

SKRIPSI

OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PEMBUBUTAN POROS BAJA AISI 1045 (S45C/C45) DENGAN METODE TAGUCHI PADA KONDISI PEMOTONGAN KERING

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan



Disusun Oleh :

Anda Aulia Fazita
NIM 2204221440

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNIK MESIN PRODUKSI DAN PERAWATAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

2026

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Bukan Tentang Siapa yang paling cepat mencapai garis akhir, melainkan siapa yang memiliki keberanian untuk melangkah hingga setiap perjuangan menemukannya akhirnya”

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan kepada ibunda tercinta, Rosmaniar. Terima kasih telah menjadi cinta pertama, rumah ternyaman dan alasan terbesar saya untuk tidak menyerah dan memberi kasih sayang yang selalu menemani setiap langkah saya. Semoga karya sederhana ini menjadi motivasi setiap langkah saya menuju kesuksesan.

LEMBAR PENGESAHAN
OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PEMBUBUTAN POROS
BAJA AISI 1045 (S45C/C45) DENGAN METODE TAGUCHI
PADA KONDISI PEMOTONGAN KERING

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi Diploma IV
Jurusan Teknik Mesin*

Oleh :

Anda Aulia Fazita
2204221440

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi:

Tanggal Ujian : 03 Agustus 2026
Periode Wisuda : XI



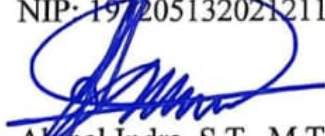
(Pembimbing)

1. Imran, S.Pd., M.T.
NIP: 197503272014041001



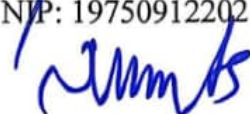
(Penguji 1)

2. Suhardiman, S.T., M.T.
NIP: 197205132021211002



(Penguji 2)

3. Akmal Indra, S.T., M.T.
NIP: 197509122021211002



(Penguji 3)

4. Ir. Murdani, S.T., M.T.
NIP: 198807132025211057

Bengkalis, 10 Agustus 2026
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bengkalis



Bambang Dwi Haripriadi, S.T., M.T.
NIP: 197801302021211004

HALAMAN PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Skripsi ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana.

Tanda Tangan : 
Penguji 1 : Suhardiman, S.T., M.T.
Tanggal Pengujian : 03 Agustus 2026

Tanda Tangan : 
Penguji 2 : Almal Indra, S.T., M.T.
Tanggal Pengujian : 03 Agustus 2026

Tanda Tangan : 
Penguji 3 : Ir. Murdani, S.T., M.T.
Tanggal Pengujian : 03 Agustus 2026

Be

OPTIMASI PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PEMBUBUTAN POROS BAJA AISI 1045 (S45C/C45) DENGAN METODE TAGUCHI PADA KONDISI PEMOTONGAN KERING

Nama : Anda Aulia Fazita
Nim : 2204221440
Dosen Pembimbing : Imran, S.Pd., M.T

ABSTRAK

Kualitas kekasaran permukaan merupakan salah satu indikator penting dalam proses pembubutan karena memengaruhi ketelitian dimensi, ketahanan aus, dan kualitas produk hasil pemesinan. Nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh berbagai parameter pemesinan, seperti kecepatan potong, *feed rate*, dan *depth of cut*. Oleh karena itu, diperlukan optimasi parameter pemesinan untuk memperoleh kualitas permukaan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter pemesinan serta menentukan kombinasi parameter optimum terhadap kekasaran permukaan pada pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45) dengan metode Taguchi pada kondisi pemotongan kering. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan rancangan Orthogonal Array (OA) L9 berdasarkan metode Taguchi yang terdiri atas tiga faktor dan tiga level, yaitu kecepatan potong (50,3 m/menit, 70,4 m/menit, dan 100,5 m/menit), *feed rate* (0,10 mm/rev, 0,16 mm/rev, dan 0,18 mm/rev), serta *depth of cut* (0,20 mm, 0,25 mm, dan 0,30 mm). Proses pembubutan dilakukan pada kondisi pemotongan kering (*dry cutting*). Setiap spesimen diukur kekasaran permukaannya sebanyak tiga kali menggunakan *Surface Roughness Tester*, kemudian dihitung nilai rata-ratanya sebagai respon penelitian. Data dianalisis menggunakan metode Taguchi melalui perhitungan nilai rata-rata (*means*), *Signal-to-Noise Ratio* (S/N Ratio), dan *Analisis Varians* (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan dengan persentase kontribusi sebesar 69,78%, diikuti oleh *depth of cut* sebesar 14,28%, *feed rate* sebesar 5,78%, dan galat (*error*) sebesar 10,16%. Berdasarkan analisis Taguchi diperoleh kombinasi parameter optimum, yaitu kecepatan potong 100,5 m/menit, *feed rate* 0,18 mm/rev, dan *depth of cut* 0,20 mm, yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah.

Kata kunci: optimasi parameter pemesinan, Taguchi, ANOVA, kecepatan potong, *feed rate*, *depth of cut*, kekasaran permukaan, AISI 1045.

OPTIMIZATION OF MACHINING PARAMETERS FOR SURFACE ROUGHNESS IN DRY TURNING OF AISI 1045 (S45C/C45) STEEL SHAFT USING THE TAGUCHI METHOD

Name : Anda Aulia Fazita
Nim : 2204221440
Dosen Pembimbing : Imran, S.Pd., M.T

ABSTRACT

Surface roughness is one of the most important quality indicators in the turning process because it affects dimensional accuracy, wear resistance, and the overall quality of machined products. Surface roughness is influenced by several machining parameters, including spindle speed, feed rate, and depth of cut. Therefore, optimizing machining parameters is essential to obtain the best surface quality. This study aims to analyze the effect of machining parameters and determine the optimum parameter combination for minimizing surface roughness in the dry turning process of AISI 1045 (S45C/C45) steel shafts using the Taguchi method. This research employed an experimental method based on the Taguchi Orthogonal Array (OA) L9 design, consisting of three factors at three levels: spindle speed (50,3 m/min, 70,4 m/min , and 100,5 m/,min), feed rate (0.10 mm/rev, 0.16 mm/rev, and 0.18 mm/rev), and depth of cut (0.20 mm, 0.25 mm, and 0.30 mm). All turning operations were carried out under dry cutting conditions. Surface roughness was measured three times on each specimen using a Surface Roughness Tester, and the average value was used as the response variable. The experimental data were analyzed using the Taguchi method through mean response analysis, Signal-to-Noise (S/N) Ratio analysis, and Analysis of Variance (ANOVA). The results showed that spindle speed was the most influential factor affecting surface roughness, contributing 69.78% to the total variation, followed by depth of cut (14.28%), feed rate (5.78%), and experimental error (10.16%). Based on the Taguchi analysis, the optimum machining parameter combination for achieving the lowest surface roughness was a spindle speed of 100,5 Cutting Speed , a feed rate of 0.18 mm/rev, and a depth of cut of 0.20 mm.

Keywords: *machining parameter optimization, Taguchi method, analysis of variance (ANOVA), spindle speed, feed rate, depth of cut, surface roughness, AISI 1045.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Pembubutan Poros Baja Aisi 1045 (S45c/C45) Dengan Metode Taguchi Pada Kondisi Pemotongan Kering”**. Skripsi ini merupakan salah satu tahap persyaratan yang harus dilalui mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis guna memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik.

Penulis menyadari bahwa proposal ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi kepada penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini dan secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Johny Custer, S.T., M.T. Selaku direktur Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Bapak Bambang Dwi Haripriadi, S.T., M.T. Selaku ketua jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak Firman Alhaffis S.T., M.T Selaku Ketua Prodi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Bengkalis.
4. Bapak Imran, S.Pd., M.T selaku Dosen Pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan perhatian membimbing penulis. Terimakasih telah percaya, membantu, membimbing, dan selalu mendorong penulis untuk terus berkembang.
5. Ibu Siti Umira, ST., MT. Selaku koordinator Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen dan Tendik Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.
7. Kepada seluruh rekan-rekan seperjuangan angkatan 2022 yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, berkah, dan karunia-Nya serta memberikan

kelancaran dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan waktu yang diharapkan.

8. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, berkah, dan karunia-Nya serta memberikan kelancaran dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan waktu yang diharapkan.
9. Kedua Orang tua penulis, cinta pertama dalam hidupku Bapak dan pintu surgaku Mama. Penyemangat penulis dan menjadi sandaran terkuat dari kerasnya dunia. Begitu juga kepada saudara/i dan adik adik perempuan ku tercinta, terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan, yang tiada henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi yang luar biasa. Terimakasih untuk doa-doa yang selalu diberikan untuk penulis, berkat doa serta dukungannya sehingga penulis bisa berada dititik ini. Sehat selalu dan panjang umur karna Ayah, mama dan keluarga harus selalu ada disetiap perjuangan dan pencapaian hidupku.
10. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri Anda Aulia Fazita, yang telah berjuang dengan penuh doa, kesabaran, dan semangat hingga mampu menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih karena tidak pernah menyerah. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seseorang yang telah memberikan dukungan, perhatian, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga senantiasa percaya kepada Tuhan, terus berusaha, membahagiakan kedua orang tua, dan menjadi pribadi yang bermanfaat bagi banyak orang.

Semoga segala bentuk bantuan yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini dicatat oleh Tuhan Yang Maha Esa sebagai amal ibadah.

Penulis menyadari laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini akan penulis terima dengan senang hati. Semoga laporan ini dapat menjadi alat dalam

upaya kitameningkatkan kualitas pendidikan, serta dapat juga bermanfaat bagi pembaca.

Bengkalis, 10 Agustus 2026



Anda Aulia Fazita
2204221440

DAFTAR ISI

MOTTO DAN PERSEMBAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Tujuan Penelitian	4
1.4.2 Manfaat Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Proses Pembubutan (<i>Turning</i>)	8
2.2.1 Definisi Proses Pembubutan (<i>Turning</i>).....	8
2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut	9
2.2.3 Jenis Operasi <i>Turning</i>	9
2.3 Material Baja AISI 1045 (S45C/C45).....	10
2.3.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045	11
2.3.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045.....	12
2.4 Pahat Karbida.....	12
2.5 Parameter Pemesinan	13
2.5.1 Kecepatan Potong (<i>Cutting Speed/Vc</i>).....	14
2.5.2 <i>Feed Rate</i> (Laju Pemakanan).....	17

2.5.3	<i>Depth of Cut</i> (Kedalaman potong)	18
2.6	Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness</i>)	20
2.6.1	Contoh Perhitungan Kekasaran Permukaan (R_a):	22
2.7	Kondisi Pemotongan Kering (<i>Dry Cutting</i>).....	23
2.8	Metode Optimasi dalam Perancangan Eksperimen.....	24
2.8.1	<i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	24
2.8.2	<i>Full Factorial Design</i>	25
2.8.3	Pemilihan Metode Taguchi.....	25
2.9	Metode Taguchi	26
2.9.1	Rumus <i>Signal-to-Noise Ratio</i> (<i>Smaller-The-Better</i>)	27
2.9.2	Rumus Total <i>Sum of Squares</i> (SST) – ANOVA.....	28
2.9.3	Rumus <i>Sum of Squares</i> Faktor (SSA)	28
2.9.4	Rumus <i>Mean Square</i> (MS)	29
2.9.5	Rumus <i>F-Value</i>	29
2.9.6	Rumus Kontribusi Faktor (%).....	30
BAB III METODELOGI PENELITIAN		31
3.1	Alat dan Bahan Penelitian	31
3.1.1	Alat	31
3.1.2	Bahan.....	38
3.2	Variabel Penelitian	39
3.2.1	Variabel Bebas	39
3.2.2	Variabel Terikat	39
3.2.3	Variabel Terkontrol.....	39
3.3	Desain Eksperimen Metode Taguchi	40
3.3.1	Faktor dan Level Penelitian	40
3.3.2	Orthogonal Array (OA) Taguchi.....	41
3.3.3	Jumlah Percobaan dan Replikasi.....	41
3.4	Prosedur Penelitian.....	41
3.5	Metode Pengukuran Kekasaran Permukaan	44
3.6	Teknik Analisis Data	44
3.7	Diagram Alir	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		46

4.1	Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan.....	46
4.2	Perhitungan Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan.....	49
4.3	Perhitungan Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio).....	51
4.4	Analisis Metode Taguchi.....	53
4.4.1	<i>Response Table</i> Berdasarkan Nilai Rata-rata (<i>Mean</i>)	53
4.4.2	<i>Response Table</i> Berdasarkan <i>Signal-to-Noise Ratio</i> (S/N Ratio).....	56
4.4.3	Penentuan Parameter Optimum	58
4.5	Analisis Varians (ANOVA).....	59
4.5.1	Perhitungan <i>Sum of Squares Total</i> (SST).....	59
4.5.2	Perhitungan <i>Sum of Squares</i> Faktor A (SSA)	61
4.5.3	Perhitungan <i>Sum of Squares</i> Faktor B (SSB)	63
4.5.4	Perhitungan <i>Sum of Squares</i> Faktor C (SSC)	65
4.5.6	Derajat Bebas (<i>Degree of Freedom</i> /DOF).....	68
4.5.7	Perhitungan <i>Mean Square</i> (MS)	70
4.5.8	Perhitungan Nilai F-hitung	72
4.5.9	Perhitungan Persentase Kontribusi	74
4.5.10	Rekapitulasi Hasil Analisis Varians (ANOVA)	76
4.6	Pembahasan	77
4.6.1	Pengaruh <i>cutting speed</i> terhadap Kekasaran Permukaan	77
4.6.2	Pengaruh <i>Feed Rate</i> terhadap Kekasaran Permukaan.....	79
4.6.3	Pengaruh <i>Depth of Cut</i> terhadap Kekasaran Permukaan.....	81
4.6.4	Pembahasan Hasil Metode Taguchi dan ANOVA.....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....		88
LAMPIRAN		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Pembentukan Geram (Chip Formation)	9
Gambar 2. 2 Jenis Operasi Turning	10
Gambar 2. 3 Geometri Pahat Insert Karbida	13
Gambar 2. 4 Parameter Permesinan.....	20
Gambar 3. 1 Mesin Bubut DA SHENG Universal Lathe	32
Gambar 3. 2 Kunci Chuck Bubut	33
Gambar 3. 3 Kunci L	33
Gambar 3. 4 Pahat Karbida	34
Gambar 3. 5 Surface Roughness Tester	35
Gambar 3. 6 Jangka Sorong (Vernier Caliper).....	36
Gambar 3. 7 Tachometer.....	36
Gambar 3. 8 Palu Karet.....	37
Gambar 3. 9 Majun	37
Gambar 3. 10 Kacamata Safety	37
Gambar 3. 11 Sarung Tangan.....	38
Gambar 3. 12 Sepatu Safety	38
Gambar 3. 13 Baju Wearpack	38
Gambar 3. 14 AISI 1045	39
Gambar 3. 15 Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan	43
Gambar 4. 1 Hasil pembubutan	46
Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan	47
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan	48
Gambar 4. 4 Hasil Permukaan Benda Kerja Setelah Proses Pembubutan	49
Gambar 4. 5 Grafik Persentase Kontribusi Faktor Berdasarkan Hasil ANOVA ..	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045	11
Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045.....	12
Tabel 2. 3 Rekomendasi Kecepatan Potong (Cutting Speed) untuk Berbagai Jenis Material Berdasarkan Jenis Pahat	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin Bubut Universal C62404A/1000	32
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mata Pahat Insert Merk KYOCERA DNMG150404HQ .	34
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Ukur Kekasaran Merk Time Group Inc Tr200	35
Tabel 3. 4 Faktor dan Level Penelitian	40
Tabel 3. 5 Orthogonal Array L9 (3 ³).....	41
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan (Ra)	47
Tabel 4. 2 Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan.....	50
Tabel 4. 3 Nilai Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio).....	52
Tabel 4. 4 Response Table Berdasarkan Nilai Rata-rata	56
Tabel 4. 5 Response Table Berdasarkan Nilai S/N Ratio	58
Tabel 4. 6 Kombinasi Parameter Optimum Berdasarkan Metode Taguchi	59
Tabel 4. 7 Total Respon Faktor a (Cutting speed)	62
Tabel 4. 8 Total Respon Faktor B (Feed Rate).....	64
Tabel 4. 9 Total Respon Faktor C (Depth of Cut)	66
Tabel 4. 10 Derajat Bebas (Degree of Freedom).....	69
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Mean Square (MS).....	72
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Nilai F-hitung	73
Tabel 4. 13 Persentase Kontribusi Faktor Penelitian.....	75
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Varians (ANOVA) Metode Taguchi.....	76
Tabel 4. 15 Ringkasan Interpretasi Hasil Taguchi dan ANOVA	83

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
V_c	Kecepatan potong (<i>cutting speed</i>)	m/min
D	Diameter benda kerja	mm
N	Putaran <i>spindle</i>	rpm
π	Konstanta pi	—
V_f	Laju gerak makan (<i>feed speed</i>)	mm/min
f	<i>Feed rate</i> / gerak makan pahat per putaran	mm/rev
n	Putaran <i>spindle</i>	rpm
a_p	Kedalaman potong (<i>depth of cut</i>)	mm
D_0	Diameter awal benda kerja	mm
D_1	Diameter akhir benda kerja setelah pembubutan	mm
R_a	Kekasaran permukaan rata-rata aritmatika	μm
y_i	Nilai absolut penyimpangan profil permukaan pada titik ke-(i)	μm
i	Indeks titik pengukuran	—
n	Jumlah titik/pengulangan pengukuran	—
S/N	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>	dB
y_i	Nilai respon/kekasaran permukaan hasil pengukuran ke-(i)	μm
SST	<i>Total Sum of Squares</i>	—
$SS A$	<i>Sum of Squares</i> faktor A (<i>Cutting Speed</i>)	—
$SS B$	<i>Sum of Squares</i> faktor B (<i>Feed Rate</i>)	—
$SS C$	<i>Sum of Squares</i> faktor C (<i>Depth of Cut</i>)	—
$SS E$	<i>Sum of Squares Error</i>	—
SS	<i>Sum of Squares</i>	—
MS	<i>Mean Square</i>	—
MSE	<i>Mean Square Error</i>	—
DF / DOF	<i>Degree of Freedom</i> / derajat bebas	—
F	Nilai statistik F (<i>F-hitung</i>)	—
CF	<i>Correction Factor</i>	—
T	Total seluruh respon penelitian	—
A_1, A_2, A_3	Total respon pada setiap level faktor A	—
B_1, B_2, B_3	Total respon pada setiap level faktor B	—
C_1, C_2, C_3	Total respon pada setiap level faktor C	—
r	Jumlah data pada setiap level faktor	—
L	Jumlah level pada setiap faktor	—
N	Jumlah total data eksperimen	—
$\sum$	Simbol penjumlahan	—
P	Persentase kontribusi faktor	%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur menuntut peningkatan kualitas produk hasil proses pemesinan, khususnya pada komponen mekanis seperti poros yang memerlukan presisi tinggi dan kualitas permukaan yang baik. Kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi performa mekanik, umur pakai komponen, serta tingkat keausan selama operasi. Baja karbon sedang AISI 1045 (S45C/C45) banyak digunakan dalam industri sebagai material poros karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik, mudah diproses, serta memiliki biaya yang relatif ekonomis. Pada proses pembubutan, kualitas permukaan sangat dipengaruhi oleh parameter pemesinan seperti kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode optimasi parameter pemesinan untuk memperoleh kualitas permukaan yang optimal, terutama pada kondisi pemotongan kering yang semakin banyak diterapkan dalam industri modern untuk mengurangi penggunaan cairan pendingin dan dampak lingkungan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja AISI 1045 menggunakan pendekatan desain eksperimen, salah satunya metode Taguchi. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan. Selain itu, parameter gerak makan sering dilaporkan sebagai faktor yang paling dominan dalam menentukan nilai kekasaran permukaan dibandingkan parameter lainnya. Metode Taguchi juga banyak digunakan karena mampu mengidentifikasi kombinasi parameter optimum dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit, sehingga efisien dari segi waktu dan biaya eksperimen.

Meskipun penelitian mengenai optimasi parameter pembubutan baja AISI 1045 telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian masih dilakukan pada kondisi pemotongan dengan penggunaan cairan pendingin atau tidak secara spesifik

membahas kondisi pemotongan kering. Padahal, penerapan pemotongan kering semakin penting dalam industri karena dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan akibat penggunaan *coolant*. Selain itu, beberapa penelitian hanya fokus pada analisis pengaruh parameter secara individual tanpa menentukan kombinasi parameter optimum secara sistematis pada aplikasi pembubutan poros. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat celah penelitian terkait optimasi parameter pemesinan pada pembubutan poros baja AISI 1045 pada kondisi pemotongan kering menggunakan pendekatan statistik yang terstruktur.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi berupa optimasi parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45) pada kondisi pemotongan kering menggunakan metode Taguchi. Metode Taguchi digunakan untuk menentukan kombinasi parameter pemesinan yang optimal melalui analisis *Signal-to-Noise Ratio* dan ANOVA, sehingga dapat diketahui parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi parameter pemesinan optimum yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses produksi poros, khususnya pada sistem pemesinan ramah lingkungan tanpa penggunaan cairan pendingin.

