerja.
Gambar 3.12	Obeng <i>plus</i>	Digunakan untuk membuka dan memasang lingkaran pemotongan.
Gambar 3.13	Pelumas	Dioleskan pada bagian-bagian yang telah dilakukan proses pemesinan untuk mencegah karat.
Gambar 3.14	Pompa Cairan Pendingin	Digunakan untuk mengalirkan cairan pendingin dari minyak nabati saat proses pemesinan.

2. Proses pemesinan bubut CNC yang meliputi:
 - a. Membuat kerangka percobaan untuk pemrograman CNC dengan kombinasi Orthogonal $L_8 (2^7)$ sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
 - b. Melakukan pemasangan pompa cairan pendingin dan mencekam benda kerja yang disesuaikan dengan posisi cairan pendingin ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Proses Pemasangan Benda Kerja

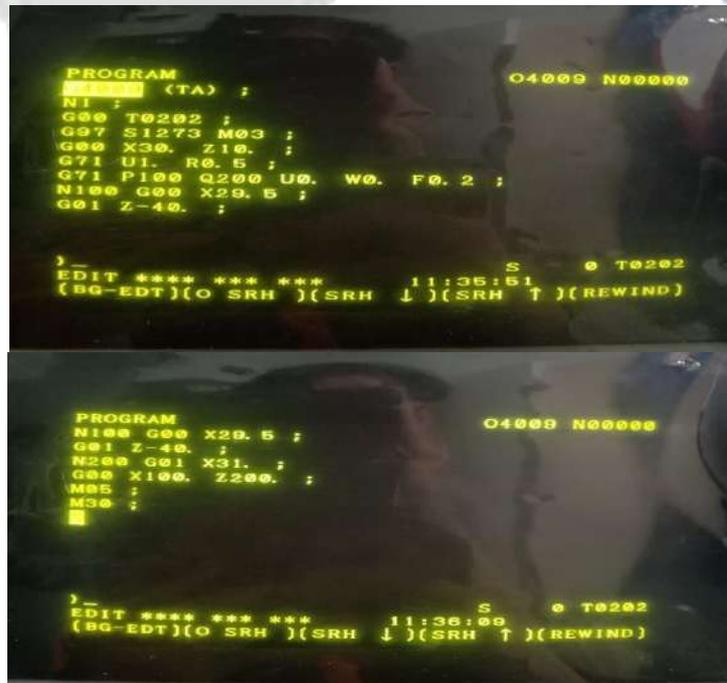
- c. Prosedur pemasangan mata potong padaudukan mesin bubut CNC MORI SEIKI SL-25 dilakukan dengan menggunakan pahat pemotong tipe

insert carbide CNMG120408-MA. Rincian langkah-langkah proses pemasangan dapat ditemukan pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 16 Proses Pemasangan Alat Potong

- d. Pastikan mesin bubut CNC terhubung dengan sumber daya yang sesuai dan dalam kondisi yang baik sebelum menyalakannya, Pilih atau buat program CNC yang sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan. Masukkan program CNC ke dalam kontrol mesin, pastikan program telah benar. Rincian program tersebut dapat ditemukan pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 17 Program Pemesinan Sesuai Kombinasi

- e. Melakukan pembubutan CNC terhadap benda kerja yang menggunakan program kombinasi parameter yang sudah dirancang sebelumnya.

- f. Saat mengeluarkan benda kerja dari mandrel, bersihkan permukaannya kemudian tulis nomor benda kerja menggunakan spidol dan diberi pelumas guna mencegah terjadinya korosi.
- g. Matikan mesin bubut CNC setelah selesai digunakan kemudian tunggu hingga mesin berhenti total, selanjutnya bersihkan mesin serta alat-alat yang digunakan.
- h. Selanjutnya, gunakan penguji kekasaran permukaan untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan pada benda kerja yang telah dibubut. Benda kerja hasil proses pemesinan bubut CNC dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Benda kerja hasil proses pemesinan bubut CNC

3. Proses pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja

Pengambilan data kekasaran permukaan benda kerja setelah dilakukan proses pemesinan pada posisi horizontal. Dengan menggunakan penguji kekasaran permukaan Mitutoyo SJ-210, prosedur berikut ini dapat diikuti untuk menentukan kekasaran permukaan benda kerja:

- a. Siapkan alat bantu dalam proses pengukuran. Gambar 3.19 sampai 3.20 merupakan peralatan pendukung tambahan yang diperlukan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja.



Gambar 3. 19 V-block



Gambar 3. 20 Holder dial

Tabel 3.7 menjelaskan fungsi dari peralatan tambahan untuk mempermudah proses pengambilan data.

Tabel 3. 7 Alat Pendukung Pengukuran Kekasaran Permukaan dan Fungsinya

Gambar	Nama Alat	Fungsi
Gambar 3.19	<i>V-block</i>	Sebagai penahan benda kerja selama proses pengukuran kekasaran permukaan.
Gambar 3.20	<i>Holder dial</i>	Sebagai alat bantu untuk meletakkan <i>surface roughness tester</i> selama pengukuran.

- b. Melakukan kalibrasi alat ukur sebelum proses pengukuran dilakukan adalah langkah kritis untuk memastikan hasil pengukuran kekasaran permukaan mencapai tingkat maksimal ketepatan. Proses kalibrasi yang perlu dilakukan dapat ditemukan pada Gambar 3.21. Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk menyesuaikan dan memverifikasi keakuratan alat ukur sehingga hasil pengukuran yang diperoleh dapat diandalkan dan sesuai dengan standar yang ditetapkan.



Gambar 3. 21 Proses kalibrasi alat ukur

- c. Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.22, langkah pertama adalah menempatkan benda kerja pada blok-V. Selanjutnya, letakkan alat ukur pada dudukan dial, dan sesuaikan ketinggian alat terhadap permukaan benda kerja. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat ukur berada pada posisi yang tepat dan dapat mengukur kekasaran permukaan benda kerja dengan akurat.



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

- d. Ketika melakukan pengukuran, pastikan untuk dengan hati-hati mengatur ujung sensor dari surface roughness tester dan memastikan bahwa ujung tersebut telah menyentuh permukaan benda kerja yang akan diukur. Hal ini penting untuk memastikan bahwa pengukuran dilakukan dengan akurat dan bahwa sensor dapat merekam kekasaran permukaan dengan tepat. Keakuratan posisi dan kontak sensor sangat berpengaruh terhadap hasil akhir dari pengukuran kekasaran permukaan.
- e. Selanjutnya, nyalakan penguji kekasaran permukaan untuk menentukan kekasaran permukaan benda kerja.
- f. Pada layar surface roughness tester, Anda dapat melihat nilai kekasaran permukaan. Setelah mendapatkan nilai tersebut, penting untuk mencatat nilai kekasaran sesuai dengan rancangan dan nomor benda kerja. Langkah ini merupakan bagian integral dari proses pengukuran dan dokumentasi yang diperlukan untuk evaluasi dan analisis hasil pengukuran. Mencatat nilai sesuai dengan rancangan akan membantu dalam pemantauan kualitas dan penelusuran performa benda kerja.
- g. Ukur kekasaran permukaan spesimen benda kerja yang berbeda sekali lagi. Gambar 3.23 mengilustrasikan prosedur untuk menentukan kekasaran permukaan benda kerja.

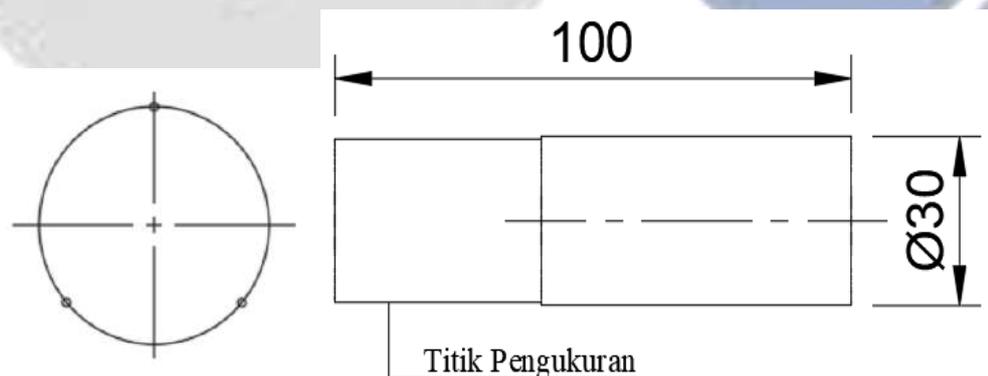


Gambar 3. 23 Proses pengukuran kekasaran permukaan benda kerja

3.7. Pengambilan Data Hasil Percobaan

Dengan proses pemesinan bubut CNC MORI SEIKI SL-25, nilai kekasaran permukaan benda kerja diukur dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan Mitutoyo SJ-210 Surface roughness tester pada setiap variasi parameter kedalaman potong, gerak makan, dan jenis cairan pendingin, yang telah ditentukan berdasarkan kombinasi Ortogonal.

Pengambilan data dilakukan sebanyak delapan kali pada benda kerja, secara horizontal, untuk nilai kekasaran permukaan benda kerja. Dengan menggunakan alat pengukur kekasaran permukaan Mitutoyo SJ-210 dan panjang prosedur pengukuran 10 mm, untuk menentukan nilai kekasaran permukaan. Titik-titik pengambilan data untuk nilai kekasaran permukaan benda kerja, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.24, adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 24 Titik Pengambilan Data Kekasaran Permukaan

3.8. Kerangka Data Hasil Percobaan

Dalam penelitian ini, informasi mengenai hasil pengukuran kekasaran permukaan benda kerja selama proses pemesinan bubut CNC dapat ditemukan dalam Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Data Hasil Percobaan Pengukuran Kekasaran

No	Parameter Pemesinan		Jenis pendingin	Nilai Kekasaran Permukaan			
	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)		Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	0,50	0,2	Minyak sawit	X1.0	X1.1	X1.2	X1

2	0,50	0,2	Minyak kelapa	X2.0	X2.1	X2.2	X2
3	0,50	0,16	Minyak sawit	X3.0	X3.1	X3.2	X3
4	0,50	0,16	Minyak kelapa	X4.0	X4.1	X4.2	X4
5	1	0,2	Minyak sawit	X5.0	X5.1	X5.2	X5
6	1	0,2	Minyak kelapa	X6.0	X6.1	X6.2	X6
7	1	0,16	Minyak sawit	X7.0	X7.1	X7.2	X7
8	1	0,16	Minyak kelapa	X8.0	X8.1	X8.2	X8

3.9. Metode Analisis

Beberapa metode analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Varian Taguchi

Pengolahan data hasil pengujian yang telah disusun untuk perencanaan eksperimen menggunakan metode statistik dikenal sebagai analisis varian Taguchi. Metode ini memberikan pemahaman terperinci mengenai setiap parameter yang telah diuji dalam eksperimen tersebut.