Walaupun sejumlah penelitian telah mengkaji optimasi parameter pembubutan baja AISI 1045 dengan menggunakan metode Taguchi, sebagian besar studi tersebut masih terbatas pada kondisi tertentu dan belum secara khusus membahas proses pembubutan poros pada kondisi pemotongan kering dengan mempertimbangkan karakteristik mesin serta lingkungan kerja di Politeknik Negeri Bengkalis. Selain itu, penelitian sebelumnya cenderung memfokuskan analisis pada pengaruh masing-masing parameter secara terpisah, tanpa mengombinasikannya secara terstruktur melalui pendekatan *Signal-to-Noise Ratio* dan ANOVA untuk memperoleh kombinasi parameter optimum secara menyeluruh.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memiliki nilai kebaruan melalui penerapan metode Taguchi yang dipadukan dengan analisis ANOVA dalam mengoptimasi parameter pembubutan poros baja AISI 1045 pada kondisi pemotongan kering di lingkungan pendidikan vokasi. Penelitian ini juga diharapkan

dapat menghasilkan rekomendasi parameter pemesinan yang praktis, efektif, dan berorientasi pada prinsip ramah lingkungan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam kegiatan pembelajaran maupun penerapan di dunia industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh parameter pemesinan kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong) terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45) pada kondisi pemotongan kering?
2. Parameter pemesinan manakah yang paling dominan memengaruhi nilai kekasaran permukaan pada proses pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45)?
3. Bagaimana kombinasi parameter pemesinan yang optimal untuk menghasilkan kekasaran permukaan minimum berdasarkan metode Taguchi?
4. Sejauh mana hasil optimasi parameter pemesinan dapat meningkatkan kualitas permukaan pada pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45) pada kondisi pemotongan kering?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon sedang AISI 1045 (S45C/C45) dalam bentuk poros silindris.
2. Proses pemesinan yang diteliti hanya pada operasi pembubutan luar (*turning*) menggunakan mesin bubut konvensional dengan kondisi pemotongan kering (tanpa cairan pendingin).
3. Parameter pemesinan yang divariasikan meliputi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong, sedangkan parameter lain dianggap konstan.

4. Respon penelitian difokuskan pada nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*), tanpa menganalisis parameter kualitas lain seperti keausan pahat, gaya potong, dan temperatur pemotongan secara mendalam.
5. Metode optimasi yang digunakan adalah metode Taguchi dengan desain eksperimen orthogonal array, tanpa membandingkan dengan metode optimasi lainnya.

1.4 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh parameter pemesinan, yaitu kecepatan potong *Cutting speed*, *Feed rate*, dan *Depth of cut*, terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45) pada kondisi pemotongan kering.
2. Mendapatkan peningkatan kualitas permukaan hasil pembubutan setelah dilakukan optimasi parameter pemesinan pada kondisi pemotongan kering.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan referensi ilmiah mengenai pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan poros baja AISI 1045 (S45C/C45) pada kondisi pemotongan kering. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan acuan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi parameter pemesinan menggunakan metode Taguchi.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi parameter pemesinan optimum untuk meningkatkan kualitas permukaan poros, mengurangi waktu produksi, dan menekan biaya penggunaan cairan pendingin karena dilakukan pada kondisi pemotongan kering.
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan penelitian di bidang proses manufaktur, khususnya pembubutan dan optimasi parameter pemesinan menggunakan metode desain eksperimen.

4. Hasil penelitian ini dapat mendukung penerapan proses pemesinan ramah lingkungan dengan mengurangi penggunaan *coolant*, sehingga dapat menekan dampak lingkungan dan biaya operasional produksi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai isi dan alur pembahasan pada setiap bab, yang disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep pembubutan, karakteristik material baja AISI 1045, parameter pemesinan, kekasaran permukaan, metode Taguchi, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, termasuk peralatan dan bahan, variabel penelitian, desain eksperimen metode Taguchi, prosedur pengujian, serta metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil eksperimen, analisis data menggunakan metode Taguchi, perhitungan *Signal-to-Noise Ratio* dan ANOVA, serta pembahasan pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya atau penerapan di bidang industri.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat seluruh sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan skripsi, seperti buku, jurnal ilmiah, prosiding, standar, dan sumber ilmiah lainnya yang relevan dengan topik penelitian.

LAMPIRAN

Bagian ini berisi data pendukung penelitian, seperti tabel hasil pengujian, perhitungan detail, gambar spesimen, foto alat dan proses eksperimen, serta dokumen lain yang mendukung kejelasan penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja karbon sedang, khususnya baja AISI 1045, dengan berbagai metode analisis.

Sharma dan Gupta (2023) meneliti pengaruh kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan baja AISI 1045 pada kondisi pemotongan kering menggunakan pahat karbida berlapis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimum diperoleh pada kecepatan potong 180 m/min, *feed rate* 0,1 mm/rev, dan *depth of cut* 0,4 mm, dengan nilai kekasaran permukaan sekitar 0,85 μm . Penelitian ini membuktikan bahwa pemilihan parameter yang tepat dapat meningkatkan kualitas permukaan secara signifikan.

Nalbant dan Gökkaya (2020) melakukan optimasi parameter pembubutan menggunakan metode Taguchi dan *Grey Relational Analysis* dengan mempertimbangkan respon kekasaran permukaan dan gaya potong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimum diperoleh pada kecepatan potong 170 m/min, *feed rate* 0,07 mm/rev, dan kedalaman potong 0,5 mm. Penelitian ini menegaskan bahwa metode Taguchi efektif dalam menentukan parameter pemesinan optimum dengan jumlah eksperimen yang terbatas.

Davim dan Reis (2019) mengkaji hubungan antara parameter pemotongan dan kualitas permukaan pada pembubutan baja karbon sedang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pemakanan merupakan faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi kekasaran permukaan, sedangkan peningkatan kecepatan potong cenderung menurunkan nilai kekasaran permukaan hingga batas tertentu. Parameter terbaik diperoleh pada kecepatan potong 200 m/min dan *feed rate* 0,05 mm/rev.

Ahmed dan Hassan (2020) menggunakan metode Taguchi untuk menentukan kombinasi parameter pembubutan optimum pada baja karbon sedang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *feed rate* memberikan kontribusi terbesar terhadap variasi kekasaran permukaan, sedangkan kedalaman potong memiliki pengaruh yang relatif lebih kecil. Kombinasi optimum diperoleh pada kecepatan potong 180 m/min, *feed rate* 0,08 mm/rev, dan *depth of cut* 0,4 mm dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 0,95 μm .

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa parameter pemesinan, khususnya laju pemakanan, kecepatan potong, dan kedalaman potong, memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan baja AISI 1045. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada kondisi tertentu dan belum secara spesifik mengkaji optimasi parameter pada proses pembubutan poros baja AISI 1045 pada kondisi pemotongan kering dengan pendekatan sistematis menggunakan metode Taguchi dan analisis ANOVA.

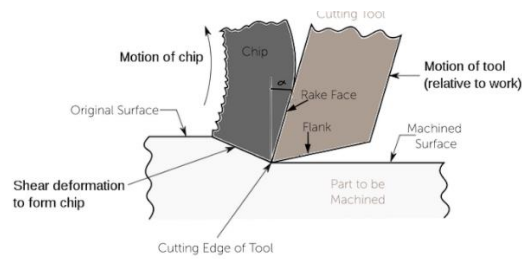
Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi celah tersebut dengan menentukan kombinasi parameter optimum yang sesuai untuk aplikasi pembubutan poros pada kondisi pemotongan kering.

2.2 Proses Pembubutan (*Turning*)

2.2.1 Definisi Proses Pembubutan (*Turning*)

Proses pembubutan (*turning*) merupakan salah satu proses permesinan yang digunakan untuk menghilangkan material dari benda kerja berbentuk silindris dengan menggunakan pahat potong. Pada proses ini, benda kerja diputar oleh *spindle* mesin bubut, sedangkan pahat bergerak secara linier sejajar atau tegak lurus terhadap sumbu putar benda kerja untuk membentuk berbagai geometri, seperti silinder, tirus, ulir, dan permukaan datar.

Pembubutan termasuk dalam proses pemesinan konvensional yang banyak digunakan dalam industri manufaktur karena mampu menghasilkan komponen dengan ketelitian dimensi yang tinggi dan kualitas permukaan yang baik. Proses ini banyak diterapkan pada pembuatan komponen mekanik seperti poros, roda gigi, elemen transmisi, dan berbagai komponen mesin lainnya.



Gambar 2. 1 Skema Pembentukan Geram (*Chip Formation*)
(Sumber : Kurniawan Nurcahyo,2014)

2.2.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut

Mesin bubut bekerja berdasarkan prinsip rotasi benda kerja dan pergerakan relatif pahat potong. Benda kerja dijepit menggunakan cekam (*chuck*) atau senter, kemudian diputar oleh *spindle* yang digerakkan oleh motor utama. Pahat dipasang pada *tool post* dan digerakkan secara memanjang sejajar sumbu benda kerja atau melintang tegak lurus terhadap sumbu putar untuk melakukan proses penghilangan material.

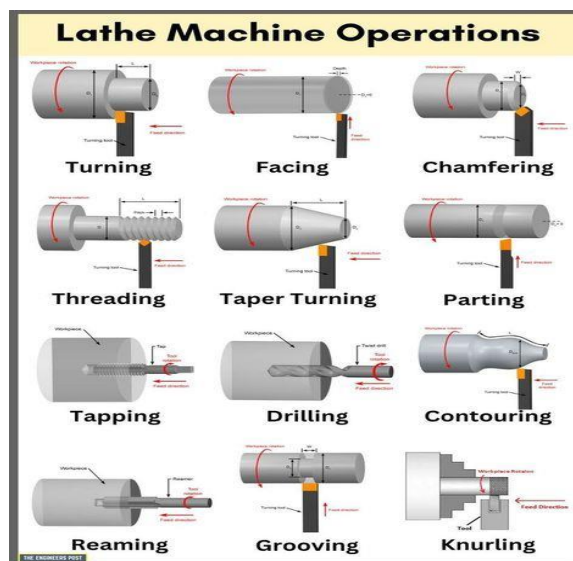
Secara umum, prinsip kerja mesin bubut terdiri dari tiga jenis gerakan utama, yaitu gerak utama berupa putaran benda kerja dengan kecepatan tertentu, gerak makan yang merupakan pergerakan pahat sepanjang benda kerja, serta gerak potong yang menunjukkan kedalaman penetrasi pahat ke permukaan benda kerja. Selama proses pembubutan, terbentuk geram akibat deformasi *plastis* material yang terpotong oleh pahat, di mana karakteristik geram dipengaruhi oleh parameter pemotongan seperti kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman potong.

2.2.3 Jenis Operasi *Turning*

Proses pembubutan memiliki berbagai jenis operasi yang digunakan untuk menghasilkan bentuk geometri dan fungsi tertentu pada benda kerja. Beberapa operasi *turning* yang umum diterapkan dalam proses permesinan antara lain sebagai berikut:

1. *Straight Turning* (Pembubutan Lurus): Operasi ini digunakan untuk mengurangi diameter benda kerja secara seragam sepanjang sumbu tertentu sehingga diperoleh bentuk silinder.

2. *Facing* (Pembubutan Muka): *Facing* merupakan operasi pembubutan yang bertujuan untuk meratakan permukaan ujung benda kerja agar tegak lurus terhadap sumbu putar.
3. *Taper Turning* (Pembubutan Tirus): Operasi ini dilakukan untuk membentuk permukaan tirus dengan sudut kemiringan tertentu pada benda kerja.
4. *Grooving* (Pembubutan Alur): *Grooving* digunakan untuk membuat alur atau celah pada permukaan benda kerja sesuai dengan kebutuhan desain komponen.
5. *Threading* (Pembubutan Ulir): *Threading* merupakan proses pembentukan ulir, baik ulir luar maupun ulir dalam, pada permukaan benda kerja.
6. *Parting* (Pemotongan Lepas): *Parting* digunakan untuk memotong dan memisahkan benda kerja dari batang material utama setelah proses pembubutan selesai.



Gambar 2. 2Jenis Operasi *Turning*
(Sumber: <https://www.theengineerspost.com/>)

2.3 Material Baja AISI 1045 (S45C/C45)

American Iron and Steel Institute (AISI) merupakan lembaga yang mengembangkan sistem klasifikasi dan penamaan berbagai jenis baja berdasarkan komposisi dan karakteristik materialnya. Baja AISI 1045 termasuk dalam

kelompok baja karbon dengan kandungan karbon sekitar 0,45%. Pada kode AISI 1045, angka “10” menunjukkan kelompok baja karbon biasa (*plain carbon steel*), sedangkan angka “45” menunjukkan kandungan karbon nominal sekitar 0,45%. Oleh karena itu, AISI 1045 dikategorikan sebagai baja karbon sedang (*medium carbon steel*).

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang yang banyak digunakan dalam industri manufaktur karena memiliki keseimbangan antara kekuatan dan keuletan. Material ini memiliki kandungan karbon sekitar 0,43%–0,50% sehingga memiliki sifat mekanik yang baik dan mudah dikerjakan dengan proses permesinan.

2.3.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang yang banyak digunakan dalam industri manufaktur karena memiliki keseimbangan antara kekuatan dan keuletan. Material ini memiliki kandungan karbon sekitar 0,43%–0,50% sehingga memiliki sifat mekanik yang baik dan mudah dikerjakan dengan proses permesinan.

Menurut ASM International (1990), baja AISI 1045 memiliki kekuatan tarik sekitar 570 MPa dan kekerasan sekitar 170–210 HB dalam kondisi normalisasi. Sementara itu, Callister dan Rethwisch (2018), menyatakan bahwa baja karbon sedang seperti AISI 1045 memiliki ketahanan aus yang cukup baik serta stabilitas dimensi yang baik setelah proses pemesinan.

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045

Unsur	Simbol	Kandungan (% berat)
Karbon	C	0,42 – 0,50
Mangan	Mn	0,60 – 0,90
Silikon	Si	0,10 – 0,40
Fosfor	P	≤ 0,035
Sulfur	S	≤ 0,035
Besi	Fe	Sisa (<i>Remainder</i>)

(Sumber: ASM Handbook (1990))

Karbon berfungsi meningkatkan kekuatan dan kekerasan material, sedangkan mangan meningkatkan *hardenability* dan kekuatan tarik. Kandungan fosfor dan sulfur dijaga rendah karena dapat menurunkan keuletan material.

2.3.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Menurut ASM International (1990), baja AISI 1045 memiliki kekuatan tarik sekitar 570 MPa dan kekerasan sekitar 170–210 HB dalam kondisi normalisasi. Sementara itu, Callister dan Rethwisch (2018) menyatakan bahwa baja karbon sedang seperti AISI 1045 memiliki ketahanan aus yang cukup baik serta stabilitas dimensi yang baik setelah proses pemesinan.

Tabel 2. 2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Sifat Mekanik	Simbol	Nilai Tipikal
Kekuatan Tarik	σ_u	570 – 700 MPa
Kekuatan Luluh	σ_y	300 – 450 MPa
Kekerasan	HB	170 – 210 HB
Modulus Elastisitas	E	± 210 GPa
Perpanjangan	ϵ	14 – 16 %
Densitas	ρ	7,85 g/cm ³

(Sumber: Callister (2018))

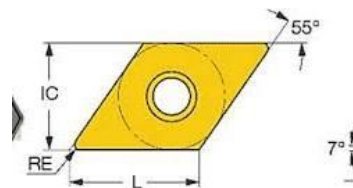
Sifat mekanik tersebut menjadikan baja AISI 1045 banyak digunakan untuk komponen struktural dan transmisi daya.

2.4 Pahat Karbida

Pahat karbida merupakan salah satu jenis pahat potong yang paling banyak digunakan dalam proses pembubutan modern karena memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi. Pahat ini tersedia dalam berbagai bentuk dan geometri sesuai dengan jenis operasi pemotongan, seperti pahat pembubutan lurus, pahat muka, pahat tirus, pahat ulir, dan pahat alur. Berdasarkan bentuk *insert*, pahat karbida umumnya diklasifikasikan menjadi *insert* segitiga, persegi, rhombus, dan bulat, yang masing-masing dirancang untuk kebutuhan pemotongan tertentu. Pemilihan jenis pahat yang tepat sangat penting untuk memastikan kestabilan proses pemotongan dan kualitas permukaan hasil pembubutan.

Secara struktur, pahat karbida tersusun dari partikel *tungsten carbide* (WC) yang dikombinasikan dengan binder logam seperti *kobalt* (Co), yang berfungsi meningkatkan ketangguhan material pahat. Kombinasi ini menghasilkan pahat dengan kekerasan tinggi, stabilitas termal yang baik, serta ketahanan terhadap deformasi *plastis* dan keausan pada temperatur pemotongan yang tinggi. Keunggulan utama pahat karbida dibandingkan pahat HSS adalah kemampuannya

bekerja pada kecepatan potong yang lebih tinggi, umur pahat yang lebih panjang, serta kemampuan mempertahankan ketajaman pada kondisi pemotongan berat. Oleh karena itu, pahat karbida sangat sesuai digunakan dalam penelitian optimasi parameter permesinan pada pembubutan baja karbon sedang AISI 1045, karena mampu memberikan hasil pemesinan yang konsisten dan representatif terhadap aplikasi industri.



Gambar 2. 3 Geometri Pahat Insert Karbida
(Sumber : Sucipto,2022)

2.5 Parameter Pemesinan

Parameter pemesinan merupakan sekumpulan variabel proses yang digunakan untuk mengendalikan kondisi pemotongan selama proses pembubutan berlangsung. Pemilihan parameter pemesinan yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerja proses pemesinan karena dapat memengaruhi gaya potong, temperatur pemotongan, pembentukan geram, keausan pahat, waktu pemesinan, serta kualitas permukaan benda kerja. Oleh karena itu, penentuan parameter pemesinan harus disesuaikan dengan karakteristik material benda kerja, jenis pahat yang digunakan, kemampuan mesin, dan tujuan proses pemesinan.

Pada proses pembubutan, parameter pemesinan yang paling umum digunakan meliputi kecepatan potong (*cutting speed/Vc*), gerak makan (*feed rate/f*), dan kedalaman potong (*depth of cut/ap*). Ketiga parameter tersebut saling berinteraksi dalam menentukan kondisi pemotongan serta kualitas hasil pemesinan. Perubahan salah satu parameter akan memengaruhi mekanisme pemotongan sehingga menghasilkan karakteristik permukaan yang berbeda.

Dalam penelitian ini, parameter pemesinan yang digunakan sebagai faktor penelitian terdiri atas *cutting speed* (V_c), *feed rate* (f), dan *depth of cut* (a_p). Ketiga parameter tersebut dipilih karena secara teoritis memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan yang dinyatakan dengan nilai kekasaran permukaan (R_a). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis pengaruh variasi ketiga parameter tersebut terhadap kekasaran permukaan baja AISI 1045 menggunakan metode Taguchi.

2.5.1 Kecepatan Potong (*Cutting Speed/Vc*)

Kecepatan potong (*cutting speed/Vc*) merupakan kecepatan relatif antara permukaan benda kerja yang berputar terhadap mata potong pahat selama proses pembubutan berlangsung. Kecepatan potong dinyatakan dalam satuan meter per menit (m/menit) dan merupakan salah satu parameter utama dalam proses pemesinan karena menentukan kondisi pemotongan yang terjadi antara pahat dan benda kerja. Besarnya kecepatan potong akan memengaruhi performa proses pemesinan, seperti temperatur pada zona pemotongan, pembentukan geram, gaya gesek antara pahat dan benda kerja, keausan pahat, serta kualitas permukaan hasil pembubutan.

Pada proses pembubutan, peningkatan kecepatan potong akan meningkatkan kecepatan gesek antara pahat dan benda kerja sehingga menghasilkan temperatur pemotongan yang lebih tinggi. Temperatur tersebut memengaruhi mekanisme deformasi material, proses pembentukan geram, serta laju keausan pahat. Sebaliknya, kecepatan potong yang terlalu rendah dapat menyebabkan pembentukan *built-up edge* (BUE) pada ujung pahat yang berpotensi menurunkan kualitas permukaan hasil pemesinan. Oleh karena itu, pemilihan kecepatan potong harus disesuaikan dengan karakteristik material benda kerja, jenis pahat, dan kondisi pemotongan agar diperoleh hasil pemesinan yang optimal.