2. *Analysis of Varian* (ANOVA) dua arah

Metode ini meneliti dengan memberikan deskripsi setiap variasi (total) dari bagian yang diteliti. Bila terdapat lebih dari dua parameter dan level, metode ANOVA dapat diterapkan.

3. Menghitung rasio S/N parameter respon

Salah satu cara untuk menghitung jumlah komponen yang mempengaruhi temuan eksperimen penelitian adalah dengan melihat rasio *Signal to Noise*, atau S/N. Rasio S/N yang digunakan dalam eksperimen memiliki karakteristik "semakin kecil semakin baik" (Smaller is Better). Artinya, semakin kecil nilai rasio S/N, semakin baik hasilnya. Rumus untuk menghitung rasio S/N adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

4. Menentukan parameter respon yang optimal

Untuk mempermudah pemilihan nilai parameter bebas yang menghasilkan respons yang ideal terhadap kekasaran permukaan benda kerja, disarankan untuk menentukan parameter respons terbaik melalui penyusunan tabel parameter respons.

5. Analisis variansi dan uji hipotesis F

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan ukuran proses parameter yang memiliki dampak substansial terhadap respon. Uji hipotesis F menetapkan dampak dari faktor atau parameter yang diteliti. Untuk menentukan apakah akan menerima atau menolak hipotesis, terapkan hipotesis F. 10%, atau 0,10, adalah ambang batas signifikan dalam penelitian ini.

6. Persen kontribusi

Untuk mengetahui sejauh mana kontribusi masing-masing faktor, persentase kontribusi dapat dihitung. Pertama-tama, perlu dilakukan perhitungan SS'faktor menggunakan rumus berikut:

$$SS'_{\text{faktor}} = SS_{\text{faktor}} - MS_{\text{error}} (V_v) \dots\dots\dots (3.2)$$

Persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SST} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Data Hasil Percobaan

Data penelitian diambil melalui hasil proses pemesinan bubut CNC dengan menggabungkan parameter proses yang ditentukan pada mesin CNC MORI SEIKI SL-25 sehingga menghasilkan temuan penelitian. Kedalaman potong (A) dengan nilai level 0,50 mm, 1 mm, Gerak potong (B) dengan nilai level 0,2 mm/put, 0,16 mm/put, serta jenis pendingin (C) dengan jenis minyak sawit, dan minyak kelapa, diduga mempengaruhi respon kekasaran permukaan. Eksperimen metode taguchi dihitung menggunakan Perangkat Lunak Analitik (*Software Analisis*) untuk memproses data.

Pada penelitian ini digunakan 8 kombinasi parameter atau percobaan dengan setiap percobaan terdapat 3 spesimen. Pada 1 benda kerja atau spesimen diambil 3 titik uji kekasaran yang dirata-ratakan, sehingga terdapat 24 spesimen yang didapatkan nilai kekasaran. Kemudian rata-rata dari setiap spesimen akan dilakukan analisa secara statistik lebih lanjut. Tabel 4.1 menunjukkan data awal hasil eksperimen pengukuran kekasaran yang telah dilakukan.

Tabel 4. 1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

No	Spesimen	Bidang Uji			Rata-rata
		1	2	3	
1	Data Awal	2.161	2.341	2.327	2.276
	Reflikasi 1	1.712	1.804	1.710	1.742
	Reflikasi 2	1.258	1.304	1.387	1.316
	Jumlah rata-rata percobaan 1				1.778
2	Data Awal	1.768	1.910	1.900	1.859
	Reflikasi 1	1.460	2.177	1.686	1.774
	Reflikasi 2	1.102	1.404	1.178	1.228
	Jumlah rata-rata percobaan 2				1.621
3	Data Awal	0.811	0.834	1.026	0.890
	Reflikasi 1	1.209	1.109	1.049	1.122

	Reflikasi 2	1.377	1.505	1.086	1.323
	Jumlah rata-rata percobaan 3				1.112
4	Data Awal	1.049	1.483	0.613	1.048
	Reflikasi 1	2.136	2.663	0.749	1.849
	Reflikasi 2	1.707	1.920	1.835	1.821
	Jumlah rata-rata percobaan 4				1.573
5	Data Awal	1.001	1.121	1.073	1.065
	Reflikasi 1	2.227	2.416	2.425	2.356
	Reflikasi 2	2.335	1.585	1.660	1.860
	Jumlah rata-rata percobaan 5				1.760
6	Data Awal	1.076	1.091	1.049	1.072
	Reflikasi 1	1.231	0.965	1.075	1.090
	Reflikasi 2	1.658	1.867	1.550	1.692
	Jumlah rata-rata percobaan 6				1.285
7	Data Awal	1.824	2.076	1.882	1.927
	Reflikasi 1	2.328	2.225	2.067	2.207
	Reflikasi 2	1.305	0.987	1.544	1.279
	Jumlah rata-rata percobaan 7				1.804
8	Data Awal	1.816	1.377	1.645	1.613
	Reflikasi 1	2.008	1.567	2.081	1.885
	Reflikasi 2	2.159	1.441	1.543	1.714
	Jumlah rata-rata percobaan 8				1.737

4.2. Analisis Varian Taguchi

4.2.1. Perhitungan Rata-rata Terhadap Respon Menggunakan *Software*

Tabel 4.2 menunjukkan nilai rata-rata yang diperoleh dari perhitungan rata-rata pada data awal hasil pengukuran sebelumnya. Data yang sudah didapatkan kemudian diinput kedalam *software analyis* yang disajikan pada Tabel 4.3 untuk didapatkan hasil rata-rata terhadap respon.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

No	Parameter Pemesinan			Nilai Kekasaran Permukaan			
	Kedalaman	Gerak	Jenis pendingin	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
	Potong (mm)	Potong (mm/put)					
1	0,50	0,2	Minyak sawit	2.276	1.742	1.316	1.778
2	0,50	0,2	Minyak kelapa	1.859	1.774	1.228	1.621
3	0,50	0,16	Minyak sawit	0.890	1.122	1.323	1.112
4	0,50	0,16	Minyak kelapa	1.048	1.849	1.821	1.573
5	1	0,2	Minyak sawit	1.065	2.356	1.860	1.760
6	1	0,2	Minyak kelapa	1.072	1.090	1.692	1.285
7	1	0,16	Minyak sawit	1.927	2.207	1.279	1.804
8	1	0,16	Minyak kelapa	1.613	1.885	1.714	1.737
			Rata-rata				1.584

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Menggunakan *Software Analysis*

+	C1	C2	C3-T	C4	C5	C6
	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis Pendingin	Data Awal	Reflikasi 1	Reflikasi 2
1	0.5	0.20	Sawit	2.276	1.742	1.316
2	0.5	0.20	Kelapa	1.859	1.774	1.228
3	0.5	0.16	Sawit	0.890	1.122	1.323
4	0.5	0.16	Kelapa	1.048	1.849	1.821
5	1.0	0.20	Sawit	1.065	2.356	1.860
6	1.0	0.20	Kelapa	1.072	1.090	1.692
7	1.0	0.16	Sawit	1.927	2.207	1.279
8	1.0	0.16	Kelapa	1.613	1.885	1.714

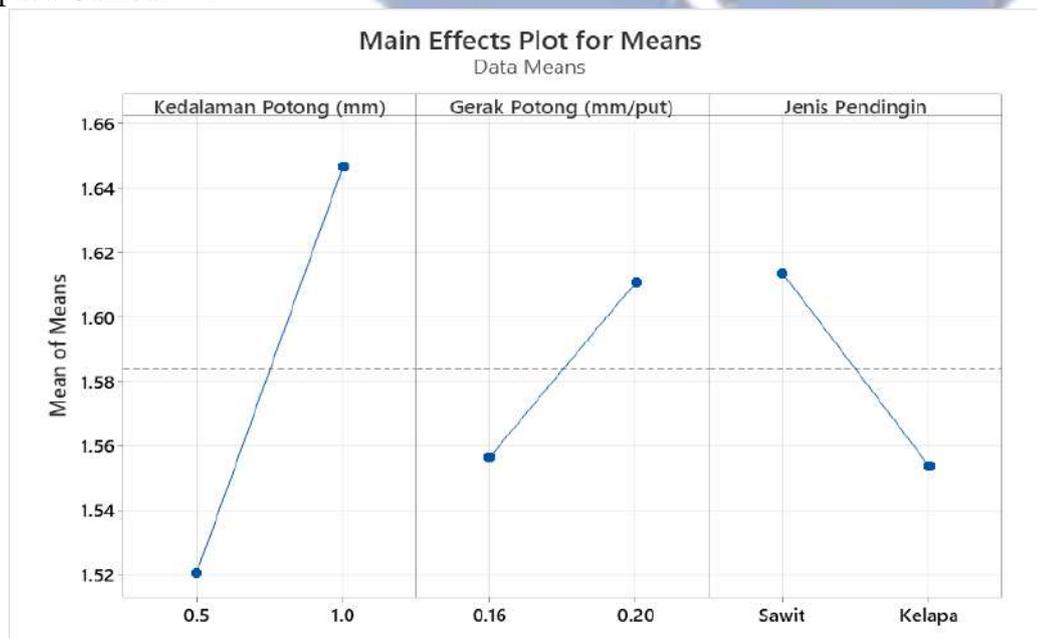
Hasil perhitungan dari *software* setelah data diinput dapat dilihat pada Tabel 4.4 berupa respon parameter terhadap rata-rata.