Dalam penelitian ini, kecepatan potong dipilih sebagai salah satu faktor penelitian karena material yang digunakan adalah baja AISI 1045 yang termasuk baja karbon sedang dan banyak digunakan pada komponen mesin. Material ini memiliki karakteristik mampu mesin (*machinability*) yang baik, namun perubahan kecepatan potong tetap memberikan pengaruh terhadap kondisi pemotongan dan kualitas permukaan hasil pembubutan. Oleh karena itu, variasi kecepatan potong digunakan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap nilai kekasaran permukaan (R_a) pada proses pembubutan baja AISI 1045 menggunakan pahat sisipan karbida DNMG150404HQ.

Tabel 2. 3 Rekomendasi Kecepatan Potong (*Cutting Speed*) untuk Berbagai Jenis Material Berdasarkan Jenis Pahat

No.	Material	Pahat HSS (Halus)	Pahat HSS (Kasar)	Pahat Carbida (Halus)	Pahat Carbida (Kasar)
1	Baja perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
2	Baja karbon rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
3	Baja karbon menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
4	Perunggu	40-45	25-30	110-140	60-75
5	Aluminium	85-110	45-70	185-215	120-150
6	Besi cor	70-110	30-45	140-215	60-90

(Sumber: Diadaptasi dari Ridwan, M., Suharto, A., & Primanita, J. (2024), *Analisis Variasi Kecepatan Potong dan Media Pendingin pada Proses Pembubutan Baja S45C terhadap Nilai Kekerasan Pahat HSS*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 12, No. 2, yang mengutip Wardaya (2010).)

Sedangkan kecepatan potong yang terlalu tinggi dapat mempercepat keausan pahat dan menurunkan umur pahat. Pemilihan kecepatan potong yang tepat sangat penting untuk menjaga keseimbangan antara kualitas permukaan, produktivitas, dan umur pahat

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

V_c = Kecepatan potong (m/menit)

D = Diameter benda kerja (mm)

N = Putaran *spindle* (rpm)

π = 3,14

Pada penelitian ini, diameter benda kerja yang digunakan adalah 20 mm. Nilai kecepatan potong ditentukan berdasarkan hubungan antara diameter benda kerja dan putaran spindle menggunakan persamaan kecepatan potong. Berdasarkan parameter penelitian, digunakan tiga level kecepatan potong, yaitu 50,3 m/menit, 70,4 m/menit, dan 100,5 m/menit. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai level faktor kecepatan potong dalam rancangan Orthogonal Array (OA) L9.

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa nilai kecepatan potong dipengaruhi oleh diameter benda kerja dan putaran *spindle*. Dalam penelitian ini, kecepatan potong ditetapkan sebagai variabel penelitian, sedangkan putaran *spindle* digunakan sebagai hasil perhitungan untuk memperoleh pengaturan mesin bubut yang sesuai dengan nilai kecepatan potong yang telah ditentukan.

Berdasarkan persamaan dan hasil perhitungan putaran spindle tersebut, setiap nilai kecepatan potong yang digunakan dalam penelitian dapat diterapkan pada mesin bubut melalui pengaturan putaran spindle yang sesuai. Dengan demikian, kecepatan potong (*cutting speed/Vc*) tetap menjadi variabel penelitian yang dianalisis, sedangkan putaran spindle hanya digunakan sebagai hasil konversi untuk memperoleh kondisi pemotongan sesuai dengan parameter penelitian yang telah ditentukan. Selanjutnya, parameter pemesinan lain yang turut memengaruhi kualitas permukaan hasil pembubutan adalah gerak makan (*feed rate/f*), yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

Contoh Perhitungan Kecepatan Potong

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

Dengan:

$$D=20 \text{ mm}$$

$$N=800 \text{ rpm}$$

$$\pi=3,14$$

$$V_c = \frac{3,14 (20) (800)}{1000}$$

$$V_c = 50,24$$

Dibulatkan menjadi sekitar

$$V_c \approx 50,3 \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 (20) (1120)}{1000}$$

$$V_c = 70,336 \text{ m/min}$$

Dibulatkan menjadi sekitar

$$V_c \approx 70,4 \text{ m/min}$$

$$V_c = \frac{3,14 (20)(1600)}{1000}$$

$$V_c = 100,48 \text{ m/min}$$

Dibulatkan menjadi sekitar

$$V_c \approx 100,5 \text{ m/min}$$

Tabel 2.4 Hubungan Putaran Spindle dengan Kecepatan Potong

Level	Diameter (mm)	Putaran Spindle (rpm)	Vc (m/min)
1	20	800	50,3
2	20	1120	70,4
3	20	1600	100,5

Sumber: Hasil perhitungan peneliti, 2026.

Berdasarkan Tabel 2.4, nilai kecepatan potong ditentukan berdasarkan hasil konversi antara diameter benda kerja dan putaran spindle. Dengan diameter benda kerja sebesar 20 mm, putaran spindle sebesar 800 rpm menghasilkan kecepatan potong sekitar 50,3 m/menit, putaran 1120 rpm menghasilkan sekitar 70,4 m/menit, dan putaran 1600 rpm menghasilkan sekitar 100,5 m/menit. Nilai kecepatan potong tersebut selanjutnya digunakan sebagai tiga level faktor cutting speed dalam rancangan eksperimen Orthogonal Array (OA) L9.

2.5.2 Feed Rate (Laju Pemakanan)

Feed rate (f) atau gerak makan merupakan jarak perpindahan pahat terhadap benda kerja dalam satu kali putaran *spindle* selama proses pembubutan berlangsung. *Feed rate* dinyatakan dalam satuan milimeter per putaran (mm/rev) dan merupakan salah satu parameter utama dalam proses pemesinan.

Nilai *feed rate* menentukan laju pergerakan pahat sepanjang permukaan benda kerja sehingga berpengaruh terhadap waktu pemesinan, pembentukan geram, gaya pemotongan, serta kualitas permukaan hasil pembubutan.

Perubahan nilai *feed rate* akan mengubah jarak perpindahan pahat pada setiap putaran *spindle*. Semakin besar nilai *feed rate*, maka semakin besar pula jarak

perpindahan pahat sehingga jejak pemakanan (*feed marks*) yang terbentuk pada permukaan benda kerja menjadi lebih lebar dan lebih dalam. Kondisi tersebut menyebabkan profil permukaan menjadi lebih kasar sehingga nilai kekasaran permukaan (R_a) cenderung meningkat. Sebaliknya, penggunaan *feed rate* yang lebih kecil menghasilkan jejak pemakanan yang lebih rapat sehingga permukaan benda kerja menjadi lebih halus. Oleh karena itu, *feed rate* merupakan salah satu parameter yang memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan.

Dalam penelitian ini, *feed rate* dipilih sebagai salah satu faktor penelitian karena secara teoritis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan. Variasi *feed rate* digunakan untuk mengetahui perubahan karakteristik permukaan baja AISI 1045 setelah dilakukan proses pembubutan menggunakan pahat sisipan karbida DNMG150404HQ. Dengan memvariasikan nilai *feed rate* pada setiap level penelitian, dapat dianalisis pengaruhnya terhadap nilai kekasaran permukaan (R_a) sehingga diperoleh kombinasi parameter pemesinan yang menghasilkan kualitas permukaan yang optimal.

$$V_f = f \times n \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

V_f = Laju gerak makan (mm/menit)
 f = *Feed rate* (mm/rev)
 n = Putaran *spindle* (rpm)

2.5.3 *Depth of Cut* (Kedalaman potong)

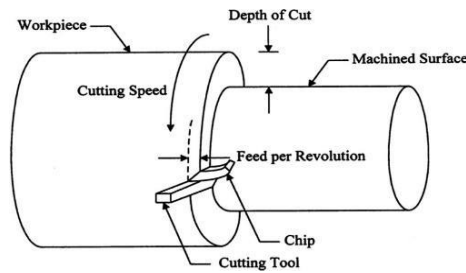
Kedalaman potong (*depth of cut/ap*) merupakan jarak radial antara permukaan awal benda kerja dan permukaan hasil pemesinan yang disayat oleh pahat dalam satu kali lintasan pembubutan. Kedalaman potong dinyatakan dalam satuan milimeter (mm) dan menjadi salah satu parameter utama dalam proses pembubutan karena menentukan besarnya material yang dipotong pada setiap lintasan. Bersama dengan kecepatan potong (*cutting speed/Vc*) dan *feed rate* (f),

kedalaman potong berpengaruh terhadap kondisi pemotongan, produktivitas proses, serta kualitas permukaan hasil pemesinan.

Perubahan kedalaman potong akan memengaruhi luas penampang geram yang terbentuk selama proses pembubutan. Semakin besar nilai kedalaman potong, maka semakin besar pula volume material yang disayat oleh pahat sehingga gaya pemotongan yang bekerja pada pahat meningkat. Peningkatan gaya pemotongan tersebut dapat menyebabkan bertambahnya beban pada sistem pemesinan, meningkatkan temperatur di daerah pemotongan, serta memengaruhi stabilitas proses pembubutan. Sebaliknya, penggunaan kedalaman potong yang terlalu kecil dapat menurunkan produktivitas proses karena jumlah material yang disayat menjadi lebih sedikit pada setiap lintasan.

Kedalaman potong juga berpengaruh terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan. Peningkatan kedalaman potong menyebabkan gaya pemotongan menjadi lebih besar sehingga berpotensi menimbulkan defleksi pada pahat maupun benda kerja serta meningkatkan getaran selama proses pemesinan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan permukaan hasil pembubutan menjadi kurang stabil dan meningkatkan nilai kekasaran permukaan (R_a). Namun demikian, pengaruh kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan umumnya tidak sebesar pengaruh kecepatan potong dan *feed rate*, sehingga diperlukan pengujian untuk mengetahui besarnya pengaruh parameter tersebut terhadap kualitas permukaan benda kerja.

Dalam penelitian ini, kedalaman potong dipilih sebagai salah satu faktor penelitian karena secara teoritis memengaruhi gaya pemotongan, kestabilan proses pembubutan, dan kualitas permukaan hasil pemesinan. Variasi kedalaman potong digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai kekasaran permukaan (R_a) pada proses pembubutan baja AISI 1045 menggunakan pahat sisipan karbida DNMG150404HQ. Nilai kedalaman potong yang digunakan disesuaikan dengan kemampuan mesin bubut konvensional dan karakteristik material benda kerja sehingga proses pemesinan dapat berlangsung secara aman, stabil, dan menghasilkan data penelitian yang representatif.



Gambar 2. 4 Parameter Permesinan
(Sumber: <https://journals.sagepub.com/cms/>)

$$a_p = \frac{D_0 - D_1}{2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

a_p = Kedalaman potong (mm)

D_0 = Diameter awal benda kerja (mm)

D_1 = Diameter akhir benda kerja setelah pembubutan (mm)

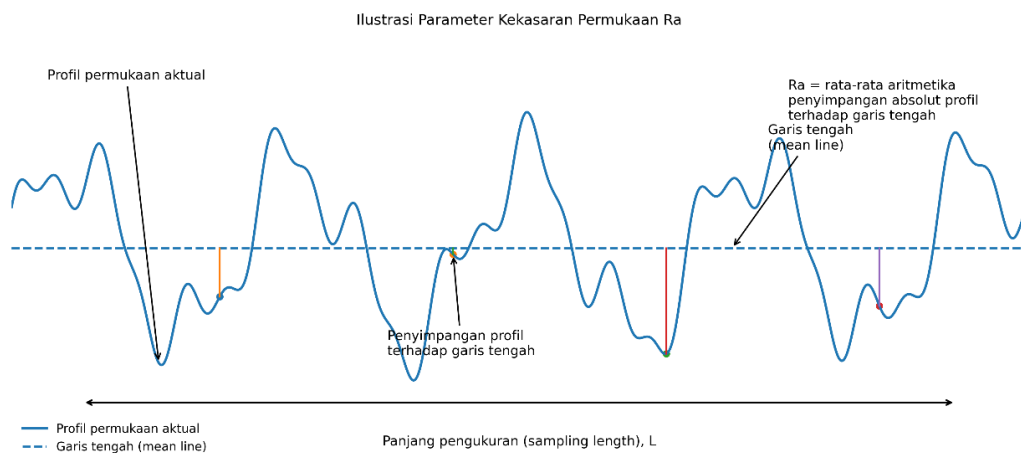
Berdasarkan uraian tersebut, kedalaman potong merupakan salah satu parameter pemesinan yang berpengaruh terhadap kondisi pemotongan dan kualitas permukaan hasil pembubutan. Bersama dengan kecepatan potong (*cutting speed/Vc*) dan *feed rate* (f), variasi kedalaman potong digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh kombinasi parameter pemesinan yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan terbaik pada pembubutan baja AISI 1045 menggunakan metode Taguchi. Selanjutnya, pembahasan mengenai parameter-parameter tersebut akan dikaitkan dengan karakteristik kekasaran permukaan sebagai respon utama penelitian.

2.6 Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*)

Kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter kualitas hasil pemesinan yang menunjukkan tingkat ketidakrataan mikro pada permukaan benda kerja setelah proses pembubutan. *Ra (Arithmetic Average Roughness)* merupakan nilai rata-rata aritmatika dari nilai absolut penyimpangan profil permukaan terhadap garis rata-rata (*mean line*) sepanjang panjang pengukuran tertentu. Semakin kecil nilai *Ra*, maka permukaan benda kerja semakin halus dan berkualitas baik. Nilai *Ra* dinyatakan dalam satuan mikrometer (μm) dan digunakan sebagai salah satu

parameter untuk menunjukkan tingkat kekasaran permukaan hasil pemesinan. Menurut Whitehouse (2010), nilai R_a yang rendah menunjukkan permukaan yang lebih halus, sedangkan nilai R_a yang tinggi menandakan permukaan yang lebih kasar. Kekasaran permukaan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kecepatan potong, laju pemakanan, kedalaman potong, kondisi pahat, getaran mesin, serta metode pendinginan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat *Surface Roughness Tester* yang bekerja dengan prinsip pengukuran profil permukaan secara kontak atau *non-kontak*. Alat ini dilengkapi stylus sensor yang bergerak di sepanjang permukaan benda kerja untuk merekam profil mikro, kemudian diolah secara digital untuk memperoleh nilai parameter kekasaran seperti R_a , R_z , dan R_t . *Surface Roughness Tester* digunakan untuk memperoleh data kuantitatif berupa nilai kekasaran permukaan (R_a), sehingga kualitas permukaan hasil pembubutan dapat dievaluasi secara objektif.



Gambar 2 5 Ilustrasi Parameter Kekasaran Permukaan R_a

Gambar 2.5 memperlihatkan profil permukaan hasil pemesinan terhadap garis rata-rata (mean line). Penyimpangan profil permukaan terhadap garis rata-rata tersebut menjadi dasar dalam penentuan nilai R_a . Semakin besar penyimpangan profil terhadap garis rata-rata, maka nilai R_a cenderung semakin besar dan menunjukkan permukaan yang lebih kasar.

Tabel 2. 5 Nilai kekasaran permukaan dihasilkan oleh berbagai proses pembuatan

Proses Manufaktur	Typical Surface Finish	Range Roughness (Ra) (µm)
Turning (Bubut)	Good	0,5 – 6
Milling (Frais)	Good	1 – 6
Drilling (Bor)	Medium	1,5 – 6
Boring	Good	0,5 – 6
Grinding (Gerinda)	Very Good	0.1 – 2
Honing	Very Good	0.1 – 1
Lapping	Excellent	0.05 – 0,5
Polishing	Excellent	0.1 – 0,5
Superfinishing	Excellent	0.02 – 0.3
Sand casting	Poor	12 – 25
Die casting	Good	1 – 2
Cold rolling	Good	1 – 3
Hot rolling	Poor	12 – 25

(Sumber : Mikell P. Groover, 2024 – *Fundamentals of Modern Manufacturing*)

Rumus rata-rata kekasaran permukaan :

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Ra = Kekasaran permukaan rata-rata aritmatika dalam satuan µm

Σ = Simbol penjumlahan dari i = 1 sampai n

y_i = Nilai absolut penyimpangan profil permukaan pada titik ke-i (µm).

n = Jumlah titik pengukuran

2.6.1 Contoh Perhitungan Kekasaran Permukaan (Ra):

Pada penelitian pembubutan poros baja karbon sedang AISI 1045 menggunakan pahat karbida, dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester*. Pengukuran dilakukan pada tiga titik

berbeda pada permukaan spesimen hasil pembubutan, dan diperoleh nilai penyimpangan permukaan sebagai berikut:

$$y_1 = 1,85 \mu m$$

$$y_2 = 1,72 \mu m$$

$$y_3 = 1,90 \mu m$$

Jumlah titik pengukuran adalah: $n = 3$

Berdasarkan rumus kekasaran permukaan rata-rata (Ra):

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \dots \dots \dots (2.5)$$

Maka nilai Ra dapat dihitung sebagai berikut:

$$Ra = \frac{1}{3} (1,85 + 1,72 + 1,90)$$

$$Ra = \frac{5,47}{3}$$

$$Ra = 1,82 \mu m$$

2.7 Kondisi Pemotongan Kering (*Dry Cutting*)

Proses pemotongan kering (*dry cutting*) merupakan metode pemesinan yang dilakukan tanpa penggunaan *fluida* pendingin atau pelumas. Pendekatan ini semakin banyak digunakan dalam industri manufaktur karena mampu menekan biaya operasional, mengurangi kebutuhan perawatan sistem pendingin, serta meminimalkan dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh cairan pemotongan. Selain itu, pemotongan kering juga dianggap lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah cair yang berpotensi berbahaya bagi operator maupun lingkungan kerja.

Meskipun demikian, penerapan pemotongan kering memiliki tantangan tersendiri, terutama terkait dengan meningkatnya temperatur pada zona pemotongan akibat tidak adanya media pendingin. Peningkatan suhu ini dapat mempercepat keausan pahat, menurunkan kualitas kekasaran permukaan benda kerja, serta berpotensi mempengaruhi stabilitas proses pembubutan. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan parameter pemesinan yang optimal, seperti kecepatan

potong, gerak makan, dan kedalaman potong, agar kualitas permukaan tetap terjaga dan umur pahat dapat diperpanjang.

2.8 Metode Optimasi dalam Perancangan Eksperimen

Metode optimasi dalam perancangan eksperimen merupakan pendekatan yang digunakan untuk menentukan kondisi atau kombinasi parameter proses yang menghasilkan respon sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian pemesinan, pemilihan metode optimasi disesuaikan dengan jumlah faktor dan level yang diteliti, tujuan analisis, serta jumlah eksperimen yang dapat dilakukan. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam optimasi proses antara lain Response Surface Methodology (RSM), Full Factorial Design, dan metode Taguchi. Masing-masing metode memiliki karakteristik dan keunggulan yang berbeda dalam menganalisis hubungan antara parameter proses dan respon yang dihasilkan.

2.8.1 Response Surface Methodology (RSM)

Response Surface Methodology (RSM) merupakan suatu metode statistik dan matematis yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara beberapa variabel bebas atau faktor proses terhadap suatu variabel respon. RSM dapat digunakan untuk membangun model matematis yang menggambarkan hubungan antara faktor dan respon, serta menentukan kondisi atau kombinasi parameter yang menghasilkan respon optimum. Dalam penelitian pemesinan, RSM dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap respon seperti kekasaran permukaan dan menentukan kondisi pemotongan yang menghasilkan nilai respon yang diinginkan.

Keistimewaan RSM adalah kemampuannya dalam membangun model hubungan antara faktor dan respon serta menganalisis pengaruh dan interaksi antar faktor. Dengan model tersebut, peneliti dapat memperkirakan respon pada kombinasi parameter tertentu dan menentukan kondisi optimum berdasarkan model yang diperoleh. Namun, penerapan RSM umumnya memerlukan rancangan dan jumlah eksperimen yang lebih banyak dibandingkan rancangan Taguchi yang menggunakan Orthogonal Array. Oleh karena itu, RSM lebih sesuai apabila

penelitian bertujuan membangun model matematis dan menganalisis hubungan serta interaksi antar faktor secara lebih mendalam.

2.8.2 *Full Factorial Design*

Full Factorial Design merupakan rancangan eksperimen yang menguji seluruh kombinasi level dari setiap faktor yang diteliti. Metode ini memungkinkan pengaruh masing-masing faktor terhadap respon serta interaksi antar faktor dianalisis secara menyeluruh. Jumlah eksperimen pada Full Factorial Design ditentukan berdasarkan jumlah faktor dan jumlah level yang digunakan.

Keistimewaan Full Factorial Design adalah kemampuannya dalam memberikan informasi yang lengkap mengenai pengaruh faktor dan interaksi antar faktor karena seluruh kombinasi perlakuan diuji. Pada penelitian dengan tiga faktor yang masing-masing memiliki tiga level, rancangan faktorial penuh memerlukan $3^3 = 27$ kombinasi eksperimen. Oleh karena itu, metode ini memberikan informasi eksperimen yang lebih lengkap, tetapi membutuhkan jumlah percobaan yang lebih banyak dibandingkan metode Taguchi dengan Orthogonal Array L9.