Tabel 4. 4 Respon Parameter Terhadap Rata-rata

Response Table for Means			
	Gerak		Jenis
Level	Kedalaman Potong (mm)	Potong (mm/put)	Pendingin
1	1.521	1.556	1.614
2	1.647	1.611	1.554
Delta	0.126	0.054	0.060
Rank	1	3	2

Sumber: Hasil Perhitungan *Software Analisis*

Peringkat atau ranking parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dapat ditentukan dengan menggunakan respon rata-rata Tabel 4.4 dari setiap parameter pada setiap level. Kedalaman potong memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan, dengan selisih nilai sebesar 0,126. Sementara itu, jenis pendingin menunjukkan perbedaan sebesar 0,060, dan gerak potong memiliki pengaruh paling kecil dengan selisih nilai sekitar 0,054. Hasil interpretasi dari Tabel 4.4 dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Kekasaran Rata-rata untuk Masing-masing Level Parameter

4.2.2. Perhitungan Langsung Rata-rata Terhadap Respon

Kombinasi level parameter untuk respons kekasaran permukaan dapat dihitung secara langsung berdasarkan data uji kekasaran. Pertama-tama perhitungan rata-rata dilakukan untuk setiap kombinasi level masing-masing elemen.

Perhitungan rata-rata untuk Faktor A (kedalaman potong) :

$$A1 = \frac{1}{4} (1,778 + 1,621 + 1,112 + 1,573) = 1,521$$

$$A2 = \frac{1}{4} (1,760 + 1,285 + 1,804 + 1,737) = 1,647$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor B (gerak potong) :

$$B1 = \frac{1}{4} (1,778 + 1,621 + 1,760 + 1,285) = 1,556$$

$$B2 = \frac{1}{4} (1,112 + 1,573 + 1,804 + 1,737) = 1,611$$

Perhitungan rata-rata untuk Faktor C (jenis pendingin):

$$C1 = \frac{1}{4} (1,778 + 1,112 + 1,760 + 1,804) = 1,614$$

$$C2 = \frac{1}{4} (1,621 + 1,573 + 1,285 + 1,737) = 1,554$$

Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan kombinasi level rata-rata pengaruh variabel terhadap respon kekasaran permukaan.

Tabel 4. 5 Respon Rata-rata Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan

	Kedalaman	Gerak Potong	Jenis
Level	Potong (mm)	(mm/put)	Pendingin
1	1.521	1.556	1.614
2	1.647	1.611	1.554
Selisih	0.126	0.054	0.060
Peringkat	1	3	2

Sumber: Perhitungan

Dari rata-rata respon kekasaran permukaan pada setiap level parameter proses dalam Tabel 4.5, dapat disimpulkan bahwa kombinasi parameter proses yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan adalah kedalaman potong. Perbedaan nilai untuk kedalaman potong mencapai 0,126. Selanjutnya, jenis pendingin memiliki perbedaan nilai sebesar 0,060. Gerak potong

memiliki perbedaan nilai sebesar 0,054. Hasil ini sudah sesuai dengan perhitungan *software* sebelumnya pada sub bab 4.2.1.

4.2.3. Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

Data yang sudah didapatkan melalui perhitungan rata-rata data awal hasil pengukuran kemudian diinput kedalam *software analysis* yang disajikan pada Tabel 4.6 untuk didapatkan hasil perhitungan rasio S/N terhadap respon.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Rasio S/N untuk Respon

+	C1	C2	C3-T	C4	C5	C6	C7
	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis Pendingin	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	SNRA2
1	0.5	0.20	Sawit	2.276	1.742	1.316	-5.20553
2	0.5	0.20	Kelapa	1.859	1.774	1.228	-4.31950
3	0.5	0.16	Sawit	0.890	1.122	1.323	-1.02812
4	0.5	0.16	Kelapa	1.048	1.849	1.821	-4.16815
5	1.0	0.20	Sawit	1.065	2.356	1.860	-5.29112
6	1.0	0.20	Kelapa	1.072	1.090	1.692	-2.38894
7	1.0	0.16	Sawit	1.927	2.207	1.279	-5.32330
8	1.0	0.16	Kelapa	1.613	1.885	1.714	-4.81576

Sumber: Hasil Perhitungan *Software Analysis*

Tabel 4.7 menunjukkan hasil penghitungan nilai rasio S/N respon kekasaran permukaan dengan menggunakan kombinasi level dari setiap parameter yang diambil pada Tabel 4.6. Tujuannya untuk mengetahui peringkat masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap respon kekasaran.

Tabel 4. 7 Respon Rasio S/N Parameter terhadap Rata-rata

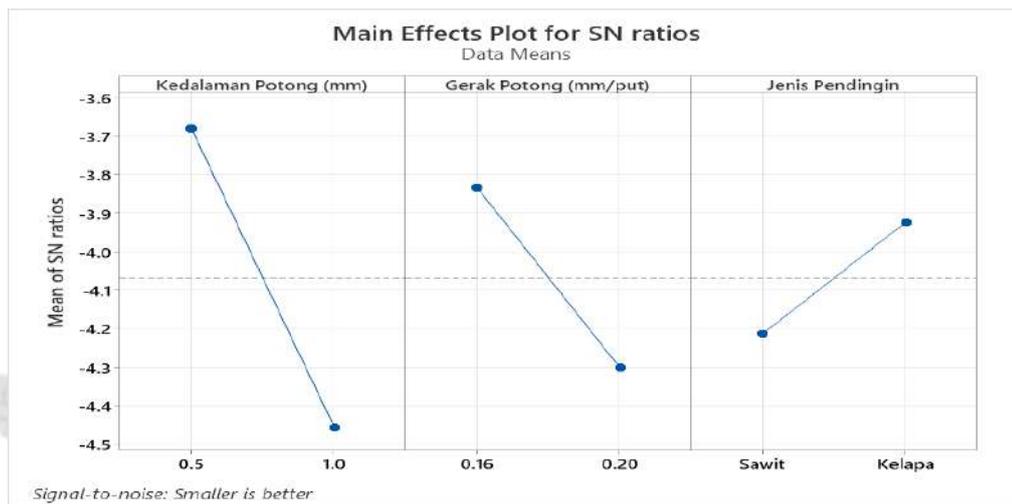
Response Table for Signal to Noise Ratios			
Smaller is better			
Level	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Potong (mm/put)	Jenis Pendingin
1	-3.680	-3.834	-4.212
2	-4.455	-4.301	-3.923
Delta	0.774	0.467	0.289
Rank	1	2	3

Sumber: Hasil Perhitungan *Software Analysis*

Peringkat atau rangking yang memiliki pengaruh paling besar dilihat dari selisih nilai setiap level untuk masing-masing parameter. Berdasarkan Tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa kedalaman potong memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan, dengan perbedaan nilai sebesar 0,774. Sedangkan

gerak potong memiliki perbedaan nilai sebesar 0,467. Jenis pendingin menunjukkan pengaruh paling kecil, dengan perbedaan nilai sebesar 0,289.

Tabel 4.7 kemudian diinterpretasikan menjadi grafik respon rasio S/N yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik Respon Rasio S/N untuk Setiap Level Parameter

Dari grafik pada Gambar 4.2 yang menggambarkan respon nilai rasio S/N terhadap kekasaran permukaan pada setiap level parameter proses, dapat diprediksi bahwa kombinasi parameter proses yang ideal dapat diidentifikasi. Pada respon rasio S/N digunakan nilai yang terbesar dikarenakan menggunakan konsep rasio *signal to noise* yang mengharuskan sinyal harus lebih besar daripada gangguan. Tabel 4.8 menunjukkan kombinasi parameter proses yang sesuai untuk mendapatkan respon terbaik.

Tabel 4. 8 Respon Rasio S/N Parameter terhadap Hasil Kekasaran Permukaan

Parameter Proses	Tingkatan Level	Nilai Level
Kedalaman Potong	Level 1	0,5 mm
Gerak Potong	Level 2	0,16
Jenis Pendingin	Level 2	Minyak Kelapa

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.4. Perhitungan Langsung Nilai Rasio S/N Terhadap Respon

Dengan mengubah data menjadi angka yang mengindikasikan tingkat variasi yang muncul, perhitungan rasio S/N adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi elemen yang berkontribusi terhadap penurunan respons kekasaran permukaan. Persyaratan kualitas setiap respons menentukan nilai rasio S/N. Rasio S/N dihitung dalam penelitian ini untuk respon kekasaran permukaan dengan menggunakan fitur kualitas lebih kecil lebih baik (*smaller is better*), seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (4.1).

$$\text{rasio } \frac{S}{N} = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right) \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana: n = jumlah pengulangan
y = data dari percobaan

Tujuan dari peningkatan kualitas adalah untuk mencapai karakteristik kualitas yang memaksimalkan parameter nilai kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran minimal adalah kualitas ukuran kekasaran benda kerja yang diproyeksikan dalam penelitian ini. Salah satu karakteristik kualitas kekasaran adalah dengan semakin rendah nilai kekasaran permukaan, semakin baik. Kekasaran permukaan benda kerja yang paling rendah adalah nilai yang diprediksi oleh analisis ini. Di bawah ini adalah perhitungan rasio S/N setelah tiga kali pengulangan.

Pada eksperimen ke 1:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (2,276^2 + 1,742^2 + 1,316^2) \right) = -5.2055$$

Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,859^2 + 1,774^2 + 1,228^2) \right) = -4.3195$$

Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (0,890^2 + 1,122^2 + 1,323^2) \right) = -1.0281$$

Pada eksperimen ke 4:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,048^2 + 1,849^2 + 1,821^2) \right) = -4.1681$$

Pada eksperimen ke 5:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,065^2 + 2,356^2 + 1,860^2) \right) = -5.2911$$

Pada eksperimen ke 6:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,072^2 + 1,090^2 + 1,692^2) \right) = -2.3889$$

Pada eksperimen ke 7:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,927^2 + 2,207^2 + 1,279^2) \right) = -5.3233$$

Pada eksperimen ke 8:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{3} (1,613^2 + 1,885^2 + 1,714^2) \right) = -4.8158$$

Di bawah ini adalah hasil penghitungan nilai rasio S/N respon kekasaran permukaan dengan menggunakan kombinasi level masing-masing parameter.

$$A1 = 1/4 (-5,2055 + -4,3195 + -1,0281 + -4,1681) = -3,680$$

$$A2 = 1/4 (-5,2911 + -2,3889 + -5,3233 + -4,8158) = -4,455$$

$$B1 = 1/4 (-5,2055 + -4,3195 + -5,2911 + -2,3889) = -4,301$$

$$B2 = 1/4 (-1,0281 + -4,1681 + -5,3233 + -4,8158) = -3,834$$

$$C1 = 1/4 (-5,2055 + -1,0281 + -5,2911 + -5,3233) = -4,212$$

$$C2 = 1/4 (-4,3195 + -4,1681 + -2,3889 + -4,8158) = -3,923$$

Tabel 4.9 menunjukkan efek dari tiga karakteristik utama yang diamati: kedalaman potong, gerak potong, dan jenis pendingin.

Tabel 4. 9 Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Parameter

Rasio S/N dari Pengaruh Parameter			
Level	A	B	C
1	-3.680	-3.834	-4.212
2	-4.455	-4.301	-3.923
Delta	0.774	0.467	0.289
Rank	1	2	3

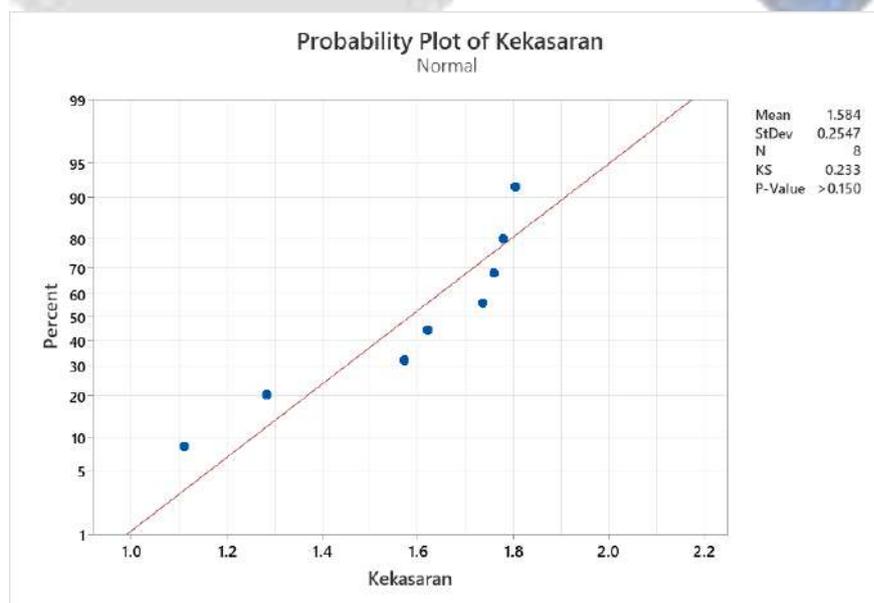
Sumber: Hasil Perhitungan

Peringkat atau ranking parameter yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap respon kekasaran permukaan dapat diidentifikasi dari Tabel 4.9, yang menunjukkan reaksi rasio S/N pada setiap level terhadap respon kekasaran permukaan. Dapat dilihat bahwa kedalaman potong merupakan parameter yang

memiliki pengaruh paling besar, dengan selisih nilai sebesar 0,774. Selanjutnya, gerak potong memiliki selisih nilai sebesar 0,467. Sementara jenis pendingin memiliki selisih nilai sebesar 0,289. Pada metode taguchi nilai respon kekasaran yang diambil adalah rasio S/N dikarenakan proses tersebut menghasilkan produk yang tahan terhadap faktor gangguan atau noise.

4.3. Uji Normalitas Data Kekasaran

Untuk memastikan apakah data yang diuji berdistribusi normal atau tidak, maka nilai rata-rata kekasaran permukaan dilakukan uji normalitas data. H_0 = data tidak berdistribusi normal, dan H_1 = data berdistribusi normal adalah hipotesis yang diterapkan. Jika nilai p-value lebih kecil dari 0.05, atau 5%, maka H_0 dapat diterima. Gambar 4.3 menampilkan hasil uji normalitas data dengan menggunakan *software analisys* dan uji *Kolmogorov-Smirnov*.



Gambar 4. 3 Grafik Uji Normalitas Data

2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kenormalan data, diketahui nilai *p – value* sebesar 0,150, sehingga kesimpulan yang dapat diambil yaitu H_0 ditolak. Hal dikarenakan nilai *p – value* = 0,150 lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu data rata-rata nilai kekasaran terdistribusi normal.

4.4. Analisis Varian Rata-rata

Untuk menentukan parameter mana yang paling berpengaruh terhadap rata-rata, maka dilakukan analisis varians rata-rata. Berikut ini adalah rumus untuk analisis varians rata-rata:

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left(\frac{A_i^2}{n_{A1}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan:

- KA = Total level faktor A
- A = Level ke 1 faktor A
- nA1 = Total percobaan level ke 1 faktor A
- T = Total seluruh nilai data
- N = Banyaknya data keseluruhan

4.4.1. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*) Kedalaman Potong

Perhitungan langsung nilai jumlah kuadrat (*sum of square*) untuk faktor A (kedalaman potong)

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{6,084^2}{4} + \frac{6,586^2}{4} - \frac{12,67^2}{8} \\ &= 0,032 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan faktor A

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

4.4.2. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*) Kedalaman Potong

Rumus mengetahui nilai rata-rata kuadrat (*mean square*) untuk faktor A adalah sebagai berikut:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,032}{1} = 0,032$$

4.4.3. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*) Gerak Potong

Perhitungan langsung nilai jumlah kuadrat (*sum of square*) untuk faktor B (gerak potong)

$$\begin{aligned}
 SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{N} \\
 &= \frac{6,444^2}{4} + \frac{6,226^2}{4} - \frac{12,67^2}{8} \\
 &= 0,006
 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan faktor B

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

4.4.4. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*) Gerak Potong

Rumus mengetahui nilai rata-rata kuadrat (*mean square*) untuk faktor B adalah sebagai berikut:

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

4.4.5. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*) Jenis Pendingin

Perhitungan langsung nilai jumlah kuadrat (*sum of square*) untuk faktor C (jenis pendingin)

$$\begin{aligned}
 SS_C &= \frac{c_1^2}{n_{C1}} + \frac{c_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{N} \\
 &= \frac{6,454^2}{4} + \frac{6,216^2}{4} - \frac{12,67^2}{8} \\
 &= 0,007
 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan faktor C

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

4.4.6. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*) Jenis Pendingin

Rumus mengetahui nilai rata-rata kuadrat (*mean square*) untuk faktor C adalah sebagai berikut:

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{0,007}{1} = 0,007$$

Total derajat kebebasan:

$$\begin{aligned}
 V_T &= N - 1 \\
 &= 8 - 1 = 7
 \end{aligned}$$

4.4.7. Jumlah Kuadrat Total

Dengan menggabungkan nilai hasil uji kekasaran permukaan rata-rata ke rumus di bawah ini, kita bisa mendapatkan jumlah total kuadrat.

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum y^2 \\&= 1,778^2 + 1,621^2 + 1,112^2 + 1,573^2 + 1,760^2 + 1,285^2 + \\&1,804^2 + 1,737^2 \\&= 20,520\end{aligned}$$

4.4.8. Jumlah Kuadrat Rata-rata

Jumlah dari kuadrat rata-rata didapatkan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}S_m &= n\bar{Y}^2 \\&= 8 \times (1,584)^2 \\&= 20,072\end{aligned}$$

4.4.9. Jumlah Kuadrat Error

Jumlah dari kuadrat *error* didapatkan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}SS_{factor} &= SS_A + SS_B + SS_C \\&= 0,032 + 0,006 + 0,007 \\&= 0,045\end{aligned}$$

4.4.10. Jumlah Residual Error

Jumlah dari residual *error* didapatkan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - S_m - SS_{factor} - SS_{A \times B} - SS_{A \times C} - SS_{B \times C} \\&= 20,520 - 20,072 - 0,045 - 0,183 - 0,089 - 0,132 \\&= 0,1637\end{aligned}$$

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

Hasil perhitungan yang telah didapatkan kemudian disesuaikan dengan hasil perhitungan menggunakan *software analysis*. Tabel 4.10 menunjukkan hasil perhitungan menggunakan *software analysis*.

Tabel 4. 10 Analisis Varian Rata-rata

Source	DF	SS	MS	F	F-Tabel
Kedalaman Potong (mm)	1	0.031752	0.031752	5.76	161,4
Gerak Potong (mm/put)	1	0.005904	0.005904	1.07	161,4
Jenis Pendingin	1	0.007160	0.007160	1.30	161,4
Kedalaman Potong (mm)*	1	0.183214	0.183214	33.24	
Gerak Potong (mm/put)					
Kedalaman Potong (mm)*	1	0.089465	0.089465	16.23	
Jenis Pendingin					
Gerak Potong (mm/put)*	1	0.131927	0.131927	23.93	
Jenis Pendingin					
Residual Error	1	0.005512	0.005512		
Total	7	0.454934			

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa H0 dapat diterima karena nilai F-Test lebih kecil dari nilai F-Tabel, yang mengindikasikan bahwa ketiga faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Kedalaman potong, gerak potong dan jenis cairan pendingin yang digunakan pada setiap level merupakan tiga faktor yang menentukan kekasaran permukaan yang ideal.