2.8.3 *Pemilihan Metode Taguchi*

Berdasarkan karakteristik beberapa metode optimasi yang telah dijelaskan, pemilihan metode dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan penelitian dan jumlah eksperimen yang diperlukan. *Response Surface Methodology* (RSM) memiliki keunggulan dalam membangun model matematis serta menganalisis hubungan dan interaksi antar faktor, sedangkan Full Factorial Design mampu memberikan informasi yang lengkap karena seluruh kombinasi faktor dan level diuji. Metode Taguchi dipilih dalam penelitian ini karena mampu menentukan kombinasi parameter pemesinan yang optimal dengan jumlah eksperimen yang lebih efisien melalui penggunaan Orthogonal Array (OA).

Penelitian ini menggunakan tiga faktor dengan tiga level, yaitu cutting speed, feed rate, dan depth of cut. Apabila menggunakan Full Factorial Design, kombinasi eksperimen yang diperlukan adalah $3^3 = 27$ kombinasi. Sementara itu, metode Taguchi menggunakan Orthogonal Array (OA) L9 yang menghasilkan sembilan kombinasi eksperimen sehingga jumlah percobaan dapat dikurangi tanpa

menghilangkan keterwakilan setiap level faktor dalam rancangan eksperimen. Selain itu, metode Taguchi menggunakan Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio) untuk mengevaluasi karakteristik kualitas respon. Dalam penelitian ini digunakan karakteristik Smaller-The-Better karena tujuan optimasi adalah memperoleh nilai kekasaran permukaan (Ra) yang sekecil mungkin.

Dalam penelitian ini digunakan karakteristik Smaller-The-Better karena tujuan optimasi adalah memperoleh nilai kekasaran permukaan (Ra) yang sekecil mungkin.

2.9 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan salah satu pendekatan desain eksperimen (*design of experiments/DOE*) yang dikembangkan untuk memperoleh kombinasi parameter proses yang optimal dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit. Metode ini dirancang untuk meningkatkan kualitas proses secara sistematis melalui pemilihan parameter yang tepat, sehingga variabilitas hasil dapat dikendalikan secara efektif tanpa memerlukan eksperimen yang terlalu banyak dan mahal.

Dalam penerapannya, metode Taguchi menggunakan orthogonal array (OA) sebagai *matriks* eksperimen untuk mengatur kombinasi level dari setiap faktor proses. Penggunaan *orthogonal* array memungkinkan setiap parameter diuji secara seimbang, sehingga pengaruh masing-masing faktor terhadap respon dapat dianalisis secara efisien dan terstruktur. Dengan demikian, metode ini sangat cocok digunakan dalam penelitian pemesinan yang melibatkan banyak variabel proses. Analisis dalam metode Taguchi dilakukan menggunakan *Signal-to-Noise Ratio* (*s/n ratio*) yang berfungsi untuk mengidentifikasi kondisi parameter optimum berdasarkan karakteristik kualitas yang diinginkan. Untuk respon kekasaran permukaan, karakteristik kualitas yang digunakan adalah *smaller-the-better*, yang bertujuan untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan sekecil mungkin. Pendekatan ini membantu peneliti dalam menentukan kombinasi parameter pemotongan yang menghasilkan kualitas permukaan terbaik dengan variasi yang minimal.

Selain itu, metode Taguchi sering dikombinasikan dengan Analisis Variansi (ANOVA) untuk mengevaluasi tingkat kontribusi setiap parameter terhadap respon yang diamati. ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor mana yang paling berpengaruh secara statistik terhadap kekasaran permukaan, sehingga parameter kritis dalam proses pembubutan dapat diidentifikasi secara kuantitatif. Kombinasi metode Taguchi dan ANOVA memberikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan optimasi proses pemesinan.

2.9.1 Rumus *Signal-to-Noise Ratio (Smaller-The-Better)*

Pada penelitian ini, optimasi parameter pemesinan dianalisis menggunakan metode Taguchi dengan memanfaatkan pendekatan *signal-to-noise ratio (s/n ratio)* untuk menilai kualitas respon kekasaran permukaan. Karakteristik kualitas yang diterapkan adalah *smaller-the-better*, karena penelitian ini berfokus pada upaya mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang serendah mungkin. metode *s/n ratio* digunakan untuk menentukan kombinasi parameter proses yang paling optimal sekaligus mengurangi pengaruh variabilitas data yang disebabkan oleh faktor gangguan yang tidak terkontrol. Melalui pendekatan ini, kondisi pemotongan optimum dapat ditetapkan secara kuantitatif berdasarkan nilai *s/n ratio* yang paling tinggi, yang merepresentasikan proses pemesinan dengan kestabilan dan konsistensi kualitas yang lebih baik.

Rumus *signal-to-noise ratio (smaller-the-better)* Digunakan untuk kekasaran permukaan (Ra):

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

Keterangan:

- S/N = *signal-to-noise* (dB, menunjukkan kualitas respon proses)
- $\sum$ = Simbol penjumlahan dari i = 1 sampai n
- $\log_{10}$ = Logaritma basis 10
- 10 = Faktor Konversi ke satuan desibel (dB)
- y_i = Nilai respon (kekasaran permukaan)
- n = Jumlah pengulangan eksperimen

2.9.2 Rumus Total *Sum of Squares* (SST) – ANOVA

Dalam metode analisis variansi (ANOVA), Total *sum of squares* (SST) digunakan untuk menggambarkan keseluruhan variasi data respon yang diperoleh dari hasil percobaan. Nilai SST menunjukkan besarnya penyimpangan setiap data pengamatan terhadap nilai rata-rata total, sehingga mencerminkan tingkat keragaman data yang terjadi selama penelitian. SST berperan sebagai komponen dasar dalam ANOVA karena digunakan untuk menguraikan variasi total menjadi variasi yang disebabkan oleh faktor-faktor penelitian dan variasi akibat kesalahan eksperimen. Dengan menghitung SST, peneliti dapat menilai seberapa besar variasi data secara keseluruhan serta menganalisis pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan secara statistik. Rumus total *sum of squares* (SST) – ANOVA:

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

- SST = Total *Sum of Squares*, yaitu total variasi data
- y_i = Nilai respon pengamatan ke-i (misalnya kekasaran permukaan Ra)
- $\bar{y}$ = Nilai rata-rata keseluruhan data (grand mean)
- n = Jumlah total pengamatan
- $\sum$ = Simbol penjumlahan dari $i = 1$ sampai n

2.9.3 Rumus *Sum of Squares* Faktor (SSA)

Pada analisis variansi (ANOVA), *sum of squares* faktor (SSA) digunakan untuk merepresentasikan besarnya variasi data yang diakibatkan oleh suatu faktor atau parameter yang diteliti. Nilai SSA menggambarkan kontribusi setiap faktor terhadap perubahan respon, yang dihitung berdasarkan selisih antara rata-rata pada tiap level faktor dengan rata-rata keseluruhan data. Perhitungan SSA menjadi komponen penting dalam ANOVA karena berfungsi untuk memisahkan variasi yang disebabkan oleh faktor penelitian dari variasi yang berasal dari kesalahan eksperimen. Dengan mengetahui nilai SSA, peneliti dapat menentukan faktor yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap respon kekasaran permukaan,

sehingga parameter pemesinan yang dominan dapat diidentifikasi secara statistik. Rumus *sum of squares* Faktor (SSA):

$$SSA = \sum_{k=1}^L \frac{T_k^2}{n_k} - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- SSA = *Sum of Squares* faktor A
- A = Jumlah faktor A
- L = Jumlah level faktor (misalnya 3 level)
- n_k = Jumlah data pada level ke – k
- T_k = Total nilai respon pada level ke-k
- T = Total seluruh nilai respon
- N = Jumlah total data eksperimen
- Σ = Simbol penjumlahan

2.9.4 Rumus *Mean Square* (MS)

Dalam analisis variansi (ANOVA), *Mean Square* (MS) digunakan untuk menunjukkan nilai rata-rata kuadrat variasi yang berasal dari suatu sumber variasi tertentu, baik faktor penelitian maupun kesalahan (*error*). Nilai MS diperoleh dengan membagi nilai *Sum of Squares* (SS) dengan derajat kebebasan (*degree of freedom*/DF) masing-masing sumber variasi. Perhitungan MS bertujuan untuk menstandarkan variasi data sehingga dapat dibandingkan antar faktor. Nilai MS selanjutnya digunakan dalam perhitungan statistik uji F untuk menentukan signifikansi pengaruh suatu parameter terhadap respon yang diamati, seperti kekasaran permukaan pada proses pembubutan. Rumus *Mean Square* (MS):

$$MS = \frac{SS}{DF} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- MS = *Mean Square* (rata-rata kuadrat variasi)
- SS = *Sum of Square* (jumlah kuadrat variasi)
- Df = *Degree of freedom* (derajat bebas)

2.9.5 Rumus *F-Value*

Dalam analisis variansi (ANOVA), nilai F (*F-Value*) digunakan sebagai parameter statistik untuk menguji signifikansi pengaruh suatu faktor terhadap respon penelitian. Nilai F diperoleh dari perbandingan antara *Mean Square* faktor dengan *Mean Square error*, yang menggambarkan seberapa besar variasi yang

disebabkan oleh faktor penelitian dibandingkan dengan variasi akibat kesalahan eksperimen. Semakin besar nilai F yang diperoleh, semakin besar pula kemungkinan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon yang diamati. Oleh karena itu, nilai F digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan statistik untuk menentukan parameter pemesinan yang berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan. Rumus F -Value:

$$F = \frac{M S_{factor}}{M S_{error}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

F = Nilai statistik F (F hitung)

MS faktor = *Mean Square* faktor (Misalnya MSA, MSB, MSC)

MSerror = *Mean Square Error* (galat)

2.9.6 Rumus Kontribusi Faktor (%)

Dalam analisis variansi (ANOVA), kontribusi faktor digunakan untuk menunjukkan persentase pengaruh masing-masing parameter terhadap variasi respon yang diamati. Nilai kontribusi faktor dihitung berdasarkan perbandingan antara *sum of squares* (SS) suatu faktor dengan Total *sum of squares* (SST), sehingga dapat diketahui seberapa besar peran faktor tersebut dalam mempengaruhi hasil penelitian. Perhitungan kontribusi faktor bertujuan untuk mengidentifikasi parameter pemesinan yang paling dominan terhadap kekasaran permukaan, sehingga peneliti dapat memfokuskan optimasi pada faktor yang memberikan pengaruh terbesar secara kuantitatif. Rumus Kontribusi Faktor (%):

$$Kontribusi\ Faktor\ (\%) = \frac{S S_{faktor}}{S\ ST} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana

$Ssfaktor$ = *Sum of Square* faktor (SSA,SSB.SSC, dll)

SST = Total *Sum of squares* (total variaai data)

% = Persentase kontribusi terhadap respon

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk menunjang pelaksanaan proses pembubutan konvensional serta pengukuran kekasaran permukaan benda kerja. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut (*turning machine*) adalah jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut (Sumbodo dkk, 2008). Mesin bubut umumnya digunakan untuk mengerjakan benda kerja yang berbentuk silindris, namun juga untuk mengerjakan benda yang berbentuk tidak silindris dengan mengganti pencekamnya (*chuck*). Pahat bubut digunakan sebagai alat potong pada mesin bubut untuk menyayat benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja.

Mesin bubut merupakan mesin yang digunakan untuk merubah bentuk dan ukuran suatu benda kerja dengan jalan menyayat benda kerja yang berputar dengan menggunakan pahat. Benda kerja yang berputar tersebut dipasang pada alat penjepit (cekam), kemudian pahat bergerak secara memajang maupun melintang atau kombinasi dari gerak tersebut.



Gambar 3. 1Mesin Bubut DA SHENG Universal Lathe
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin Bubut Universal C6240A/1000

Spesifikasi	Detail
Tipe Mesin	C6240A/1000
Jenis	Mesin Bubut Universal Manual
Jarak Antara Senter	1000 mm
Diameter Ayunan (swing) di atas tempat tidur	± 400 mm
Diameter Ayunan di atas Eretan	± 220 mm
Diameter Ayunan pada Celah	± 630 mm
Ukuran Lubang Spindle	± 52 mm
Taper Spindle	MT6 (Morse Taper No. 6)
Kecepatan Spindle	12 langkah, 45-150,3 Cutting Speed
Daya Motor Utama	± 3 kW (4 HP)
Ulir Metrik	0.2 – 14 mm
Ulir Imperial	2 – 72 TPI
Berat Mesin	$\pm 1.3 - 1.5$ ton
Dimensi Mesin	$\pm 2100 \times 1000 \times 1200$ mm
Pabrikan	Dalian Machine Tool Works, China

(Sumber: scribd.com)

2. Kunci Chuck

Kunci chuck bubut adalah alat yang digunakan untuk mengencangkan atau melepas chuck pada mesin bubut. Kunci chuck biasanya memiliki bentuk seperti kunci pas atau kunci berpenyangga, dan digunakan untuk mengatur ketegangan chuck, baik itu jenis 3-rahang atau 4-rahang.



Gambar 3. 2 Kunci *Chuck* Bubut
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

3. Kunci L

Kunci L sering digunakan dalam kombinasi dengan baut atau mur soket yang memiliki lubang berbentuk segi enam. Salah satu sisi kunci L berfungsi sebagai pegangan, sementara sisi lainnya dimasukkan ke dalam lubang baut atau mur untuk memberikan torsi yang diperlukan dalam proses pemasangan atau pelepasan.



Gambar 3. 3 Kunci L
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

4. Pahat karbida

Pahat karbida digunakan sebagai alat pemotong dalam proses pembubutan karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi serta ketahanan yang baik terhadap keausan. Bahan karbida mampu mempertahankan ketajaman ujung potong meskipun digunakan pada temperatur pemesinan yang relatif tinggi, sehingga sesuai untuk pengerjaan baja AISI 1045. Penggunaan pahat karbida dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan proses pemotongan yang stabil serta memperoleh hasil yang konsisten pada setiap pengujian.



Gambar 3. 4 Pahat Karbida
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Mata Pahat Insert Merk KYOCERA DNMG150404HQ

Keterangan	Spesifikasi
Merek	Kyocera
Tipe <i>Insert</i>	DNMG150404HQ
Bentuk	Diamond (rombik 55°)
<i>Relief Angle</i>	0° (kode: N)
Tipe <i>Chipbreaker</i>	HQ (<i>High-Quality</i> , untuk <i>finishing</i>)
Ukuran Sisi	15.875 mm (kode: 15)
Ketebalan <i>Insert</i>	4.76 mm (kode: 04)
Radius Ujung (<i>Corner Radius</i>)	0.4 mm
Tipe Lubang	G (<i>ISO standard hole</i>)
Kode Setara ANSI	DNMG431HQ
Material/Grade	PV7020 (Coating PVD – tahan aus)
Aplikasi Material	Baja (P), Stainless (M), Material Keras (K)
Kecepatan Potong (<i>Vc</i>)	170-360 m/min (untuk baja)
Kecepatan Makan (<i>f</i>)	0.1 0.3 mm/rev
Kedalam Potong (<i>ap</i>)	0.2 - 2.0 mm
Tipe Pemotongan	Kontinyu – Menengah (<i>Cont – Middle</i>)
Negara Pembuat	Korea (<i>Made in Korea</i>)

(Sumber: MSC Industrial Supply)

5. *Surface Roughness Tester*

Surface roughness tester adalah alat pengukur kekasaran permukaan. Setiap permukaan dari sebuah benda memiliki beberapa bentuk yang beraneka ragam menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. *roughness* atau kekasaran didefinisikan sebagai ketidak halusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *roughness average* (*Ra*). *Ra* merupakan parameter kekasaran yang paling

banyak digunakan secara internasional. Ra diartikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata.



Gambar 3. 5 *Surface Roughness Tester*
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Ukur Kekasaran Merk Time Group Inc Tr200

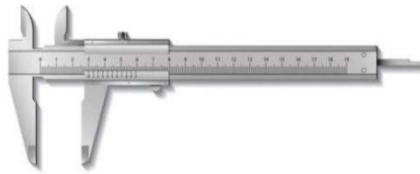
Model	Waktu	Waktu
Parameter Kekasaran	Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rv, R3z, RS, RSm, RSK, Rmr	Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rv, R3z, RS, RSM, RSk, Rpc, RK, Rpk, Rvk, Tn1, M12
Profil yang Dinilai	Profil Kekasaran (R) profil primer (P)	
Sistem Pengukuran	Metrik, Imperial	
Resolusi Tampilan	0,001 mikrometer	
Keluaran Data	RS323	
Rentang Pengukuran Pengambilan	+20 μm , 140 μm , 180 μm	
Panjang Potongan (L)	20,25mm/0,8mm/2,5mm/Otomatis	
Panjang Evaluasi	1-15L (dapat dipilih)	1-15L (dapat dipilih)
Panjang Penelusuran	3-7L (dapat dipilih)	3-7L (dapat dipilih)
Penyaring Digital	RC, PC-RC, Gauss, D-P	
Maks, Panjang Penelusuran	17.5mm/0.71 inci	
Panjang Penelusuran Minimal	1.3mm/0.052 inci	
Menjempit	Pickup Standar TS100, induktif, radius stylus berlian 5 μm , sudut pena 90°	
Ketepatan	$\leq \pm 10\%$	
Pengulangan	$\leq 6\%$	
Kekuatan	Baterai Li-ion dapat diisi ulang	

Dimensi (mm)	140x52x48	
Berat (g)	440	

(Sumber: Beijing Time HighTechnology LTD.com)

6. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang, diameter, atau kedalaman benda dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Jangka sorong dapat mengukur dimensi luar (seperti diameter luar tabung), dimensi dalam (seperti diameter dalam cincin atau pipa), dan kedalaman lubang atau cekungan. Jangka sorong mempunyai panjang 30 mm, mempunyai tingkat keakuratan 0,1 dan 0,02 mm.



Gambar 3. 6 Jangka Sorong (*Vernier Caliper*)
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

7. Tachometer

Tachometer adalah sebuah komponen alat ukur yang digunakan untuk mengukur perputaran mesin dalam satuan *cutting speed (rotation per minute)*. Dengan adanya tachometer ini, dapat dengan mudah mengetahui perputaran mesin.



Gambar 3. 7 Tachometer
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

8. Palu Karet

Palu karet berfungsi untuk memasang dan melepas benda kerja, dan mengatur posisi alat agar presisi.



Gambar 3. 8 Palu Karet
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

7. Kain Majun

Kain Majun digunakan untuk membersihkan permukaan pembubutan yang akan dilakukan pengujian kekasaran.



Gambar 3. 9 Majun
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

8. Kacamata *Safety*

Kacamata *safety* (atau kacamata pelindung) adalah alat pelindung diri yang dirancang untuk melindungi mata dari berbagai bahaya yang dapat terjadi di tempat kerja, seperti percikan bahan kimia, debu, percikan logam, atau benda asing yang dapat merusak mata.



Gambar 3. 10 Kacamata *Safety*
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

9. Sarung Tangan

Sarung tangan digunakan untuk tujuan keselamatan. Fungsi atau tujuan penggunaan sarung tangan di lingkungan pembubutan adalah perlindungan dari

permukaan pembubutan yang panas dan perlindungan dari kecelakaan kerja yang bisa terjadi.



Gambar 3. 11 Sarung Tangan
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

10. Sepatu *Safety*

Sepatu *safety* berfungsi untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja seperti tertimpanya benda-benda berat, contohnya benda kerja.



Gambar 3. 12 Sepatu Safety
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

11. Baju Wearpack

Baju wearpack berfungsi untuk melindungi pekerja dari cedera ringan hingga berat seperti resiko terkena serpihan bram pada pembubutan.



Gambar 3. 13 Baju Wearpack
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

3.1.2 Bahan

Material penelitian yang digunakan adalah baja karbon sedang AISI 1045 (S45C/C45) berbentuk batang silinder dengan ukuran 20 mm, yang difungsikan sebagai benda kerja dalam proses pembubutan.



Gambar 3. 14 AISI 1045
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini merupakan parameter pemesian yang divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekasaran permukaan. Variabel bebas yang digunakan meliputi:

1. Kecepatan potong (V_c)
2. Gerak makan (f)
3. Kedalaman potong (a_p)

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekasaran permukaan (R_a) hasil proses pembubutan pada benda kerja baja AISI 1045, yang digunakan sebagai indikator kualitas permukaan hasil pemesian.

3.2.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol merupakan variabel yang dijaga tetap selama proses penelitian agar tidak mempengaruhi hasil pengujian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini meliputi:

1. Material benda kerja : Baja AISI 1045
2. Diameter benda kerja : 20 mm
3. Panjang pembubutan : 60 mm
4. Kondisi pemotongan : *Dry Cutting*
5. Mesin bubut : DA SHENG *Universal Lathe* C6240A/1000
6. Jenis pahat : *Carbide Insert*
7. Radius ujung pahat (nose radius) 0,4 mm.