4.5. Analisis Varian Rasio S/N

Analisis varians dapat digunakan untuk menentukan karakteristik yang secara substansial memengaruhi nilai rasio S/N, seperti halnya memengaruhi nilai rata-rata kekasaran permukaan. Analisis varian rasio S/N didapatkan melalui perhitungan berikut:

4.5.1. Jumlah Kuadrat Rasio S/N Kedalaman Potong

Perhitungan nilai jumlah kuadrat untuk faktor A (kedalaman potong)

$$\begin{aligned}
 SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{N} \\
 &= \frac{-14,721^2}{4} + \frac{-17,819^2}{4} - \frac{-32,540^2}{8} \\
 &= 1,199
 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan faktor A

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

4.5.2. Rata-rata Kuadrat Rasio S/N Kedalaman Potong

Rumus mengetahui nilai rata-rata kuadrat untuk faktor A adalah sebagai berikut:

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{1,199}{1} = 1,199$$

4.5.3. Jumlah Kuadrat Rasio S/N Gerak Potong

Perhitungan nilai jumlah kuadrat untuk faktor B (gerak potong)

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{-17,205^2}{4} + \frac{-15,336^2}{4} - \frac{-32,541^2}{8} \\ &= 0,437 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan faktor B

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

4.5.4. Rata-rata Kuadrat Rasio S/N Gerak Potong

Rumus mengetahui nilai rata-rata kuadrat (*mean square*) untuk faktor B adalah sebagai berikut:

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,437}{1} = 0,437$$

4.5.5. Jumlah Kuadrat Rasio S/N Jenis Pendingin

Perhitungan nilai jumlah kuadrat untuk faktor C (jenis pendingin)

$$\begin{aligned} SS_C &= \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{-16,848^2}{4} + \frac{-15,592^2}{4} - \frac{-32,440^2}{8} \\ &= 0,167 \end{aligned}$$

Derajat kebebasan faktor C

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

4.5.6. Rata-rata Kuadrat Rasio S/N Jenis Pendingin

Rumus mengetahui nilai rata-rata kuadrat (*mean square*) untuk faktor C adalah sebagai berikut:

$$MS_C = \frac{SS_C}{v_C} = \frac{0,167}{1} = 0,167$$

Tabel 4.11 menampilkan analisis varians untuk dampak setiap parameter pada kekasaran permukaan.

Tabel 4. 11 Hasil *Analisis of Varians*

Source	DF	SS	MS	F	F-Tabel
Kedalaman Potong (mm)	1	1.1996	1.1996	3.61	161,4
Gerak Potong (mm/put)	1	0.4370	0.4370	1.31	161,4
Jenis Pendingin	1	0.1670	0.1670	0.50	161,4
Kedalaman Potong (mm)*	1	5.7592	5.7592	17.31	
Gerak Potong (mm/put)					
Kedalaman Potong (mm)*	1	4.0097	4.0097	12.05	
Jenis Pendingin					
Gerak Potong (mm/put)*	1	5.1532	5.1532	15.49	
Jenis Pendingin					
Residual Error	1	0.3327	0.3327		
Total	7	17.0583			

S = 0.5768 R-Sq = 98.05% R-Sq(adj) = 86.35%

Sumber: Hasil Perhitungan *Software Analisis*

Nilai F-Test lebih kecil dari nilai F-Tabel, yang mengindikasikan bahwa ketiga variabel tersebut tidak memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja, sehingga H0 dapat diterima. Pada setiap level, tiga variabel yang menentukan kekasaran permukaan yang ideal adalah kedalaman potong, gerak potong, dan jenis pendingin.

4.6. Persen Kontribusi Rata-rata Kekasaran Permukaan

SS' pada awalnya dihitung untuk menentukan persentase kontribusi yang diberikan oleh masing-masing parameter. Rumus untuk menentukan SS' adalah sebagai berikut:

$$SS'_{factor} = SS_{factor} - MS_{error}(V_v) \dots\dots\dots(4.4)$$

$$SS'_A = SS_A - MS_e \times V_A \\ = 0,032 - 0,005 \times 1 = 0,027$$

$$SS'_B = SS_B - MS_e \times V_B \\ = 0,006 - 0,005 \times 1 = 0,001$$

$$SS'_C = SS_C - MS_e \times V_C \\ = 0,007 - 0,005 \times 1 = 0,002$$

$$SE' = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C \\ = 0,455 - 0,027 - 0,001 - 0,002 = 0,425$$

Menghitung persen kontribusi:

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

$$P_A = \frac{0,027}{0,455} \times 100\% = 5,93\%$$

$$P_B = \frac{0,001}{0,455} \times 100\% = 0,22\%$$

$$P_C = \frac{0,002}{0,455} \times 100\% = 0,44\%$$

$$P_e = \frac{0,425}{0,455} \times 100\% = 93,40\%$$

Tabel 4.12 menampilkan temuan persentase kontribusi untuk perhitungan rasio S/N.

Tabel 4. 12 Persen Kontribusi Rasio S/N

Parameter	V	SS	MS	F-Rasio	ρ %
Kedalaman Potong	1	0,027	0,027	5,4	5,93%
Gerak Potong	1	0,001	0,001	0,2	0,22%
Jenis Pendingin	1	0,002	0,002	0,4	0,44%
Error	1	0,425	0,005	-	93,40%
Total	7	0,455	-	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa dibandingkan dengan parameter gerak potong (faktor B) dan jenis pendingin (faktor C), kedalaman potong (faktor A) memberikan kontribusi terbesar dengan nilai 5,93% terhadap nilai kekasaran permukaan. Faktor C atau jenis pendingin merupakan faktor kedua yang mempengaruhi kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 0,44%. Gerak potong atau faktor B adalah faktor ketiga yang mempengaruhi kekasaran permukaan dengan pengaruh sebesar 0,22%.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan berikut ini dapat dibuat berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan oleh penulis dengan judul Optimasi Variasi Media Pendingin dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi pada bab sebelumnya.

1. Berdasarkan hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan cairan pendingin minyak sawit sebesar $1.614 \mu\text{m}$, dan minyak kelapa sebesar $1.554 \mu\text{m}$. Jika dibandingkan dengan cairan pendingin dromus pada penelitian sebelumnya (Verdian, 2023), maka penggunaan cairan pendingin minyak nabati tidak lebih baik daripada cairan pendingin dromus dengan nilai kekasaran permukaan sebesar $1,233 \mu\text{m}$.
2. Berdasarkan hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan baja AISI 1045 dengan tiga variasi parameter proses, maka kedalaman potong memiliki persen kontribusi paling besar yaitu 5,93%. Jenis pendingin memiliki persen kontribusi sebesar 0,44%. Gerak potong memiliki persen kontribusi sebesar 0,22%.
3. Variasi parameter proses pemesinan bubut CNC dengan benda kerja baja AISI 1045 yaitu parameter kedalaman potong pada level 1 sebesar 0,50 mm, parameter gerak potong pada level 2 sebesar 0,16 mm/put, dan parameter jenis pendingin pada level 2 yaitu minyak kelapa dengan kekasaran minimum sebesar $1.554 \mu\text{m}$.

5.2. Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya memperbanyak faktor, level dan sampel pada penelitian sehingga diperoleh kontribusi setiap level yang berpengaruh dalam menentukan nilai kekasaran.
2. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai penyebab parameter yang mempengaruhi nilai kekasaran dibawah 10 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Apreza, S., Kurniawan, Z., & Subhan, M. (n.d.). *Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Pembubutan Baja St.42 Dengan Menggunakan Metode Taguchi*.
- Arifin, A. (2017). Pengetahuan Dasar Mesin Bubut CNC. *Artikel Scholar*. https://doi.org/https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=H-pyLVwAAAAJ&citation_for_view=H-pyLVwAAAAJ:9Nmd_mFXekcC
- Belluco, W. (2001). *Performance Testing Of Cutting Fluids*. https://doi.org/https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Krahmer/post/Is_there_any_testing_methods_available_based_on_AST_M_to_know_anti_corrosion_ability_of_cutting_fluids_in_machining/attachment/59d6447579197b807799fb96/AS%3A448760892399616%401484004342355/download/Walter+Belluco+PhD_thesis+2000.pdf
- Cahyo, R. D., Subhan, M., & Pratiwi, I. R. (2021). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*. <https://doi.org/https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/11>
- Furqoni, M. (2022). Bagian-bagian Mesin CNC dan Fungsinya. *Artikel, 1*. <https://doi.org/https://teknikece.com/mesin-cnc/bagian-mesin-cnc/>
- Hartini, S. (2019). *Pengaruh Kondisi Pemesinan Dan Cairan Pendingin Minyak Sawit Serta Minyak Kelapa Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Frais*.
- Haumahu, P. (2011). Optimalisasi Produk dengan Menggunakan Metode Perancangan Toleransi Taguchi. *Prosiding Seminar Nasional*, 304. https://doi.org/http://eprints.undip.ac.id/39349/1/Prosiding_Bu_Tuti2.pdf
- Isham, Z. (2018). *Pengaruh laju Aliran Cutting Fluid (Minyak Kelapa) Terhadap Bentuk Chip dan Kekasaran Permukaan pada Proses Turning Menggunakan Metode Minimum Quantity of Drop Lubrication*.

<https://doi.org/http://repository.ub.ac.id/id/eprint/163028/1/Zelvio%20Afianda%20Isham.pdf>

- Munandi, S. (2017). Pengukuran Kekasaran Permukaan.” Panduan Pengajar Buku Dasar-dasar Metrologi Industri. *Jurnal*, 1–25. <https://doi.org/https://scholar.google.com/citations?user=JDBOGG8AAAJ&hl=id&oi=sra>
- Pramono, A. (2011). Karakterisrik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai. In *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 5, Issue 1). www.uddeholm.com,
- Rahmi, M., & Umam, K. (2022). *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*.
- Rifnaldi, R., & Mulianti. (2019). Pengaruh Perlakuan Panas Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinay Research and Development*, 1(4), 950–959.
- Rildho. (2010). Pengaruh Minyak Sawit sebagai Bio Cutting Fluid dengan Variasi Kecepatan Pemotongan terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses Turning. *Rildho*.
- Rizllah, M. (2022). Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle (RPM) dan Feeding terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1045 pada Proses Pemesinan CNC Bubut. *Rizllah Muhammad*, IV–IV.
- Rochim, T. (2001). Spesifikasi, Metrologi, Dan Kontrol Kualitas Geometrik Jilid 1. *Book*. https://doi.org/http://katalog.pustaka.unand.ac.id//index.php?p=show_detail&id=4378
- Saputro, H. (2010). *Model Matematik Untuk Memprediksi Kekasaran Permukaan Hasil Proses Cnc Bubut Tanpa Pendinginan*. (Vol. 10, Issue 1). <https://doi.org/file:///C:/Users/USER/Downloads/809-1729-1-SM.pdf>

- Setiyono Irawan. (2015). *Analisis Pengaruh Cairan pendingin Minyak kelapa dan Tanpa Cairan pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Kuningan Pada Pemesinan Cnc Tu-2a*.
- Shabur, A. (2022). Keunggulan Minyak Barco. *Website*.
<https://doi.org/https://harga.web.id/harga-minyak-barco-kelapa.info>
- Soejanto, I. (2009). Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. *Artikel Scholar*.
https://doi.org/https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=i4bgzAIAAAAJ&citation_for_view=i4bgzAIAAAAJ:u5HHmVD_uO8C
- Sunyapa, B. (2016). *Analisis Variasi Proses Milling Cnc Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 41 Dengan Metode Taguchi*.
<https://doi.org/https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/75685/Bijak%20Sunyapa%20-%20121910101044%20-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sutopo. (2012). *Cairan Pemotongan dan Aplikasinya*.
<https://doi.org/https://adoc.pub/sutopo-mt-pendidikan-teknik-mesin-fakultas-teknik-uny-maret.html>
- Verdian, M. (2023). *Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Terhadap Pemakanan Kering Dan Basah Terhadap Material Baja Aisi 1045 Pada Proses Pemesinan Cnc Bubut*.
- Warapsari, D. (2022). Informasi Minyak Goreng Sania. *Personal Blog*.
<https://doi.org/https://www.aurodigo.com/informasi-minyak-goreng-sania>
- Widarto. (2008). *Teknik Pemesinan Jilid 1 SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*.
- Wijanarka, S. (2016). *Bab 2 Proses Bubut Turning*.
<https://doi.org/https://docplayer.info/60580997-Sumber-belajar-penunjang-plpg-2016-teknik-pemesinan.html>
- Worlds, E. (2019). Metode Pemrograman CNC (Computer Numerical Control). *Artikel*, 1–2.

Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama : Ander Farehan
Tempat, Tanggal Lahir : Sungai Jeruju, 04 Maret 2001
Alamat : Kp Jawa Sungailiat
HP : 081271079293
E-mail : anderfarehan@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 1 Sungai Jeruju Tahun 2008-2014
SMP Negeri 15 Palembang Tahun 2014-2017
SMK Negeri 1 Payung Tahun 2017-2020

Sungailiat, 23 Januari 2024


Ander Farehan

Lampiran 2

Hasil Pengukuran

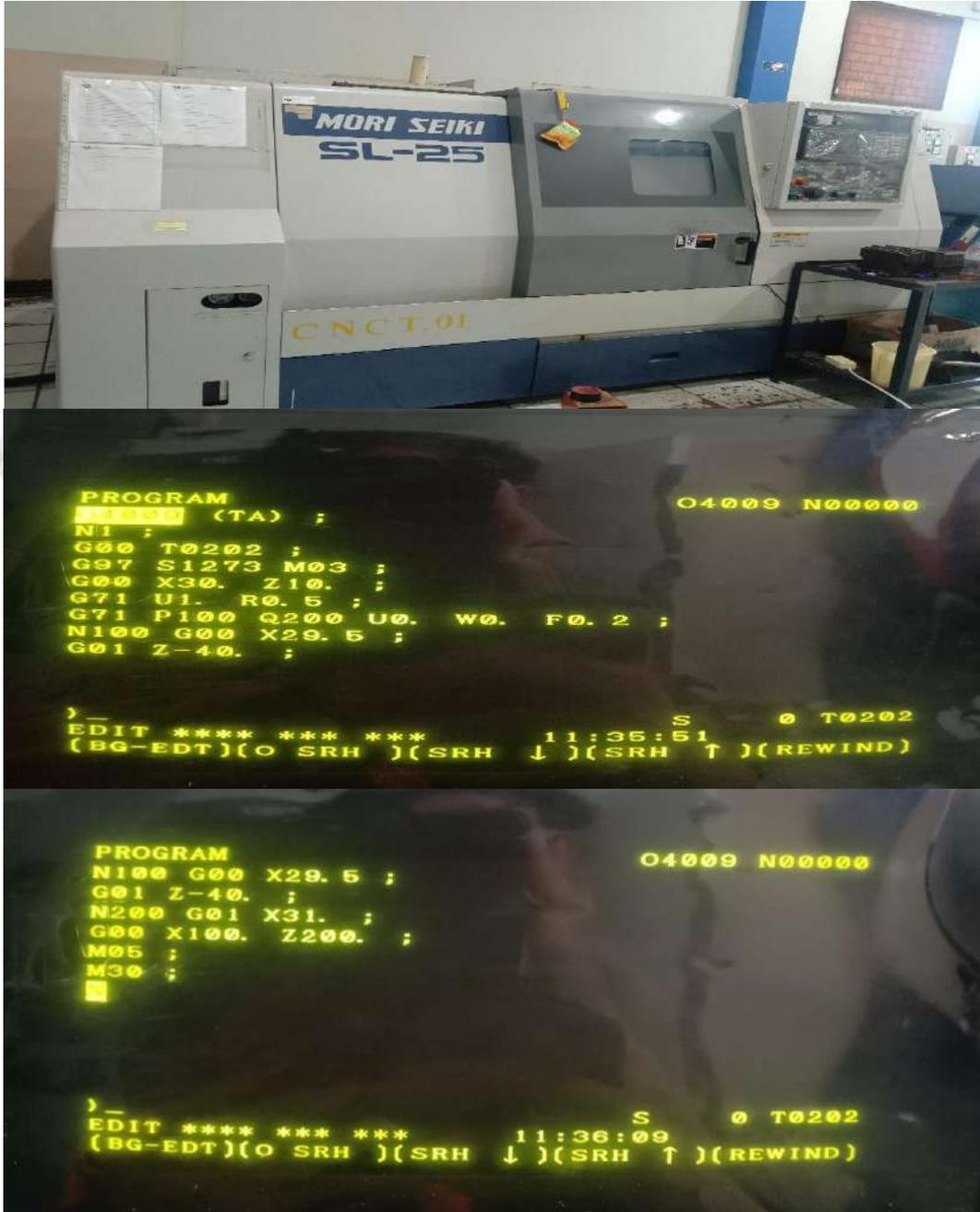
Tabel 4.1 Data Awal Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

No	Spesimen	Bidang Uji			Rata-rata
		1	2	3	
1	Data Awal	2.161	2.341	2.327	2.276
	Reflikasi 1	1.712	1.804	1.710	1.742
	Reflikasi 2	1.258	1.304	1.387	1.316
	Jumlah rata-rata percobaan 1				1.778
2	Data Awal	1.768	1.910	1.900	1.859
	Reflikasi 1	1.460	2.177	1.686	1.774
	Reflikasi 2	1.102	1.404	1.178	1.228
	Jumlah rata-rata percobaan 2				1.621
3	Data Awal	0.811	0.834	1.026	0.890
	Reflikasi 1	1.209	1.109	1.049	1.122
	Reflikasi 2	1.377	1.505	1.086	1.323
	Jumlah rata-rata percobaan 3				1.112
4	Data Awal	1.049	1.483	0.613	1.048
	Reflikasi 1	2.136	2.663	0.749	1.849
	Reflikasi 2	1.707	1.920	1.835	1.821
	Jumlah rata-rata percobaan 4				1.573
5	Data Awal	1.001	1.121	1.073	1.065
	Reflikasi 1	2.227	2.416	2.425	2.356
	Reflikasi 2	2.335	1.585	1.660	1.860
	Jumlah rata-rata percobaan 5				1.760
6	Data Awal	1.076	1.091	1.049	1.072
	Reflikasi 1	1.231	0.965	1.075	1.090
	Reflikasi 2	1.658	1.867	1.550	1.692
	Jumlah rata-rata percobaan 6				1.285
7	Data Awal	1.824	2.076	1.882	1.927

	Reflikasi 1	2.328	2.225	2.067	2.207
	Reflikasi 2	1.305	0.987	1.544	1.279
	Jumlah rata-rata percobaan 7				1.804
8	Data Awal	1.816	1.377	1.645	1.613
	Reflikasi 1	2.008	1.567	2.081	1.885
	Reflikasi 2	2.159	1.441	1.543	1.714
	Jumlah rata-rata percobaan 8				1.737



Lampiran 3
Dokumentasi Penelitian



```
PROGRAM                                04009 N00000
(TA) ;
N1 ;
G00 T0202 ;
G97 S1273 M03 ;
G00 X30. Z10. ;
G71 U1. R0.5 ;
G71 P100 Q200 U0. W0. F0.16 ;
N100 G00 X29.5 ;
G01 Z-40. ;

) _ S 0 T0202
EDIT **** *** *** 11:37:18
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

```
PROGRAM                                04009 N00000
N100 G00 X29.5 ;
G01 Z-40. ;
N200 G01 X31. ;
G00 X100. Z200. ;
M05 ;
M30 ;

) _ S 0 T0202
EDIT **** *** *** 11:37:38
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

```
PROGRAM                                04009 N00000
(TA) ;
N1 ;
G00 T0202 ;
G97 S1273 M03 ;
G00 X30. Z10. ;
G71 U1. R0.5 ;
G71 P100 Q200 U0. W0. F0.2 ;
N100 G00 X29. ;
G01 Z-40. ;

) _ S 0 T0202
EDIT **** *** *** 11:38:33
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