8. Tool holder yang sama.
9. Metode pengukuran menggunakan *Surface roughness tester*

3.3 Desain Eksperimen Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan metode optimasi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas proses dengan meminimalkan variasi akibat faktor yang tidak terkendali. Metode ini menggunakan desain eksperimen berbasis orthogonal array untuk menentukan kombinasi parameter yang optimal.

Metode Taguchi dipilih karena mampu mengoptimasi parameter proses dengan jumlah eksperimen yang lebih efisien dibandingkan metode faktorial penuh, sehingga sangat sesuai untuk penelitian ini yang melibatkan beberapa parameter pemesinan. Selain itu, penggunaan metode ini memungkinkan identifikasi pengaruh masing-masing faktor secara independen terhadap respon yang diamati, yaitu kekasaran permukaan (R_a). Oleh karena itu, digunakan orthogonal array L9 (3^3) yang sesuai untuk eksperimen dengan tiga faktor dan tiga level.

3.3.1 Faktor dan Level Penelitian

Tabel 3. 4 Faktor dan Level Penelitian

Faktor	Simbol	Level 1	Level 2	Level 3	Satuan
<i>Cutting speed</i>	n	50,3	70,4	100,5	m/min
<i>Feed rate</i>	f	0,10	0,16	0,18	mm/rev
<i>Depth Of cut</i>	ap	0,20	0,25	0,30	mm

(Sumber: Data Olahan)

Faktor penelitian terdiri atas *cutting speed* (V_c), *feed rate* (f), dan *depth of cut* (ap). Pemilihan level parameter didasarkan pada kemampuan mesin bubut yang digunakan, rekomendasi Kepala Laboratorium, serta hasil studi literatur sehingga proses pemesinan dapat berlangsung dengan aman dan menghasilkan variasi kondisi pemotongan yang dapat dianalisis menggunakan metode Taguchi.

Pemilihan rentang parameter pemesinan dalam penelitian ini juga mempertimbangkan potensi terbentuknya *built-up edge* (BUE), terutama pada kondisi kecepatan potong rendah dan laju pemakanan tinggi dalam pemotongan kering. Oleh karena itu, parameter yang digunakan diharapkan dapat meminimalkan terjadinya fenomena tersebut sehingga hasil pengukuran kekasaran permukaan menjadi lebih representatif.

3.3.2 Orthogonal Array (OA) Taguchi

Tabel 3. 5 Orthogonal Array L9 (3^3)

No	<i>cutting speed(m/menit)</i>	<i>feed rate (mm/rev)</i>	<i>depth of cut (mm)</i>
1	50,3	0,10	0,20
2	50,3	0,16	0,25
3	50,3	0,18	0,30
4	70,4	0,10	0,25
5	70,4	0,16	0,30
6	70,4	0,18	0,20
7	100,5	0,10	0,30
8	100,5	0,16	0,20
9	100,5	0,18	0,25

(Sumber: Data Olahan)

Orthogonal Array L9 (3^3) digunakan karena penelitian ini melibatkan tiga faktor dengan tiga level. Penggunaan OA ini memungkinkan pengurangan jumlah percobaan dari 9 kombinasi menjadi 9 percobaan utama tanpa mengurangi kualitas analisis. Selain itu, desain ini memungkinkan identifikasi pengaruh masing-masing faktor secara independen terhadap respon yang diamati.

3.3.3 Jumlah Percobaan dan Replikasi

Penelitian ini menggunakan Orthogonal Array L9 (3^3) sehingga diperoleh sembilan kombinasi parameter pemesinan. Setiap kombinasi parameter dilakukan satu kali proses pembubutan sehingga jumlah spesimen yang digunakan sebanyak sembilan buah.

Setelah proses pembubutan selesai, setiap spesimen diukur menggunakan *surface roughness tester* pada tiga titik pengukuran yang berbeda sepanjang daerah pembubutan. Nilai rata-rata dari ketiga hasil pengukuran digunakan sebagai respon penelitian untuk dianalisis menggunakan metode Taguchi dan ANOVA.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan pelaksanaan eksperimen yang dilakukan secara sistematis untuk memperoleh data kekasaran permukaan hasil proses pembubutan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan Orthogonal Array (OA) L9 berdasarkan metode Taguchi, yang terdiri

atas tiga faktor dengan tiga level, yaitu kecepatan potong *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut*. Seluruh tahapan penelitian dilakukan secara berurutan mulai dari persiapan alat dan bahan hingga analisis data hasil pengujian.

1. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap pertama dilakukan dengan menyiapkan seluruh peralatan dan bahan yang digunakan selama penelitian. Peralatan meliputi mesin bubut konvensional, pahat *insert*, *surface roughness tester*, jangka sorong, tachometer, serta peralatan pendukung lainnya. Bahan yang digunakan berupa baja AISI 1045 yang telah dipotong sesuai dimensi spesimen penelitian.

2. Persiapan Benda Kerja

Benda kerja dibersihkan dari kotoran, minyak, dan karat agar tidak memengaruhi proses pembubutan maupun hasil pengukuran kekasaran permukaan. Selanjutnya benda kerja dipasang pada *chuck* mesin bubut dan dipastikan terjepit dengan kuat sehingga tidak terjadi getaran atau pergeseran selama proses pemesinan berlangsung.

3. Persiapan Pahat

Pahat *insert* dipasang pada *tool holder* sesuai posisi yang telah ditentukan. Posisi ujung pahat disetel tepat berada pada sumbu pusat benda kerja (*center height*) untuk memperoleh hasil pemotongan yang optimal dan meminimalkan terjadinya kesalahan pemesinan.

4. Pengaturan Parameter Pemotongan

Mesin bubut diatur sesuai kombinasi parameter yang telah ditentukan berdasarkan Orthogonal Array L9. Parameter yang divariasikan meliputi kecepatan potong sebesar 50,3 m/menit, 70,4 m/menit, dan 100,5 m/menit, *feed rate* sebesar 0,10 mm/rev, 0,16 mm/rev, dan 0,18 mm/rev, serta *depth of cut* sebesar 0,20 mm, 0,25 mm, dan 0,30 mm.

5. Proses Pembubutan

Proses pembubutan dilakukan sesuai kombinasi parameter pada setiap percobaan Orthogonal Array L9. Selama proses pemesinan berlangsung, kondisi

pemotongan dijaga tetap konstan agar variasi hasil yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh parameter penelitian yang telah ditentukan.

6. Pengukuran Kekasaran Permukaan

Setelah proses pembubutan selesai, setiap spesimen dibersihkan dari sisa geram dan didiamkan selama kurang lebih 5 menit hingga suhu permukaan benda kerja stabil. Selanjutnya dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester*. Setiap spesimen diukur pada tiga titik berbeda di sepanjang daerah hasil pembubutan sehingga diperoleh nilai Ra1, Ra2, dan Ra3. Nilai rata-rata dari ketiga hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai data respon penelitian untuk dianalisis menggunakan metode Taguchi dan Analisis Varians (ANOVA).



Gambar 3. 15 Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

7. Pengolahan dan Analisis Data

Data hasil pengukuran kekasaran permukaan selanjutnya diolah menggunakan metode Taguchi untuk memperoleh nilai rata-rata (*means*), nilai *Signal-to-noise ratio (s/n ratio)*, serta menentukan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon penelitian. Selanjutnya dilakukan Analisis Varians (ANOVA) untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing faktor terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan.

8. Penarikan Kesimpulan

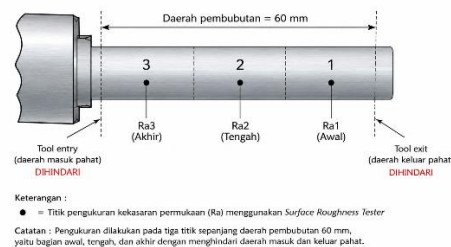
Tahap terakhir dilakukan dengan menginterpretasikan hasil analisis Taguchi dan ANOVA untuk menjawab tujuan penelitian. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pengolahan data sehingga dapat diketahui parameter pemotongan

yang memberikan pengaruh paling dominan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pembubutan baja AISI 1045.

3.5 Metode Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan *Surface roughness tester*. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan pada tiga titik sepanjang daerah pembubutan 60 mm. Titik pengukuran berada pada bagian awal, tengah, dan akhir daerah pembubutan dengan menghindari daerah masuk dan keluar pahat. Nilai rata-rata dari ketiga hasil pengukuran digunakan sebagai data penelitian. Nilai kekasaran yang digunakan adalah nilai rata-rata dari tiga pengukuran. Pengukuran dilakukan sesuai standar pengujian kekasaran permukaan yang berlaku untuk menjamin keakuratan data.

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan pada tiga titik yang berbeda sepanjang daerah pembubutan 60 mm. Titik pengukuran dipilih pada bagian awal, tengah, dan akhir daerah pembubutan dengan menghindari daerah masuk (*tool entry*) dan keluar pahat (*tool exit*). Nilai kekasaran permukaan yang digunakan sebagai data penelitian merupakan nilai rata-rata dari ketiga hasil pengukuran.



Gambar 3.16 Benda Kerja dan Pahat Bubut
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

3.6 Teknik Analisis Data

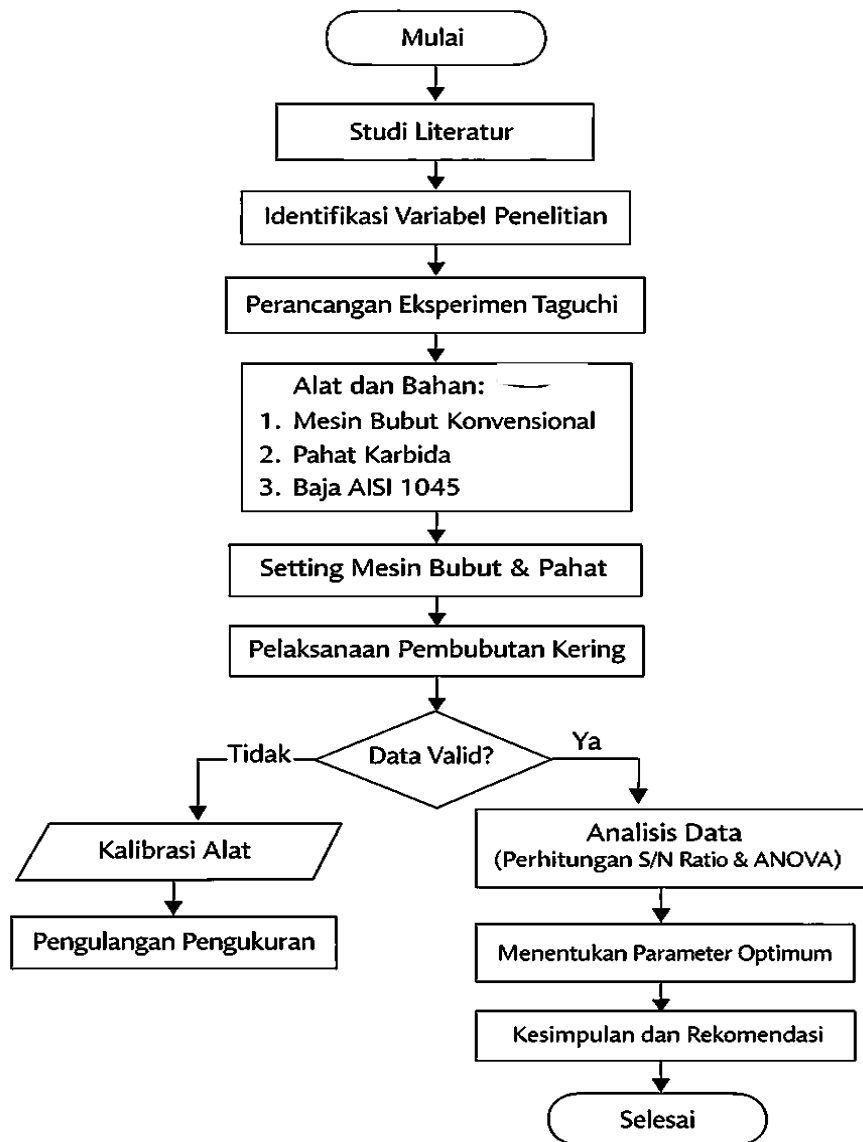
Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode Taguchi dan ANOVA dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata-rata kekasaran permukaan
2. Menghitung nilai *S* *signal-to-noise ratio* (*smaller-the-better*)
3. Menentukan respon rata-rata setiap level faktor
4. Menentukan Kombinasi parameter optimum

5. Melakukan analisis variansi (ANOVA)
6. Menentukan kontribusi masing-masing faktor
7. Menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik

3.7 Diagram Alir

Alur penelitian disusun dalam bentuk *flowchart* untuk memudahkan pemahaman tahapan penelitian dari awal hingga akhir. *flowchart* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 17 Flowchart Penelitian Optimasi Parameter Pembubutan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kekasaran permukaan (Surface Roughness) pada setiap spesimen hasil proses pembubutan baja AISI 1045 menggunakan metode Taguchi Orthogonal Array L9 (3^3). Setiap spesimen diukur pada tiga titik menggunakan *Surface roughness tester* untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan (R_a). Nilai rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut digunakan sebagai respon penelitian.

Subbab ini menyajikan hasil pengukuran kekasaran permukaan dari seluruh kombinasi parameter pemesinan yang meliputi *cutting speed* (m/min), *feed rate* (mm/rev), dan *depth of cut* (mm).



Gambar 4. 1 Hasil pembubutan
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan (Ra)

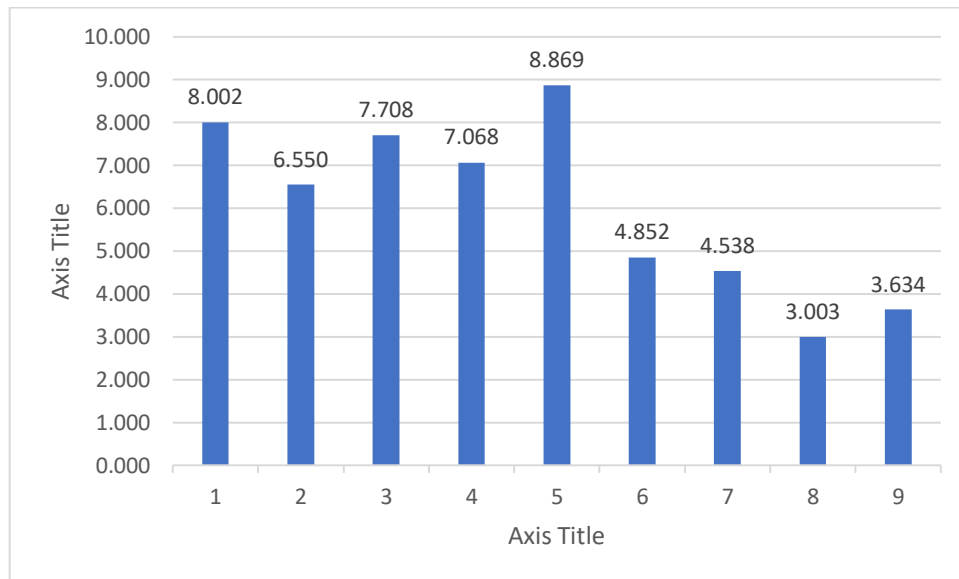
OA	Cutting Speed (m/min)	Feed Rate (mm/rev)	Depth of Cut (mm)	Ra1	Ra2	Ra3	Rata-rata Ra (µm)
OA1	50,3	0,10	0,20	7,454	8,173	8,379	8,002
OA2	50,3	0,16	0,25	6,549	6,781	6,320	6,550
OA3	50,3	0,18	0,30	7,583	7,542	7,999	7,708
OA4	70,4	0,10	0,25	6,977	7,010	7,218	7,068
OA5	70,4	0,16	0,30	8,910	8,517	9,180	8,869
OA6	70,4	0,18	0,20	4,937	4,923	4,696	4,852
OA7	100,5	0,10	0,30	4,238	4,701	4,674	4,538
OA8	100,5	0,16	0,20	3,230	3,061	2,719	3,003
OA9	100,5	0,18	0,25	3,717	3,706	3,478	3,634

(Sumber: Data Hasil Pengukuran Penelitian, 2026.)

Berdasarkan Tabel 4.1, diperoleh hasil pengukuran kekasaran permukaan (Ra) dari sembilan percobaan pembubutan yang disusun berdasarkan metode Taguchi Orthogonal Array L9 (3^3). Setiap percobaan dilakukan dengan kombinasi parameter pemesinan yang berbeda, yaitu *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut*, kemudian diukur sebanyak tiga kali pada titik yang berbeda menggunakan *Surface roughness tester*. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan adanya variasi nilai kekasaran permukaan pada setiap percobaan, yang mengindikasikan bahwa perubahan kombinasi parameter pemesinan memengaruhi kualitas permukaan hasil pembubutan.



Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)



Gambar 4. 3 Grafik Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan

Analisis Grafik Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan Berdasarkan Gambar 4.3, terlihat bahwa nilai rata-rata kekasaran permukaan hasil pembubutan pada setiap percobaan menunjukkan variasi yang berbeda. Nilai rata-rata kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada OA6 sebesar 8,869 μm , sedangkan nilai rata-rata kekasaran permukaan terendah diperoleh pada OA7 sebesar 3,003 μm . Selain itu, percobaan OA1, OA3, dan OA5 juga menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang relatif tinggi dibandingkan percobaan lainnya. Sementara itu, percobaan OA4, OA8, dan OA9 menunjukkan nilai kekasaran permukaan yang relatif lebih rendah. Perbedaan nilai kekasaran permukaan pada setiap percobaan menunjukkan bahwa setiap kombinasi parameter pemesinan menghasilkan kualitas permukaan yang berbeda.

Variasi nilai kekasaran permukaan yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 merupakan hasil respon dari kombinasi parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut* yang digunakan pada setiap percobaan berdasarkan Orthogonal Array L9. Hasil pengujian ini selanjutnya akan diolah melalui perhitungan nilai rata-rata, *signal-to-noise ratio* (*s/n ratio*), analisis respon metode Taguchi, serta Analisis Variansi (ANOVA) untuk menentukan kombinasi parameter optimum dan mengetahui faktor yang memberikan pengaruh paling dominan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan.



Gambar 4. 4 Hasil Permukaan Benda Kerja Setelah Proses Pembubutan
(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2026)

4.2 Perhitungan Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan

Nilai rata-rata kekasaran permukaan (R_a) dihitung berdasarkan tiga kali pengukuran pada setiap spesimen hasil pembubutan. Perhitungan nilai rata-rata dilakukan untuk memperoleh satu nilai representatif yang dapat menggambarkan tingkat kekasaran permukaan pada setiap kombinasi parameter pemesinan. Nilai rata-rata tersebut selanjutnya digunakan sebagai data respon dalam analisis metode Taguchi dan Analisis Variansi (ANOVA).

Perhitungan nilai rata-rata kekasaran permukaan dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R}_a = \frac{Ra_1 + Ra_2 + Ra_3}{3} \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan:

$\bar{R}_a$ = Nilai rata-rata kekasaran permukaan (μm)

$\bar{R}_a$ = Nilai pengukuran pertama (μm)

$\bar{R}_a$ = Nilai Pengukuran (μm)

Contoh Perhitungan

Perhitungan nilai rata-rata kekasaran permukaan pada percobaan OA1 adalah sebagai berikut.

Diketahui:

$$Ra_1 = 7,454 \mu m$$

$$Ra_2 = 8,173 \mu m$$

$$Ra_3 = 8,379 \mu m$$

$$\bar{R}_a = \frac{Ra_1 + Ra_2 + Ra_3}{3}$$

$$\bar{R}_a = \frac{7,454 + 8,173 + 8,379}{3}$$

$$\bar{R}_a = \frac{24,006}{3}$$

$$\bar{R}_a = 8,002 \mu\text{m}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada seluruh percobaan (OA1 sampai OA9), sehingga diperoleh nilai rata-rata kekasaran permukaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan

OA	Rata-rata Ra (μm)
OA1	8,002
OA2	6,550
OA3	7,708
OA4	7,068
OA5	8,869
OA6	4,852
OA7	4,538
OA8	3,003
OA9	3,634

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Analisis Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata

Berdasarkan Tabel 4.2, diperoleh nilai rata-rata kekasaran permukaan untuk setiap percobaan yang bervariasi sesuai dengan kombinasi parameter pemesinan yang digunakan. Nilai rata-rata kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada OA5, yaitu sebesar 8,869 μm , sedangkan nilai rata-rata terendah diperoleh pada OA8, yaitu sebesar 3,003 μm . Perbedaan nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa setiap kombinasi parameter pemesinan menghasilkan kualitas permukaan yang berbeda. Nilai rata-rata kekasaran permukaan yang telah diperoleh pada setiap percobaan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis metode Taguchi, yaitu untuk menghitung *Signal-to-noise ratio* (*s/n ratio*), menentukan respon setiap

faktor, serta melakukan Analisis Variansi (ANOVA). Melalui analisis tersebut dapat ditentukan kombinasi parameter pemesinan yang optimum serta diketahui faktor yang memberikan pengaruh paling besar terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan.

4.3 Perhitungan Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio)

Metode Taguchi menggunakan *Signal-to-noise ratio (s/n ratio)* sebagai salah satu metode analisis untuk menentukan kombinasi parameter pemesinan yang menghasilkan kualitas terbaik. *s/n ratio* digunakan untuk mengukur tingkat kestabilan respon terhadap variasi yang terjadi selama proses pemesinan. Pada penelitian ini, karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Smaller-the-better*, karena respon yang diharapkan adalah nilai kekasaran permukaan (R_a) yang sekecil mungkin.

Perhitungan *s/n ratio* dilakukan berdasarkan tiga kali hasil pengukuran kekasaran permukaan pada setiap percobaan. Nilai *s/n ratio* yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan respon setiap level faktor, kombinasi parameter optimum, serta sebagai dasar dalam analisis metode Taguchi.

Rumus *Signal-to-noise ratio (smaller-the-better)*

$$\frac{S}{N} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan:

$\frac{S}{N}$ = *Signal-to-noise ratio* (dB)

n = Jumlah pengukuran pada setiap percobaan

y_i = Nilai kekasaran permukaan hasil pengukuran (μm)

Contoh Perhitungan S/N Ratio Percobaan OA1

Diketahui hasil pengukuran kekasaran permukaan pada percobaan OA1 sebagai berikut:

$R_{a1} = 7,454 \mu\text{m}$

$R_{a2} = 8,173 \mu\text{m}$

$$Ra_3 = 8,379 \mu m$$

Diketahui hasil pengukuran kekasaran permukaan pada percobaan OA1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S/N &= -10 \log_{10} \left(\frac{7,454^2 + 8,173^2 + 8,379^2}{3} \right) \\ &= -10 \log_{10} \left(\frac{55,562 + 66,799 + 70,208}{3} \right) \\ &= -10 \log_{10}(64,190) \\ &= -10(1,807462) \\ &= -18.075 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada seluruh percobaan (OA1 sampai OA9), sehingga diperoleh nilai Signal-to-Noise Ratio seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Nilai *Signal-to-Noise Ratio* (S/N Ratio)

OA	S/N Ratio (dB)
OA1	-18,07462157
OA2	-16,32841009
OA3	-17,74194846
OA4	-16,98732968
OA5	-18,96158251
OA6	-13,72066601
OA7	-13,14613741
OA8	-9,573771027
OA9	-11,21089175

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Analisis Hasil *Signal-to-noise ratio* Berdasarkan Tabel 4.3, diperoleh nilai *Signal-to-noise ratio* (S/N Ratio) yang berbeda pada setiap percobaan. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap kombinasi parameter pemesinan menghasilkan respon yang berbeda terhadap kekasaran permukaan. Pada karakteristik *Smaller-the-better*, nilai *s/n ratio* yang lebih besar (semakin mendekati

no1) menunjukkan kualitas permukaan yang lebih baik karena menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa OA memiliki nilai *s/n ratio* tertinggi, yaitu -9,573771027 dB, yang mengindikasikan bahwa kombinasi parameter pada percobaan tersebut menghasilkan kualitas permukaan terbaik di antara seluruh percobaan. Sebaliknya, OA5 memiliki nilai *s/n ratio* terendah, yaitu -18,96158251 dB, yang menunjukkan bahwa kombinasi parameter tersebut menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling tinggi. Nilai-nilai *s/n ratio* ini selanjutnya digunakan untuk menyusun tabel respon metode Taguchi, menentukan kombinasi parameter optimum, serta menganalisis pengaruh masing-masing faktor terhadap kekasaran permukaan.

4.4 Analisis Metode Taguchi

Analisis respon metode Taguchi bertujuan untuk mengetahui pengaruh setiap faktor terhadap nilai kekasaran permukaan berdasarkan nilai rata-rata (*Mean*) dan nilai *Signal-to-noise ratio* (*s/n ratio*). Analisis ini dilakukan dengan mengelompokkan hasil percobaan berdasarkan level dari masing-masing faktor, kemudian menghitung nilai rata-rata respon pada setiap level. Selanjutnya dihitung nilai *Delta*, yaitu selisih antara nilai respon terbesar dan terkecil pada setiap faktor. Nilai *Delta* digunakan untuk menentukan tingkat pengaruh masing-masing faktor terhadap respon penelitian. Semakin besar nilai *Delta*, maka semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap kekasaran permukaan.

4.4.1 Response Table Berdasarkan Nilai Rata-rata (*Mean*)

Response Table berdasarkan nilai rata-rata diperoleh dengan menghitung rata-rata nilai kekasaran permukaan pada setiap level faktor. Perhitungan dilakukan berdasarkan susunan Orthogonal Array L9 (3^3). Sebagai contoh, untuk Faktor A Level 1 digunakan hasil percobaan OA1, OA2, dan OA3 karena ketiga percobaan tersebut berada pada Level 1 Faktor A. Perhitungan yang sama dilakukan pada seluruh level dari setiap faktor.

Contoh perhitungan rata-rata respon Faktor A Level 1 adalah sebagai berikut.

A. Cutting Speed (A)

Level 1

OA1 + OA2 + OA3:

$$A1 = \frac{OA1 + OA2 + OA3}{3}$$

$$A1 = \frac{(8,002 + 6,550 + 7,708)}{3}$$

$$A1 = 7,420 \mu\text{m}$$

Level 2

OA4 + OA5 + OA6:

$$A2 = \frac{(7,068 + 8,869 + 4,852)}{3}$$

$$A2 = \frac{20,789}{3}$$

$$A2 = 6,930 \mu\text{m}$$

Level 3

OA7 + OA8 + OA9:

$$A3 = \frac{(4,538 + 3,003 + 3,634)}{3}$$

$$A3 = \frac{11,175}{3}$$

$$A3 = 3,725 \mu\text{m}$$

B. Feed Rate (B)

Level 1

OA1+ OA4+OA7

$$B1 = \frac{(8,002 + 7,068 + 4,538)}{3}$$

$$B1 = \frac{19,608}{3}$$

$$B1 = 6,536 \mu\text{m}$$

Level 2

OA2+OA5+OA8

$$B2 = \frac{(6,550 + 8,869 + 3,003)}{3}$$

$$B2 = \frac{18,422}{3}$$

$$B2 = 6,141 \mu\text{m}$$

Level 3

OA3+OA6+OA9

$$B3 = \frac{(7,708 + 4,852 + 3,634)}{3}$$

$$B3 = \frac{16,194}{3}$$

$$B3 = 5,398 \mu\text{m}$$

C.Depth of Cut (C)

Level 1

OA1+OA6+OA8

$$C1 = \frac{(8,002 + 4,852 + 3,003)}{3}$$

$$C1 = \frac{15,857}{3}$$

$$C1 = 5,286 \mu\text{m}$$

Level 2

OA2+OA4+OA9

$$C2 = \frac{(6,550 + 7,068 + 3,634)}{3}$$

$$C2 = \frac{17,252}{3}$$

$$C2 = 5,751 \mu\text{m}$$

Level 3

OA3+OA5+OA7

$$C3 = \frac{(7,708 + 8,869 + 4,538)}{3}$$

$$C3 = \frac{21,115}{3}$$

$$C3 = 7,038 \mu\text{m}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada seluruh level sehingga diperoleh nilai rata-rata respon seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 *Response Table* Berdasarkan Nilai Rata-rata

<i>Level</i>	<i>Cutting Speed (A)</i>	<i>Feed Rate (B)</i>	<i>Depth of Cut (C)</i>
1	7,420	6,536	5,286
2	6,930	6,141	5,751
3	3,725	5,398	7,038
<i>Delta</i>	3,695	1,138	1,752
<i>Ranking</i>	1	3	2

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Analisis Tabel 4.4 Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh nilai rata-rata kekasaran permukaan pada setiap level dari ketiga faktor penelitian, yaitu *cutting speed* (A), *feed rate* (B), dan *depth of cut* (C). Nilai rata-rata tersebut digunakan untuk mengetahui kecenderungan pengaruh masing-masing faktor terhadap respon kekasaran permukaan.

Nilai Delta diperoleh dari selisih antara nilai rata-rata terbesar dan nilai rata-rata terkecil pada setiap faktor. Berdasarkan hasil perhitungan, faktor *cutting speed* (A) memiliki nilai Delta terbesar yaitu 3,695, sehingga merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi nilai kekasaran permukaan. Selanjutnya faktor *depth of cut* (C) memiliki nilai Delta sebesar 1,752, sedangkan faktor *feed rate* (B) memiliki nilai *Delta* sebesar 1,138. Berdasarkan nilai Delta tersebut diperoleh urutan tingkat pengaruh faktor terhadap kekasaran permukaan, yaitu *cutting speed* (A) > *depth of cut* (C) > *feed rate* (B).

Karena penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *Smaller-The-Better*, maka level optimum ditentukan berdasarkan nilai rata-rata terkecil pada setiap faktor. Dari Tabel 4.4 diperoleh kombinasi level optimum yaitu A3–B3–C1, yang menunjukkan bahwa penggunaan kecepatan potong pada level 3 (100,5 *Cutting Speed*), *feed rate* pada level 3 (0,18 mm/rev), dan *depth of cut* pada level 1 (0,20 mm) menghasilkan nilai rata-rata kekasaran permukaan yang paling rendah.

4.4.2 Response Table Berdasarkan *Signal-to-Noise Ratio* (S/N Ratio)

Response Table berdasarkan nilai *Signal-to-noise ratio* (*s/n ratio*) digunakan untuk mengetahui pengaruh setiap faktor terhadap kualitas hasil

pembubutan dengan mempertimbangkan rata-rata dan variasi data. Pada penelitian ini digunakan karakteristik kualitas *smaller-the-better*, karena tujuan penelitian adalah memperoleh nilai kekasaran permukaan sekecil mungkin. Nilai *s/n ratio* yang lebih tinggi (atau lebih mendekati nol karena bernilai negatif) menunjukkan kualitas proses yang lebih baik.

Faktor A (*Cutting Speed*)

Level 1 (OA1, OA2, OA3)

$$A_1 = -\frac{18,07462157 - 16,32841009 - 17,74194846}{3} = -17,382$$

Level 2 (OA4, OA5, OA6)

$$A_2 = -\frac{-16,98732968 - 18,96158251 - 13,72066601}{3} = -16,557$$

Level 3 (OA7, OA8, OA9)

$$A_3 = -\frac{-13,14613741 - 9,573771027 - 11,21089175}{3} = -11,310$$

Faktor B (*Feed Rate*)

Level 1 (OA1, OA4, OA7)

$$B_1 = -\frac{18,07462157 - 16,98732968 - 13,14613741}{3} = -16,069$$

Level 2 (OA2, OA5, OA8)

$$B_2 = -\frac{16,32841009 - 18,96158251 - 9,573771027}{3} = -14,955$$

Level 3 (OA3, OA6, OA9)

$$B_3 = -\frac{-17,74194846 - 13,72066601 - 11,21089175}{3} = -14,224$$

Faktor C (*Depth of Cut*)

Level 1 (OA1, OA6, OA8)

$$C_1 = -\frac{-18,07462157 - 13,72066601 - 9,573771027}{3} = -13,790$$

Level 2 (OA2, OA4, OA9)

$$C_2 = -\frac{-16,32841009 - 16,98732968 - 11,21089175}{3} = -14,842$$

Level 3 (OA3, OA5, OA7)

$$C_3 = \frac{-17,74194846 - 18,96158251 - 13,14613741}{3} = -16,617$$

Tabel 4. 5 *Response Table* Berdasarkan Nilai *S/N Ratio*

Level	Cutting Speed (A)	Feed Rate (B)	Depth of Cut (C)
1	-17,382	-16,069	-13,790
2	-16,557	-14,955	-14,842
3	-11,310	-14,224	-16,617
Delta	6,072	1,845	2,827
Ranking	1	3	2

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Analisis Tabel 4.5

Berdasarkan Tabel 4.5, faktor *cutting speed* (A) memiliki nilai Delta terbesar yaitu 6,072, sehingga merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai *Signal-to-noise ratio*. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kecepatan putar spindle memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kualitas hasil pembubutan.

Faktor *depth of cut* (C) memiliki nilai Delta sebesar 2,827, sehingga berada pada urutan kedua. Sementara itu, *feed rate* (B) memiliki nilai Delta sebesar 1,845, sehingga merupakan faktor dengan pengaruh paling kecil terhadap nilai *s/n ratio*. Karena karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Smaller-the-better*, maka level optimum dipilih berdasarkan nilai *s/n ratio* yang paling tinggi (paling mendekati nol). Berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh kombinasi level optimum A3–B3–C1.

4.4.3 Penentuan Parameter Optimum

Penentuan parameter optimum dilakukan berdasarkan hasil analisis metode Taguchi menggunakan *response table* nilai rata-rata (*Mean*) dan *signal-to-noise ratio* (*s/n ratio*). Pada penelitian ini digunakan karakteristik kualitas *smaller-the-better*, sehingga parameter optimum ditentukan berdasarkan nilai rata-rata kekasaran permukaan yang paling kecil serta nilai *s/n ratio* yang paling tinggi (mendekati nol). Berdasarkan hasil *Response Table* nilai rata-rata pada Tabel 4.4 diperoleh bahwa level optimum masing-masing faktor adalah A3, B3, dan C1. Faktor *cutting speed* (A) memiliki nilai rata-rata terkecil pada level 3 sebesar 3,725 μm , faktor *feed rate* (B) memiliki nilai rata-rata terkecil pada level 3 sebesar 5,398 μm , sedangkan faktor *depth of cut* (C) memiliki nilai rata-rata terkecil pada level 1 sebesar 5,286 μm .

Hasil tersebut juga didukung oleh *Response Table* berdasarkan nilai *s/n ratio* pada Tabel 4.5. Nilai *s/n ratio* tertinggi diperoleh pada kombinasi level A3, B3, dan C1, sehingga kombinasi tersebut dipilih sebagai parameter proses yang optimum. Dengan demikian, kombinasi parameter yang direkomendasikan berdasarkan metode Taguchi adalah:

Tabel 4. 6 Kombinasi Parameter Optimum Berdasarkan Metode Taguchi

Faktor	Level Optimum	Parameter
<i>Cutting speed (A)</i>	A3	100,5 m/min
<i>Feed Rate (B)</i>	B3	0,18 mm/rev
<i>Depth of Cut (C)</i>	C1	0,20 mm

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Berdasarkan kombinasi parameter tersebut, proses pembubutan diperkirakan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah dibandingkan kombinasi parameter lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan *cutting speed* hingga 100,5 m/min, penggunaan feed rate 0,18 mm/rev, dan *depth of cut* 0,20 mm memberikan kondisi pemotongan yang paling baik untuk menghasilkan permukaan yang lebih halus pada material yang digunakan dalam penelitian ini.

Selain itu, berdasarkan nilai Delta pada *Response Table* diketahui bahwa faktor *cutting speed (A)* merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan dengan nilai Delta sebesar 3,695 pada analisis nilai rata-rata dan 6,072 pada analisis *s/n ratio*. Faktor *depth of cut (C)* berada pada urutan kedua, sedangkan *feed rate (B)* memiliki pengaruh paling kecil terhadap nilai kekasaran permukaan pada rentang parameter yang digunakan dalam penelitian ini.

4.5 Analisis Varians (ANOVA)

4.5.1 Perhitungan *Sum of Squares Total (SST)*

Nilai *Sum of squares total (SST)* digunakan untuk mengetahui besarnya variasi total data respon penelitian terhadap nilai rata-rata keseluruhan. Pada penelitian ini, respon yang dianalisis adalah nilai rata-rata kekasaran permukaan (*Ra*) dari setiap percobaan Orthogonal Array (OA1–OA9). Dalam metode Taguchi,

perhitungan SST diawali dengan menghitung *Correction Factor* (CF) sebagai faktor koreksi terhadap jumlah total respon penelitian.

1. Menghitung Total Respon (T)

Total respon diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai rata-rata kekasaran permukaan hasil pengujian pada sembilan percobaan.

$$T = 8,002 + 6,550 + 7,708 + 7,068 + 8,869 + 4,852 + 4,538 + 3,003 + 3,634$$

$$T = 54,224$$

Jadi:

$$T = \text{Total Respon} = 54,224$$

$$N = \text{Jumlah data} = 9$$

2. Menghitung *Correction factor* (CF)

$$CF = \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$CF = \frac{(54,224)^2}{9}$$

$$CF = \frac{2940,242176}{9}$$

$$CF = 326,693575$$

$$CF = 326,694$$

Keterangan:

$$CF = \text{Correction factor}$$

$$T = \text{Total seluruh respon penelitian}$$

$$N = \text{Jumlah data respon}$$

3. Menghitung Jumlah Kuadrat Seluruh Respon ($\sum Y^2$)

Nilai $\sum Y^2$ diperoleh dengan menjumlahkan kuadrat dari seluruh nilai rata-rata kekasaran permukaan.

$$\begin{aligned} \sum Y^2 = & (8,002)^2 + (6,550)^2 + (7,708)^2 + (7,068)^2 + (8,869)^2 + (4,852)^2 \\ & + (4,538)^2 + (3,003)^2 + (3,634)^2 \end{aligned}$$

$$\sum Y^2 = 361,324$$

4. Menghitung Sum of Squares Total (SST)

Nilai SST dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$SST = \sum Y^2 - CF \dots\dots\dots(4.4)$$

Substitusi Nilai:

$$SST = 361,324132 - 326,693575$$

$$SST = 34,630557C$$

$$SST = 34,631$$

Kesimpulan

Pada penelitian ini, respon yang dianalisis adalah nilai rata-rata kekasaran permukaan (Ra) yang diperoleh dari tiga kali pengukuran pada setiap percobaan Orthogonal Array (OA1–OA9), sesuai dengan metode penelitian yang telah dijelaskan pada Bab III. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Correction Factor* (CF) sebesar 326,694 dan nilai *Sum of squares total* (SST) sebesar 34,631. Nilai SST menunjukkan besarnya variasi total data respon penelitian terhadap rata-rata keseluruhan. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menghitung variasi yang disebabkan oleh masing-masing faktor penelitian pada analisis varians (ANOVA).

4.5.2 Perhitungan Sum of Squares Faktor A (SSA)

Nilai *Sum of Squares Faktor A* (SSA) digunakan untuk mengetahui besarnya variasi respon penelitian yang disebabkan oleh faktor *cutting speed*. Dalam metode Taguchi, perhitungan SSA dilakukan berdasarkan jumlah respon pada setiap level faktor A.

1. Menentukan Total Respon pada Setiap Level Faktor A

Berdasarkan Orthogonal Array L9, faktor A (*Cutting Speed*) terdiri atas tiga level sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Total Respon Faktor a (*Cutting speed*)

Level	Cutting speed	OA	Total Respon
1	50,3	OA1, OA2, OA3	22,260
2	70,4	OA4, OA5, OA6	20,789
3	100,5	OA7, OA8, OA9	11,175

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Perhitungan nya adalah:

Level 1

$$A_1 = 8,002 + 6,550 + 7,708$$

$$A_1 = 22,260$$

Level 2

$$A_2 = 7,068 + 8,869 + 4,852$$

$$A_3 = 20,789$$

Level 3

$$A_3 = 4,538 + 3,003 + 3,634$$

$$A_3 = 11,175$$

2. Menghitung SSA

Rumus yang di gunakan

$$SSA = \frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}{r} - CF \dots\dots\dots(4.5)$$

Keterangan:

SSA = *Sum of Squares* Faktor A

A₁, A₂, A₃ = Total respon pada setiap level faktor A

r = Jumlah data pada setiap level (3)

CF = *Correction Factor*

Substitusi nilai:

$$SSA = \frac{(22,260^2 + (20,789)^2 + (11,175)^2}{3} - 326,694$$

$$SSA = \frac{495,5076 + 432,1825 + 124,8806}{3} - 326,694$$

$$SSA = 350,858 - 326,694$$

$$SSA = 24,165477$$

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Sum of Squares* Faktor A (SSA) sebesar 24,165. Nilai tersebut menunjukkan besarnya variasi respon kekasaran permukaan yang dipengaruhi oleh faktor Cutting speed.

4.5.3 Perhitungan *Sum of Squares* Faktor B (SSB)

Nilai *Sum of Squares* Faktor B (SSB) digunakan untuk mengetahui besarnya variasi respon penelitian yang disebabkan oleh faktor *Feed Rate*. Dalam metode Taguchi, nilai SSB dihitung berdasarkan jumlah respon pada setiap level faktor B.