```
PROGRAM                                04009 N00000
N100 G00 X29. ;
G01 Z-40. ;
N200 G01 X31. ;
G00 X100. Z200. ;
M05 ;
M30 ;

) _ S 0 T0202
EDIT **** *** *** 11:38:52
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

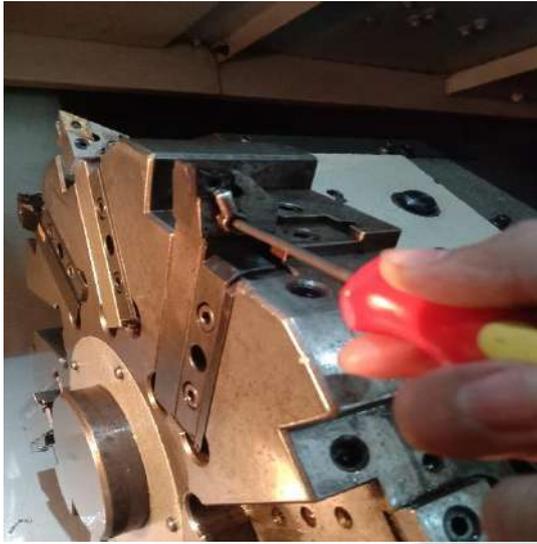
```
PROGRAM                                O4009 N00000
( ) (TA) ;
N1 ;
G00 T0202 ;
G97 S1273 M03 ;
G00 X30. Z10. ;
G71 U1. R0.5 ;
G71 P100 Q200 U0. W0. F0.16 ;
N100 G00 X29. ;
G01 Z-40. ;

) _ S 0 T0202
EDIT **** *** *** 11:39:29
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```

```
PROGRAM                                O4009 N00000
N100 G00 X29. ;
G01 Z-40. ;
N200 G01 X31. ;
G00 X100. Z200. ;
M05 ;
M30 ;