1. Menentukan Total Respon pada Setiap Level Faktor B

Berdasarkan Orthogonal Array L9, faktor *Feed Rate* terdiri atas tiga level, yaitu 0,10 mm/rev, 0,16 mm/rev, dan 0,18 mm/rev.

Level 1 (0,10 mm/rev)

OA yang digunakan:

OA1

OA4

OA7

Perhitungan:

$$B_1 = 8,002 + 7,068 + 4,538$$

$$B_1 = 19,608$$

Level 2 (0,16 mm/rev)

OA yang digunakan:

OA2

OA5

OA8

Perhitungan:

$$B_2 = 6,550 + 8,869 + 3,003$$

$$B_2 = 18,422$$

Level 3 (0,18 mm/rev)

OA yang digunakan:

OA3

OA6

OA9

Perhitungan:

$$B_3 = 7,708 + 4,852 + 3,634$$

$$B_3 = 16,194$$

Tabel 4. 8 Total Respon Faktor B (*Feed Rate*)

Level	<i>Feed Rate</i> (mm/rev)	OA	Total Respon
1	0,10	OA1, OA4, OA7	19,608
2	0,16	OA2, OA5, OA8	18,422
3	0,18	OA3, OA6, OA9	16,194

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

2. Menghitung *Sum of Squares* Faktor B (SSB)

Perhitungan SSB dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$SSB = \frac{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}{r} - CF \dots \dots \dots (4.6)$$

Keterangan:

- *SSB* = *Sum of Squares* Faktor *Feed Rate*
- B_1, B_2, B_3 = Total respon pada setiap level *Feed Rate*
- r = Jumlah data pada setiap level (3)
- *CF* = *Correction Factor*

Substitusi Nilai :

$$\begin{aligned}
 SSB &= \frac{(19,608)^2 + (18,422)^2 + (16,194)^2}{3} - 326,694 \\
 &= \frac{384,473664 + 339370084 + 262,245636}{3} - 326,694 \\
 &= 328,697795 - 326,694414 \\
 SSB &= 2,003381
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Sum of Squares* Faktor B (SSB) sebesar 2,003. Nilai SSB tersebut menunjukkan besarnya variasi respon yang disebabkan oleh faktor *Feed Rate*. Nilai ini selanjutnya digunakan dalam

perhitungan *Mean Square* (MS), nilai F-hitung, dan persentase kontribusi pada *analisis varians* (ANOVA).

4.5.4 Perhitungan *Sum of Squares* Faktor C (SSC)

Nilai *Sum of Squares Faktor C (SSC)* digunakan untuk mengetahui besarnya variasi respon penelitian yang disebabkan oleh faktor kedalaman potong (*Depth of Cut*). Dalam metode Taguchi, nilai SSC dihitung berdasarkan jumlah respon pada setiap level faktor C.

1. Menentukan Total Respon pada Setiap Level Faktor C

Berdasarkan Orthogonal Array L9, faktor *Depth of Cut* terdiri atas tiga level, yaitu 0,20 mm, 0,25 mm, dan 0,30 mm.

Level 1 (0,20 mm)

OA yang digunakan:

- OA1
- OA6
- OA8

Perhitungan:

$$C_1 = 8,002 + 4,852 + 3,003$$

$$C_1 = 15,857$$

Level 2 (0,25 mm)

OA yang digunakan:

- OA2
- OA4
- OA9

Perhitungan:

$$C_2 = 6,550 + 7,068 + 3,634$$

$$C_2 = 17,252$$

Level 3 (0,30 mm)

OA yang digunakan:

- OA3
- OA5
- OA7

Perhitungan:

$$C_3 = 7,708 + 8,869 + 4,538$$

$$C_3 = 21,115$$

Tabel 4. 9 Total Respon Faktor C (*Depth of Cut*)

Level	<i>Depth of Cut</i> (mm)	OA	Total Respon
1	0,20	OA1, OA6, OA8	15,857
2	0,25	OA2, OA4, OA9	17,252
3	0,30	OA3, OA5, OA7	21,115

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

2. Menghitung *Sum of Squares* Faktor C (SSC)

Perhitungan SSC dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$SSC = \frac{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2}{r} - CF \dots\dots\dots(4.7)$$

Keterangan:

- SSC = *Sum of Squares* Faktor *Depth of Cut*
- C₁, C₂, C₃ = Total respon pada setiap level *Depth of Cut*
- r = Jumlah data pada setiap level (3)
- CF = *Correction Factor*

Substitusi Nilai:

$$SSC = \frac{(15,857)^2 + (17,252)^2 + (21,115)^2}{3} - 326,694$$

$$= \frac{251,444449 + 297,632504 + 445,853225}{3} - 326,694$$

$$= 331,639726 - 326,694$$

$$SSC = 4,944983$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Sum of Squares* Faktor C (SSC) sebesar 4,945. Nilai tersebut menunjukkan besarnya variasi respon yang disebabkan oleh faktor kedalaman potong (*Depth of Cut*). Selanjutnya nilai SSC digunakan dalam perhitungan Mean Square (MS), nilai F-hitung, dan persentase kontribusi pada analisis varians (ANOVA).

4.5.5 Perhitungan *Sum of Squares Error* (SSE)

Nilai *Sum of Squares Error* (SSE) digunakan untuk mengetahui besarnya variasi respon penelitian yang tidak dapat dijelaskan oleh faktor-faktor yang diteliti, yaitu *Cutting Speed* (A), *Feed Rate* (B), dan *Depth of Cut* (C). Dalam metode Taguchi, nilai SSE diperoleh dari selisih antara *Sum of Squares Total* (SST) dengan jumlah *Sum of Squares* dari seluruh faktor penelitian.

Rumus Perhitungan SSE

$$SSE = SST - (SSA + SSB + SSC) \dots \dots \dots (4.8)$$

Keterangan:

SSE = *Sum of Squares Error*

SST = *Sum of Squares Total*

SSA = *Sum of Squares Faktor Cutting speed*

SSB = *Sum of Squares Faktor Feed Rate*

SSC = *Sum of Squares Faktor Depth of Cut*

Substitusi Nilai

Diketahui:

$$SST = 34,630557$$

$$SSA = 24,165477$$

$$SSB = 2,003381$$

$$SSC = 4,944983$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} SSE &= 34,630557 - (34,630557 + 2,003381 + 4,944983) \\ &= 10,465080 - 2,003381 - 4,944983 \\ &= 8,461699 - 4,944984 \\ &= 3,516716 \end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi

3,517

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Sum of Squares Error* (SSE) sebesar 3,516716, yang kemudian dibulatkan menjadi 3,517.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Sum of Squares Error* (SSE) sebesar 3,517 (atau 3,518 jika menggunakan angka yang telah dibulatkan pada langkah sebelumnya). Nilai SSE menunjukkan besarnya variasi respon penelitian yang tidak dapat dijelaskan oleh faktor *Cutting Speed*, *Feed Rate*, dan *Depth of Cut*. Nilai ini selanjutnya digunakan dalam perhitungan *Mean Square Error* (MSE) dan nilai F-hitung pada analisis varians (ANOVA).

4.5.6 Derajat Bebas (*Degree of Freedom*/DOF)

Derajat bebas (*Degree of Freedom* atau DOF) merupakan jumlah informasi bebas yang digunakan dalam perhitungan *analisis varians* (ANOVA). Nilai derajat bebas dihitung untuk setiap faktor penelitian, galat (*error*), dan total sehingga dapat digunakan dalam perhitungan *Mean Square* (MS) dan F-hitung.

Rumus Derajat Bebas

Derajat bebas untuk setiap faktor dihitung menggunakan persamaan:

$$DOF = L - 1 \dots\dots\dots(4.9)$$

Keterangan:

DOF = *Degree of Freedom* (Derajat Bebas)

L = Jumlah level pada setiap faktor

Karena setiap faktor memiliki 3 level, maka:

Faktor A (*Cutting Speed*)

$$DOF_A = 3 - 1 = 2$$

Faktor B (*Feed Rate*)

$$DOF_B = 3 - 1 = 2$$

Faktor C (*Depth of cut*)

$$DOF_C = 3 - 1 = 2$$

Derajat Bebas Total

Derajat bebas total dihitung menggunakan persamaan:

$$DOF_{TOTAL} = N - 1$$

Keterangan:

- N = Jumlah data respon penelitian

Karena jumlah respon penelitian adalah **9**, maka:

$$DOF_{TOTAL} = 9 - 1 = 8$$

Derajat Bebas Error

Derajat bebas galat (*Error*) dihitung dengan mengurangi derajat bebas total terhadap jumlah derajat bebas seluruh faktor.

$$DOF_{ERROR} = DOF_{TOTAL} - (DOF_A + DOF_B + DOF_C)$$

Substitusi :

$$DOF_{ERROR} = 8 - (2 + 2 + 2)$$

$$DOF_{ERROR} = 2$$

Tabel 4. 10 Derajat Bebas (Degree of Freedom)

Sumber Variasi	Derajat Bebas (DOF)
<i>Cutting Speed (A)</i>	2
<i>Feed Rate (B)</i>	2
<i>Depth of Cut (C)</i>	2
<i>Error</i>	2
Total	8

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh derajat bebas untuk faktor *Cutting Speed (A)*, *Feed Rate (B)*, dan *Depth of Cut (C)* masing-masing sebesar 2, sedangkan derajat bebas *Error* sebesar 2 dan derajat bebas Total sebesar 8. Nilai

derajat bebas tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan *Mean Square* (MS) dan F-hitung pada analisis varians (ANOVA).

4.5.7 Perhitungan *Mean Square* (MS)

Nilai *Mean Square* (MS) merupakan nilai rata-rata kuadrat (*Mean Square*) yang diperoleh dengan membagi nilai *Sum of Squares* (SS) dengan Derajat Bebas (*Degree of Freedom/DOF*). Nilai MS digunakan untuk mengetahui besarnya variasi rata-rata yang disebabkan oleh masing-masing faktor penelitian dan menjadi dasar dalam perhitungan nilai F-hitung pada analisis varians (ANOVA).

Rumus *Mean Square*

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Mean Square adalah:

$$MS = \frac{SS}{DOF} \dots \dots \dots (4.10)$$

Keterangan:

MS = *Mean Square* (Rata-rata Kuadrat)

SS = *Sum of Squares*

DOF = Degree of Freedom (Derajat Bebas)

1. Menghitung *Mean Square* Faktor A (*Cutting speed*)

Diketahui:

$$SSA = 24,165477$$

$$DOF A = 2$$

$$MS_A = \frac{SS A}{DOF_A}$$

$$MS_A = \frac{24,165477}{2}$$

$$MS_A = 12,082739$$

Dibulatkan menjadi

$$MS_A = 12,083$$

2. Menghitung Mean Square Faktor B (Feed Rate)

Diketahui:

$$SSB = 2,003381$$

$$DOF B = 2$$

Perhitungan:

$$MS_B = \frac{SS_B}{DOF_B}$$

$$MS_B = \frac{2,003381}{2}$$

$$MS_B = 1,001691$$

Dibulatkan menjadi :

$$MS_B = 1,002$$

3. Menghitung *Mean Square* Faktor C (*Depth of Cut*)

Diketahui:

$$SSC = 4,944983$$

$$DOF C = 2$$

Perhitungan:

$$MS_C = \frac{SS_C}{DOF_C}$$

$$MS_C = \frac{4,944983}{2}$$

$$MS_C = 2,472492$$

Dibulatkan menjadi :

$$MS_C = 2,472$$

4. Menghitung *Mean Square Error* (MSE)

Diketahui:

$$SSE = 3,516717$$

$$DOF Error = 2$$

Perhitungan:

$$MS_E = \frac{SSE}{DOF_{ERROR}}$$

$$MS_E = \frac{3,516717}{2}$$

$$MS_E = 1,758359$$

Dibulatkan menjadi :

$$MS_E = 1,758$$

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan *Mean Square* (MS)

Sumber Variasi	SS	DOF	MS
<i>Cutting Speed (A)</i>	24,165	2	12,083
<i>Feed Rate (B)</i>	2,003	2	1,002
<i>Depth of Cut (C)</i>	4,945	2	2,472
<i>Error</i>	3,517	2	1,758

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Mean Square* (MS) untuk faktor *Cutting Speed* (A) sebesar 12,083, faktor *Feed Rate* (B) sebesar 1,002, faktor *Depth of Cut* (C) sebesar 2,472, dan *Mean Square Error* (MSE) sebesar 1,758. Nilai-nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menghitung nilai F-hitung untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor terhadap respon kekasaran permukaan.

4.5.8 Perhitungan Nilai F-hitung

Nilai F-hitung (F-Value) digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh masing-masing faktor penelitian terhadap respon kekasaran permukaan. Nilai F-hitung diperoleh dari perbandingan antara *Mean Square* (MS) masing-masing faktor dengan *Mean Square Error* (MSE). Semakin besar nilai F-hitung, semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap respon penelitian.

Rumus F-hitung

Rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{MS_{FAKTOR}}{MS_{ERROR}} \dots\dots\dots (4.11)$$

Keterangan:

F = Nilai F-hitung

MS Faktor = *Mean Square* masing-masing faktor

MS Error = *Mean Square Error* (MSE)

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai *Mean Square Error* (MSE) sebesar:

$$MS_{ERROR} = 1,758359$$

1. Menghitung Nilai F-hitung Faktor A (*Cutting Speed*)

Diketahui:

MS Cutting speed = 12,082739

MSE = 1,758359

Perhitungan:

$$F_A = \frac{12,082739}{1,758359}$$

$$F_A = 6,872$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai F-hitung faktor Cutting Speed sebesar 6,872.

2. Menghitung Nilai F-hitung Faktor B (Feed Rate)

Diketahui:

MS Feed Rate = 1,001691

MSE = 1,758359

Perhitungan:

$$F_B = \frac{1,001691}{1,758359}$$

$$F_B = 0,570$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai F-hitung faktor Feed Rate sebesar 0,570.

3. Menghitung Nilai F-hitung Faktor C (*Depth of Cut*)

Diketahui:

MS *Depth of Cut* = 2,472492

MSE = 1,758359

Perhitungan :

$$F_C = \frac{2,472492}{1,758359}$$

$$F_C = 1,406$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai F-hitung faktor Depth of Cut sebesar 1,406.

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Nilai F-hitung

Sumber Variasi	Mean Square (MS)	Mean Square Error (MSE)	F-hitung
<i>Cutting Speed (A)</i>	12,083	1,758	6,872
<i>Feed Rate (B)</i>	1,002	1,758	0,570
<i>Depth of Cut (C)</i>	2,472	1,758	1,406

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai F-hitung untuk faktor *Cutting speed* (A) sebesar 6,872, faktor *Feed Rate* (B) sebesar 0,570, dan faktor *Depth of Cut* (C) sebesar 1,406. Nilai F-hitung tersebut menunjukkan perbandingan variasi yang disebabkan oleh masing-masing faktor terhadap variasi galat (*error*). Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi besarnya pengaruh setiap faktor terhadap respon kekasaran permukaan.

4.5.9 Perhitungan Persentase Kontribusi

Persentase kontribusi digunakan untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing faktor penelitian terhadap variasi respon kekasaran permukaan. Nilai persentase kontribusi dihitung berdasarkan perbandingan antara nilai *Sum of Squares* (SS) setiap faktor dengan *Sum of Squares Total* (SST). Semakin besar nilai persentase kontribusi suatu faktor, maka semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap respon penelitian.

Rumus Persentase Kontribusi

Rumus yang digunakan adalah:

$$P = \frac{SS}{SST} \times 100\% \dots\dots\dots (4.12)$$

Keterangan:

P = Persentase kontribusi (%)

SS = Sum of Squares masing-masing faktor

SST = Sum of Squares Total

Diketahui:

$$SST = 34,630557$$

1. Persentase Kontribusi Faktor A (*Cutting Speed*)

Diketahui:

$$SSA = 24,165477$$

Perhitungan:

$$P_A = \frac{24,165477}{34,630557} \times 100 \%$$

$$P_A = 69,78\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase kontribusi faktor *Cutting speed* sebesar 69,78%.

2. Persentase Kontribusi Faktor B (*Feed Rate*)

Diketahui:

$$SSB = 2,003381$$

Perhitungan:

$$P_B = \frac{2,003381}{34,630557} \times 100 \%$$

$$P_B = 5,78\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase kontribusi faktor *Feed Rate* sebesar 5,78%

3. Persentase Kontribusi Faktor C (*Depth of Cut*)

Diketahui:

$$SSC = 4,944983$$

Perhitungan:

$$P_C = \frac{4,944983}{34,630557} \times 100 \%$$

$$P_C = 14,28\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase kontribusi faktor *Depth of Cut* sebesar 14,28%.

4. Persentase Kontribusi Error

Diketahui:

$$SSE = 3,516717$$

Perhitungan:

$$P_E = \frac{3,516717}{34,630557} \times 100 \%$$

$$P_E = 10,16\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase kontribusi Error sebesar 10,16%.

Tabel 4. 13 Persentase Kontribusi Faktor Penelitian

Sumber Variasi	Sum of Squares (SS)	Persentase Kontribusi (%)
<i>Cutting speed (A)</i>	24,165	69,78
<i>Feed Rate (B)</i>	2,003	5,78
<i>Depth of Cut (C)</i>	4,945	14,28
<i>Error</i>	3,517	10,16
Total	34,631	100,00

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persentase kontribusi faktor Cutting Speed sebesar 69,78%, faktor *Feed Rate* sebesar 5,78%, faktor *Depth of Cut* sebesar 14,28%, dan *Error* sebesar 10,16%. Persentase kontribusi tersebut menunjukkan proporsi variasi respon kekasaran permukaan yang dijelaskan oleh masing-masing faktor penelitian.

4.5.10 Rekapitulasi Hasil Analisis Varians (ANOVA)

Tabel 4. 14 Hasil *Analisis Varians* (ANOVA) Metode Taguchi

Sumber Variasi	DOF	Sum of Squares (SS)	Mean Square (MS)	F-hitung	Persentase Kontribusi (%)
<i>Cutting Speed (A)</i>	2	24,165	12,083	6,872	69,78
<i>Feed Rate (B)</i>	2	2,003	1,002	0,570	5,78
<i>Depth of Cut (C)</i>	2	4,945	2,472	1,406	14,28
<i>Error</i>	2	3,517	1,758	–	10,16
Total	8	34,631	–	–	100,00

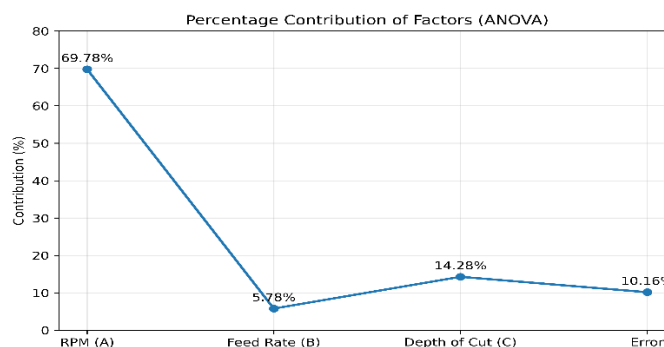
(Sumber: Hasil pengolahan data penelitian 2026).

Berdasarkan Tabel 4.14 diperoleh hasil analisis varians (ANOVA) terhadap respon kekasaran permukaan pada proses pembubutan material AISI 1045 menggunakan metode Taguchi. Nilai *Sum of Squares* (SS) menunjukkan besarnya variasi respon yang disebabkan oleh masing-masing faktor penelitian, sedangkan *Mean Square* (MS) diperoleh dari hasil pembagian nilai *Sum of Squares* (SS) dengan *Degree of Freedom* (DOF). Selanjutnya, nilai F-hitung diperoleh dari perbandingan antara *Mean Square* masing-masing faktor dengan *Mean Square Error* (MSE), sedangkan persentase kontribusi menunjukkan besarnya kontribusi setiap faktor terhadap variasi respon kekasaran permukaan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor *Cutting Speed (A)* memiliki nilai *Sum of Squares* (SS) sebesar 24,165, *Mean Square* (MS) sebesar 12,083, F-hitung

sebesar 6,872, serta persentase kontribusi sebesar 69,78%. Faktor *Feed Rate* (B) memiliki nilai SS sebesar 2,003, MS sebesar 1,002, F-hitung sebesar 0,570, dan persentase kontribusi sebesar 5,78%. Sementara itu, faktor *Depth of Cut* (C) memiliki nilai SS sebesar 4,945, MS sebesar 2,472, F-hitung sebesar 1,406, serta persentase kontribusi sebesar 14,28%. Adapun nilai Error sebesar 3,517 dengan *Mean Square Error* (MSE) sebesar 1,758 dan persentase kontribusi sebesar 10,16%.