) _ S 0 T0202
EDIT **** *** *** 11:39:56
(BG-EDT)(O SRH )(SRH ↓ )(SRH ↑ )(REWIND)
```



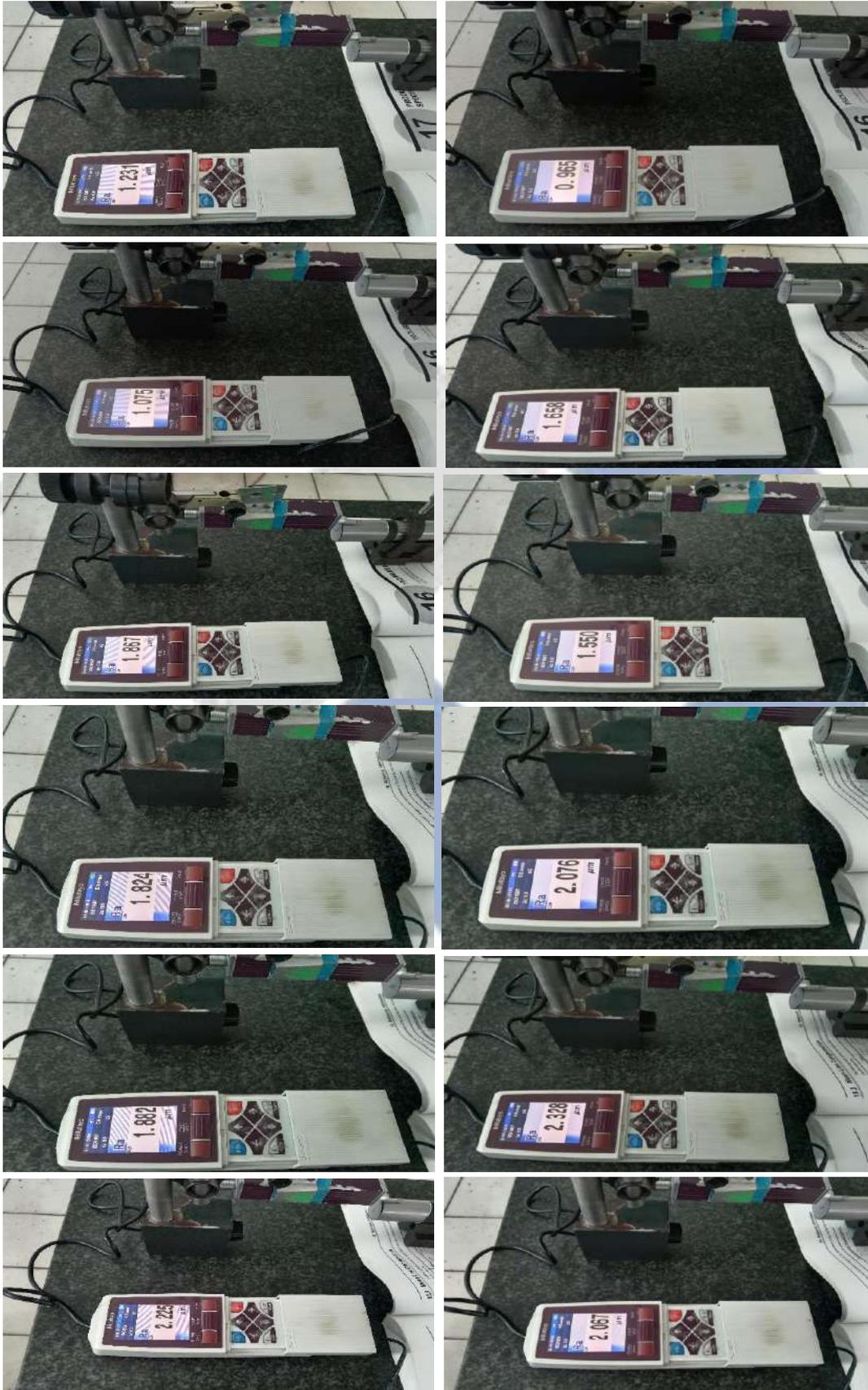


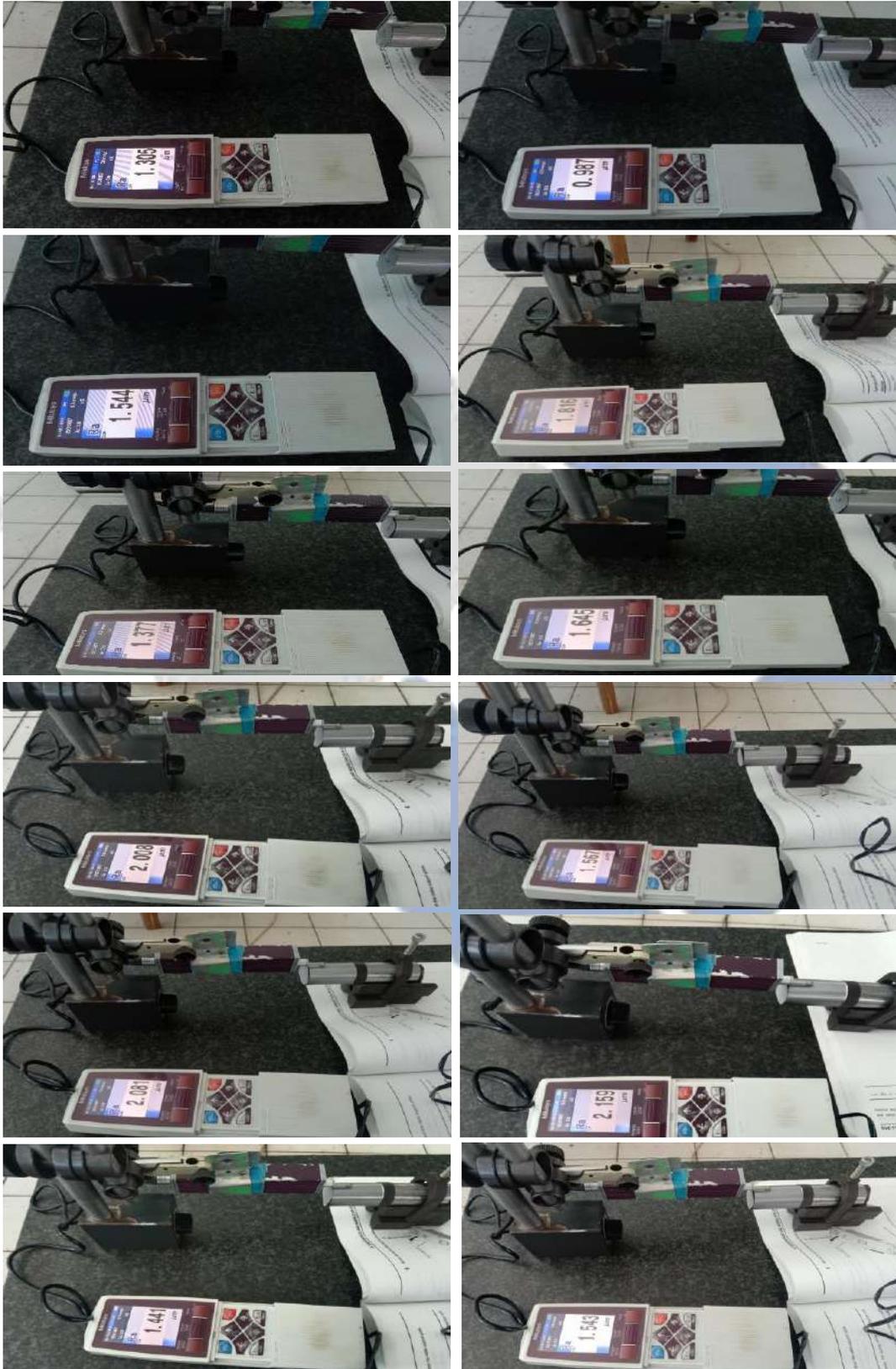












Lampiran 4

F Tabel

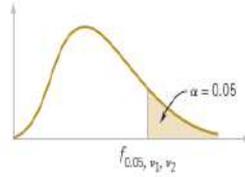


TABLE • VI Percentage Points f_{α, v_1, v_2} of the F Distribution (Continued)

f_{α, v_1, v_2}

$v_2 \backslash v_1$	Degrees of freedom for the numerator (v_1)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Lampiran 5

Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023			
JUDUL	OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN BARI MINGK NABATI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045 PADA PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI		
Nama Mahasiswa	Ander Farhan NIRM: 1092004		
Nama Pembimbing	1. Husman, S.S.T., M.T. 2. _____ 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	12/05/2023	- Evaluasi Daftar tuntutan - Membahas alat bantu pompa pendingin	
2	29/05/2023	- Menentukan Parameter - Membahas Metode Taguchi	
3	22/06/2023	- Membahas alat dan bahan penelitian - Membahas Metode Taguchi	
4	06/07/2023	- Menyiapkan Pompa Pendingin	
5	07/07/2023	- Parameter Proses - Metode Taguchi orthogonal L ₉	
6	12/09/2023	- BAB III	
7	02/2023/10	- Mengubah parameter proses	
8	07/2023/10	- Merancang Pompa Pendingin	
9	14/10/2023	- Menetapkan rancangan percobaan	
10	04/2023/12	- Pembahasan Proposal dan Jurnal	

Catatan:

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

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023			
			
JUDUL	Optimasi Variasi Media Pendingin Laci Minyak Nabati Terhadap Kefasatan Permukaan Baja Aisi 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi		
Nama Mahasiswa	Ander Farhan NIRM: 1042004		
Nama Pembimbing	1. Navita Sari, M. Pd. 2. _____ 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	05/07/2023	- Bab 1 latar belakang - Penulisan proyek akhir Bab 1-3	
2	07/07/2023	- Bab 1 latar belakang - Penulisan proyek akhir	
3	20/07.2023	- Bab 1 Latar belakang pada paragraf 2.	
4	4/08.2023	Bab 3 Metode	
5	14/08.2023	Bab 3 Metode bagian Alat dan Bahan.	
6	5/09.2023	Uji hipotesis pada metode	
7	30/11.2023	Abstrak. Kesimpulan	
8	9/12.2023	Pembahasan Jurnal	
9	6/12.2023	Bab IV	
10	7/12.2023	Bab IV	

Catatan:

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

Lampiran 6

Form Monitoring

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
JUDUL		Optimalisasi Variasi Media Pendingin dari Minyak nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan metode Taguchi	
Nama Mahasiswa		1. <u>Ander Farzhan</u> /NIRM: <u>1092004</u> 2. _____ /NIRM: _____ 3. _____ /NIRM: _____ 4. _____ /NIRM: _____ 5. _____ /NIRM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	07/2023 /07	50 %	
1	07/2023 /07	Proposal Bab 1 yang baru direvisi 25 %	

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

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Husman SST, M.T.)	Pembimbing 2  (Novita Sari, M.Pd.)	Pembimbing 3 (.....)

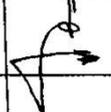
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
JUDUL		Optimalisasi Variasi Media Pendingin dari Minyak Nabati Terhadap Kecepatan Permukaan Baja AISI 1045 pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi	
Nama Mahasiswa		1. Ander Farehan /NIRM: 1042004 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	12/10.2023	50%	
2	16/10 2023	55%	

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

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....)	Pembimbing 2  (Novitasari, M.Pd)	Pembimbing 3 (.....)

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
		JUDUL Optimasi Variasi Media Pendingin Dari Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Aisi 1045 Pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi	
Nama Mahasiswa		1. Arker Farhan /NIRM: 1092004	
		2. /NIRM:	
		3. /NIRM:	
		4. /NIRM:	
		5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	04/12/2023	100%	
3	04/12/2023	95%	

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

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

Lampiran 7

Bukti Bukan Plagiasi

Optimasi Variasi Media Pendingin Minyak Nabati Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 pada Proses Bubut CNC Menggunakan Metode Taguchi

ORIGINALITY REPORT

16% SIMILARITY INDEX	16% INTERNET SOURCES	1% PUBLICATIONS	1% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	15%
2	repository.usu.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes On
Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%

Lampiran 8

Bukti Publikasi



JITT :
JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG
Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585
website :

e-ISSN : 3026-0213

SURAT KETERANGAN
Nomor : 086/Pl..28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK NABATI
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045 PADA
PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*”**

Atas nama :

Penulis : **ANDER FAREHAN, HUSMAN, NOVITASARI**

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 7 Desember 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 7 Desember 2023
Kepala P3KM,



Dr. Farulian Sihalahi, M.Pd
NIP. 1964 0102 2021 211 001

Lampiran 9
Sertifikat Baja AISI 1045

saarstahl

Verkauf Neubüchen
 Telp + 49 (0) 68 98 10 87 00
 Fax + 49 (0) 68 98 10 87 01
 E-Mail verkauf.neubuechen@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

Verkauf Naumeller
 Telp + 49 (0) 68 98 10 42 00
 Fax + 49 (0) 68 98 10 42 02
 E-Mail verkauf.naumeller@saarstahl.com

Verkauf Schneide
 Telp + 49 (0) 68 98 10 43 00
 Fax + 49 (0) 68 98 10 40 15
 E-Mail verkauf.schneide@saarstahl.com

INSPECTION CERTIFICATE / ABSCHNITTBERICHT

Inspection No 083072AE004
 Order No 51230-2288
 Specification 1.1045c
 Customer UMM CO.LTD

Charge No	Size	Length	Quantity	Meas	Spec	Chemische Analyse (Schmelze)									
						CU	MO	Cr	Ni	Mn	Si	P	S		
A92298	30	6000	100	121	Result 1.1045c			0.2	0.2			0.50-0.100	0.15-0.40		
Hardensability (End Quenching Methode)						Hardness		Distance		Grain Size					
Distance															
Spec															
Result						Tensile Test		Bend Test		Hardness Supplied HB		Impact Test			
Spec						YP	TS	EL	RA			Ultrasonic test : Good No Repair Welding Micro Stucture : Good Free From Mercury Contamination			
Result						0.20%	1%	1%	1%						

Handwritten notes: 1.1045, 1000





e-ISSN : 3026-0213

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 : 086/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK NABATI
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045 PADA
PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*”**

Atas nama :

Penulis : **ANDER FAREHAN, HUSMAN, NOVITASARI**

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 7 Desember 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 7 Desember 2023
Kepala P3KM,



Dr. Parulian Silalahi, M.Pd
NIP. 1964 0102 2021 211 001

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR

TAHUN AKADEMIK

2022, 2023

JUDUL : Optimalisasi Vantah Kedisain Pemasangan

Nama Mahasiswa : 1. Andar Favehan NIM: 1042004
 2. _____ NIM: _____
 3. _____ NIM: _____
 4. _____ NIM: _____
 5. _____ NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
- Bahasan perkingin huns ditambahkan	18
- tujun ditambahkan & penambah penerik sikelan ya. 1	3
- Kesimpulan dituliskan & penambah	65
- <u>hal 2</u>	

Sunggailiat, 17-1-2024

Penguji

(Emmanuel)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing

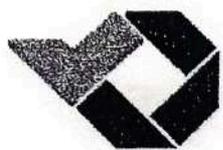
(Fidus)

Sunggailiat, 23-1-2024

Penguji

(Emmanuel)

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



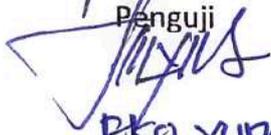
FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

...../.....

JUDUL :

Nama Mahasiswa : 1. Ander Fahrani NIM: 1042004
 2. _____ NIM: _____
 3. _____ NIM: _____
 4. _____ NIM: _____
 5. _____ NIM: _____

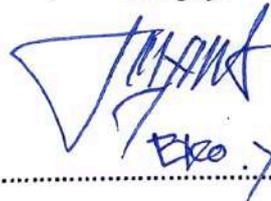
Bagian yang direvisi	Halaman
Revisi di chat pd makalah	
Makalah di bawa pada saat Revisi	

Sunggailiat, 17 01 2024
 Penguji

 (.....Eko. YUDO.....)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing

 (.....Rumie......)

Sunggailiat, 24 01 2024
 Penguji

 (.....Eko. Y.....)



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK
2023 / 2024

JUDUL :

Nama

Mahasiswa :

- | | |
|-------------------------|------------|
| 1. <u>Andir Farehan</u> | NIM: _____ |
| 2. _____ | NIM: _____ |
| 3. _____ | NIM: _____ |
| 4. _____ | NIM: _____ |
| 5. _____ | NIM: _____ |

Bagian yang direvisi	Halaman
- Revisi di bagian <u>bagian & partitur</u> yg parameter	
<u>sbg</u> <u>partitur</u> <u>akhir</u> <u>keasman</u>	
- <u>terutama</u> <u>tentang</u> <u>penduga</u> <u>pd</u> <u>dasar</u> <u>teori</u>	
- <u>parameter</u> <u>tersebut</u> ? & <u>parameter</u> <u>tersebut</u> ?	
- <u>parameter</u> <u>tersebut</u> <u>di</u> <u>partitur</u> <u>Dasar</u> <u>teori</u> .	
- <u>studen</u> <u>keasman</u> <u>tersebut</u> <u>WC</u> ?	
- <u>Revisi</u> <u>alat</u> <u>partitur</u> .	

Sunggailiat, 17-01-2024

Penguji

(Farehan)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing

(Farehan)

Sunggailiat, 25-1-2024

Penguji

(Farehan)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:

OPTIMASI VARIASI MEDIA PENDINGIN DARI MINYAK NABATI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA AISI 1045 PADA PROSES BUBUT CNC MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

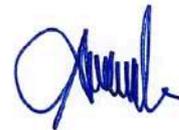
Oleh :

Ander Farehan / NPM 1042004

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 23 Januari 2024



Ander Farehan

Pembimbing 1,



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

Pembimbing 2,



Novitasari, M.Pd.