Secara keseluruhan, tabel ANOVA tersebut menyajikan ringkasan hasil analisis varians yang digunakan sebagai dasar dalam pembahasan pengaruh masing-masing parameter pemotongan terhadap nilai kekasaran permukaan. Interpretasi mengenai faktor yang paling dominan serta keterkaitannya dengan teori pemesinan dan penelitian terdahulu akan dibahas lebih lanjut pada Subbab 4.6 Pembahasan.



Gambar 4. 5 Grafik Persentase Kontribusi Faktor Berdasarkan Hasil ANOVA
(Sumber: Hasil pengolahan data)

4.6 Pembahasan

4.6.1 Pengaruh *cutting speed* terhadap Kekasaran Permukaan

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi menggunakan *Response Table for Means*, diketahui bahwa variasi *Cutting Speed* memberikan pengaruh paling besar terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pembubutan. Nilai rata-rata kekasaran permukaan pada level 1 (50,3m/min) sebesar 7,420 μm , level 2 (70,4 m/min) sebesar 6,930 μm , dan level 3 (100,5 m/min) sebesar 3,725 μm . Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan potong cenderung menurunkan nilai kekasaran permukaan sehingga kualitas permukaan benda kerja menjadi lebih baik.

Hasil tersebut diperkuat oleh nilai *Delta* pada *Response Table* sebesar 3,695, yang merupakan nilai terbesar dibandingkan faktor *Feed Rate* maupun *Depth of Cut*. Nilai *Delta* yang paling besar menunjukkan bahwa perubahan *level* kecepatan potong menghasilkan perubahan respon kekasaran permukaan yang paling signifikan dibandingkan faktor lainnya. Oleh karena itu, berdasarkan analisis metode Taguchi, faktor kecepatan potong menempati peringkat pertama (Rank 1) sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hasil analisis varians (ANOVA) juga menunjukkan bahwa faktor kecepatan potong memiliki nilai *Sum of Squares* (SS) sebesar 24,165, *Mean Square* (MS) sebesar 12,083, F-hitung sebesar 6,872, serta persentase kontribusi sebesar 69,78%. Persentase kontribusi tersebut merupakan yang terbesar dibandingkan faktor *Feed Rate* maupun *Depth of Cut*. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kecepatan potong memberikan pengaruh dominan terhadap variasi nilai kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja AISI 1045 yang dilakukan pada penelitian ini. Secara teoritis, peningkatan kecepatan potong akan meningkatkan kecepatan gerak relatif antara pahat dan benda kerja sehingga proses pemotongan menjadi lebih stabil. Kondisi tersebut membantu menghasilkan pembentukan geram yang lebih seragam, mengurangi kecenderungan terbentuknya *Built-Up Edge* (BUE) pada ujung pahat, serta memperkecil bekas sayatan pada permukaan benda kerja. Akibatnya, nilai kekasaran permukaan menjadi lebih rendah dan kualitas hasil pembubutan meningkat.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sharma dan Gupta (2023) yang menunjukkan bahwa peningkatan parameter kecepatan potong dengan kombinasi parameter pemotongan yang tepat mampu menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik pada proses pembubutan baja AISI 1045. Selain itu, hasil penelitian ini juga mendukung temuan Davim dan Reis (2019) yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan potong cenderung menurunkan nilai kekasaran permukaan hingga batas tertentu karena proses pemotongan berlangsung lebih stabil.

Metode optimasi yang digunakan dalam penelitian ini juga memberikan hasil yang konsisten dengan penelitian Nalbant dan Gökkaya (2020), yang

menyimpulkan bahwa metode Taguchi mampu mengidentifikasi parameter pemesinan yang paling berpengaruh dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit. Namun demikian, hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Ahmed dan Hassan (2020) yang melaporkan bahwa feed rate merupakan faktor yang paling dominan terhadap kekasaran permukaan. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan material benda kerja, geometri pahat, kondisi pemotongan, rentang parameter yang digunakan, maupun desain eksperimen, sehingga faktor dominan yang diperoleh pada setiap penelitian dapat berbeda.

Berdasarkan hasil metode Taguchi dan analisis ANOVA, dapat disimpulkan bahwa kecepatan potong merupakan faktor yang paling dominan dalam memengaruhi kekasaran permukaan pada penelitian ini, dengan persentase kontribusi sebesar 69,78%. Oleh karena itu, pengaturan kecepatan potong menjadi parameter yang paling penting untuk memperoleh kualitas permukaan yang baik pada proses pembubutan baja AISI 1045.

4.6.2 Pengaruh *Feed Rate* terhadap Kekasaran Permukaan

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi menggunakan *Response Table for Means*, diketahui bahwa faktor *feed rate* memberikan pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan, meskipun tidak sebesar pengaruh kecepatan potong. Nilai rata-rata kekasaran permukaan pada level 1 (0,10 mm/rev) sebesar 6,536 μm , level 2 (0,16 mm/rev) sebesar 6,141 μm , dan level 3 (0,18 mm/rev) sebesar 5,398 μm . Nilai rata-rata tersebut menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kekasaran permukaan seiring dengan meningkatnya *feed rate* pada rentang parameter yang digunakan dalam penelitian ini.

Hasil tersebut diperkuat oleh nilai Delta pada *Response Table* sebesar 1,138, yang merupakan nilai terkecil dibandingkan faktor kecepatan potong dan *depth of cut*. Nilai Delta yang kecil menunjukkan bahwa perubahan level *feed rate* hanya memberikan perubahan yang relatif kecil terhadap nilai kekasaran permukaan. Oleh karena itu, berdasarkan analisis metode Taguchi, faktor *feed rate* berada pada peringkat ketiga (Rank 3) sebagai faktor yang memengaruhi kekasaran permukaan.

Hasil analisis varians (ANOVA) juga menunjukkan bahwa faktor *feed rate* memiliki nilai *Sum of Squares* (SS) sebesar 2,003, *Mean Square* (MS) sebesar 1,002,

F-hitung sebesar 0,570, serta persentase kontribusi sebesar 5,78%. Persentase kontribusi tersebut merupakan yang paling kecil dibandingkan faktor kecepatan potong dan *depth of cut*. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi pemotongan yang digunakan pada penelitian ini, perubahan *feed rate* hanya memberikan pengaruh yang relatif kecil terhadap variasi nilai kekasaran permukaan.

Secara teoritis, *feed rate* merupakan besarnya gerak makan pahat setiap satu kecepatan potong. Peningkatan *feed rate* pada umumnya akan memperbesar jarak antar bekas sayatan (*feed marks*) yang ditinggalkan oleh ujung pahat pada permukaan benda kerja sehingga berpotensi meningkatkan nilai kekasaran permukaan. Namun, pengaruh *feed rate* tidak selalu menjadi faktor dominan karena sangat dipengaruhi oleh kombinasi parameter pemesinan lainnya, seperti kecepatan potong, kedalaman potong, geometri pahat, kondisi mesin, dan karakteristik material benda kerja.

Pada penelitian ini, peningkatan *feed rate* dari 0,10 mm/rev menjadi 0,18 mm/rev tidak menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan secara signifikan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengaruh *feed rate* terhadap kualitas permukaan masih dapat dikompensasi oleh pengaruh kecepatan potong yang lebih dominan. Kecepatan potong yang lebih tinggi menghasilkan proses pemotongan yang lebih stabil sehingga efek perubahan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan menjadi relatif kecil.

Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan dengan penelitian Ahmed dan Hassan (2020) yang melaporkan bahwa *feed rate* merupakan faktor yang paling dominan dalam memengaruhi kekasaran permukaan pada proses pembubutan. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan material benda kerja, jenis pahat, kondisi pemotongan, rentang parameter yang digunakan, serta metode eksperimen yang diterapkan. Dengan demikian, faktor dominan yang memengaruhi kekasaran permukaan dapat berbeda pada setiap penelitian tergantung pada kondisi proses pemesinan yang digunakan.

Di sisi lain, hasil penelitian ini masih sejalan dengan konsep optimasi metode Taguchi yang dikemukakan oleh Nalbant dan Gökkaya (2020), yaitu bahwa setiap faktor memiliki tingkat pengaruh yang berbeda terhadap respon penelitian

dan dapat diidentifikasi melalui analisis *Response Table* maupun ANOVA. Pada penelitian ini, *feed rate* terbukti hanya memberikan kontribusi sebesar 5,78%, sehingga bukan merupakan faktor utama yang menentukan kualitas permukaan hasil pembubutan.

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi dan ANOVA, dapat disimpulkan bahwa *feed rate* memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan, namun pengaruhnya relatif kecil dibandingkan faktor kecepatan potong dan *depth of cut*. Hal tersebut ditunjukkan oleh persentase kontribusi sebesar 5,78%, sehingga perubahan *feed rate* pada rentang parameter penelitian ini tidak menjadi faktor dominan dalam menentukan kualitas permukaan hasil pembubutan material AISI 1045.

4.6.3 Pengaruh *Depth of Cut* terhadap Kekasaran Permukaan

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi menggunakan *Response Table for Means*, diketahui bahwa faktor *depth of cut* memberikan pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan dengan tingkat pengaruh yang lebih besar dibandingkan *feed rate*, tetapi masih lebih kecil dibandingkan kecepatan potong. Nilai rata-rata kekasaran permukaan pada level 1 (0,20 mm) sebesar 5,286 μm , level 2 (0,25 mm) sebesar 5,751 μm , dan level 3 (0,30 mm) sebesar 7,038 μm . Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman potong yang digunakan, maka nilai kekasaran permukaan cenderung meningkat sehingga kualitas permukaan benda kerja menjadi lebih kasar.

Hasil tersebut diperkuat oleh nilai Delta pada *Response Table* sebesar 1,752, yang merupakan nilai terbesar kedua setelah kecepatan potong. Nilai Delta tersebut menunjukkan bahwa perubahan *level depth of cut* memberikan pengaruh yang cukup nyata terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan. Berdasarkan analisis metode Taguchi, faktor *depth of cut* berada pada *peringkat kedua (Rank 2)* sebagai faktor yang memengaruhi kekasaran permukaan.

Hasil analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa faktor *depth of cut* memiliki nilai *Sum of Squares* (SS) sebesar 4,945, *Mean Square* (MS) sebesar 2,472, F-hitung sebesar 1,406, serta persentase kontribusi sebesar 14,28%. Nilai kontribusi tersebut lebih besar dibandingkan *feed rate* yang hanya sebesar 5,78%, namun

masih jauh di bawah kontribusi kecepatan potong sebesar 69,78%. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman potong memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap variasi kekasaran permukaan, meskipun bukan merupakan faktor dominan.

Secara teoritis, *depth of cut* menentukan besarnya luas penampang material yang dipotong oleh pahat dalam satu lintasan pemesinan. Semakin besar kedalaman potong, semakin besar pula volume material yang harus disayat. Kondisi tersebut menyebabkan gaya pemotongan meningkat sehingga beban yang diterima pahat menjadi lebih besar. Peningkatan gaya pemotongan dapat memicu terjadinya defleksi pada sistem pahat maupun benda kerja serta meningkatkan kemungkinan timbulnya getaran (*vibration*). Akibatnya, permukaan hasil pembubutan menjadi kurang rata dan nilai kekasaran permukaan meningkat.

Pada penelitian ini terlihat bahwa peningkatan kedalaman potong dari 0,20 mm menjadi 0,30 mm diikuti dengan peningkatan nilai rata-rata kekasaran permukaan dari 5,286 μm menjadi 7,038 μm . Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kedalaman potong yang lebih besar menghasilkan permukaan yang lebih kasar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan beban pemotongan memberikan pengaruh terhadap stabilitas proses pembubutan sehingga kualitas permukaan mengalami penurunan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori pemesinan yang menyatakan bahwa peningkatan kedalaman potong akan meningkatkan gaya potong dan beban mekanis selama proses pembubutan. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan getaran pemotongan sehingga kualitas permukaan benda kerja menjadi lebih rendah. Selain itu, hasil penelitian ini juga mendukung penggunaan metode Taguchi sebagai metode optimasi parameter pemesinan, sebagaimana dijelaskan oleh Nalbant dan Gökkaya (2020), bahwa setiap parameter pemotongan memiliki tingkat kontribusi yang berbeda terhadap respon penelitian dan dapat diidentifikasi melalui analisis Response Table maupun ANOVA.

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi dan ANOVA dapat disimpulkan bahwa *depth of cut* memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kekasaran permukaan, dengan persentase kontribusi sebesar 14,28%. Meskipun bukan merupakan faktor yang paling dominan, pengaturan kedalaman potong tetap perlu

diperhatikan untuk memperoleh kualitas permukaan yang baik pada proses pembubutan material AISI 1045.

4.6.4 Pembahasan Hasil Metode Taguchi dan ANOVA

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Taguchi dan Analisis Varians (ANOVA), diperoleh bahwa ketiga parameter pemotongan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut*, memiliki tingkat pengaruh yang berbeda terhadap nilai kekasaran permukaan hasil proses pembubutan material AISI 1045. Perbedaan tingkat pengaruh tersebut ditunjukkan oleh hasil *Response Table*, nilai Delta, peringkat faktor (Rank), serta hasil *Analisis Varians* (ANOVA) yang meliputi nilai *Sum of Squares* (SS), *Mean Square* (MS), F-hitung, dan persentase kontribusi masing-masing faktor.

Hasil *Response Table for Means* menunjukkan bahwa faktor kecepatan potong memiliki nilai Delta sebesar 3,695, yang merupakan nilai terbesar dibandingkan faktor lainnya. Selanjutnya diikuti oleh *depth of cut* dengan nilai Delta sebesar 1,752, sedangkan *feed rate* memiliki nilai Delta sebesar 1,138. Berdasarkan nilai Delta tersebut diperoleh urutan tingkat pengaruh parameter terhadap kekasaran permukaan yaitu *Cutting Speed* (Rank 1), *Depth of Cut* (Rank 2), dan *Feed Rate* (Rank 3). Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan kecepatan potong memberikan perubahan respon kekasaran permukaan yang paling besar dibandingkan dua parameter lainnya.

Hasil tersebut diperkuat oleh *analisis varians* (ANOVA) yang menunjukkan bahwa kecepatan potong memberikan kontribusi sebesar 69,78%, sedangkan *depth of cut* memberikan kontribusi sebesar 14,28%, dan *feed rate* memberikan kontribusi sebesar 5,78% terhadap variasi nilai kekasaran permukaan. Sementara itu, *error* percobaan sebesar 10,16% menunjukkan bahwa sebagian besar variasi respon penelitian telah berhasil dijelaskan oleh ketiga faktor yang digunakan. Nilai error yang relatif kecil tersebut mengindikasikan bahwa rancangan percobaan menggunakan Orthogonal Array L9 (3^3) mampu merepresentasikan pengaruh parameter pemotongan terhadap respon penelitian dengan baik.

Tabel 4. 15 Ringkasan Interpretasi Hasil Taguchi dan ANOVA

Faktor	Hasil Taguchi	Hasil ANOVA	Interpretasi
<i>Cutting Speed</i>	Rank 1	69,78%	Faktor paling dominan dalam menurunkan kekasaran permukaan.
<i>Feed Rate</i>	Rank 3	5,78%	Pengaruh paling kecil pada rentang parameter penelitian.
<i>Depth of Cut</i>	Rank 2	14,28%	Berpengaruh sedang; peningkatan depth of cut cenderung meningkatkan kekasaran permukaan.

(Sumber: Hasil Perhitungan Penelitian, 2026.)

Dominannya pengaruh kecepatan potong pada penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar menghasilkan proses pemotongan yang lebih stabil sehingga mampu memperbaiki kualitas permukaan hasil pembubutan. Sebaliknya, penggunaan *depth of cut* yang lebih besar meningkatkan beban pemotongan sehingga kecenderungan terjadinya getaran dan defleksi sistem pemotongan menjadi lebih tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan permukaan hasil pembubutan menjadi lebih kasar. Adapun *feed rate* pada penelitian ini hanya memberikan pengaruh yang relatif kecil karena rentang variasi *feed rate* yang digunakan masih berada dalam kondisi pemotongan yang stabil, sehingga perubahan nilai *feed* belum memberikan perubahan kekasaran permukaan yang signifikan dibandingkan pengaruh kecepatan potong.

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi, kombinasi parameter yang menghasilkan nilai rata-rata kekasaran permukaan terbaik diperoleh pada kecepatan potong 100,5 m/min (Level 3), feed rate 0,18 mm/rev (Level 3), dan *depth of cut* 0,20 mm (Level 1). Kombinasi parameter tersebut merupakan kombinasi level optimum berdasarkan karakteristik kualitas *Smaller is Better*, yaitu menghasilkan nilai kekasaran permukaan serendah mungkin.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode Taguchi mampu mengidentifikasi kombinasi parameter pemotongan yang optimum dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit dibandingkan metode eksperimen penuh (*full factorial experiment*). Selain itu, kombinasi metode Taguchi dan ANOVA memberikan informasi tidak hanya mengenai parameter optimum, tetapi juga mengenai besarnya kontribusi masing-masing faktor terhadap respon penelitian. Dengan demikian, kedua metode tersebut saling melengkapi dalam mengevaluasi pengaruh parameter pemotongan terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, yaitu mengetahui pengaruh variasi *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material AISI 1045 menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kecepatan potong merupakan faktor yang paling dominan dalam memengaruhi kekasaran permukaan, sedangkan *feed rate* merupakan faktor yang memberikan pengaruh paling kecil pada rentang parameter yang digunakan. Oleh karena itu, dalam upaya memperoleh kualitas permukaan yang lebih baik pada proses pembubutan AISI 1045, pengaturan *cutting speed* perlu menjadi perhatian utama tanpa mengabaikan pengaruh *depth of cut* dan *feed rate*.

Berdasarkan hasil pengujian, analisis metode Taguchi, serta *analisis varians* (ANOVA), dapat diketahui bahwa variasi parameter pemotongan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kekasaran permukaan hasil proses pembubutan material AISI 1045. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 69,78%, diikuti oleh *depth of cut* sebesar 14,28%, sedangkan *feed rate* memberikan kontribusi sebesar 5,78%. Kombinasi parameter optimum yang diperoleh melalui metode Taguchi adalah *cutting speed* 100,5 m/min *feed rate* 0,18 mm/rev, dan *depth of cut* 0,20 mm. Hasil tersebut menjadi dasar dalam penyusunan kesimpulan dan saran yang akan dibahas pada bab berikutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan menggunakan metode Taguchi dan *Analisis Varians* (ANOVA) pada proses pembubutan material AISI 1045, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Variasi parameter pemotongan yang terdiri dari *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai kekasaran permukaan hasil pembubutan material AISI 1045. Berdasarkan hasil metode Taguchi, urutan tingkat pengaruh parameter terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong (*Rank 1*), *depth of cut* (*Rank 2*), dan *feed rate* (*Rank 3*).
2. Hasil analisis varians (ANOVA) menunjukkan bahwa *cutting speed* merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan dengan persentase kontribusi sebesar 69,78%, diikuti oleh *depth of cut* sebesar 14,28%, *feed rate* sebesar 5,78%, dan *error* sebesar 10,16%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan kecepatan potong memberikan pengaruh terbesar terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan.
3. Berdasarkan analisis metode Taguchi dengan karakteristik kualitas *Smaller is Better*, kombinasi parameter optimum untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan yang paling rendah adalah *Cutting Speed* 100,5 m/min (*Level 3*), *feed rate* 0,18 mm/rev (*Level 3*), dan *depth of cut* 0,20 mm (*Level 1*).
4. Penerapan metode Taguchi dan *Analisis Varians* (ANOVA) terbukti mampu mengidentifikasi parameter pemotongan yang paling berpengaruh sekaligus menentukan kombinasi parameter optimum secara efektif dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit. Oleh karena itu, kedua metode tersebut dapat digunakan sebagai pendekatan dalam optimasi parameter proses pembubutan untuk meningkatkan kualitas permukaan hasil pemesinan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan rentang parameter pemotongan yang lebih luas, baik pada variasi *cutting Speed*, *feed rate*, maupun *depth of cut*, sehingga pengaruh masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan dapat dianalisis secara lebih mendalam.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan parameter pemotongan lainnya, seperti jenis pahat, material pahat, radius ujung pahat (*tool nose radius*), penggunaan cairan pendingin (*coolant*), maupun jenis material benda kerja, sehingga dapat diketahui pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap kualitas permukaan hasil pembubutan.
3. Untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif, penelitian berikutnya dapat menambahkan parameter respon lain, seperti gaya potong, keausan pahat (*tool wear*), temperatur pemotongan, atau umur pahat, sehingga hubungan antara kondisi pemotongan dan kualitas hasil pemesinan dapat dianalisis secara lebih menyeluruh.
4. Berdasarkan hasil penelitian ini, kecepatan potong merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kekasaran permukaan dengan kontribusi sebesar 69,78%. Oleh karena itu, dalam praktik proses pembubutan material AISI 1045, pengaturan *cutting speed* sebaiknya menjadi perhatian utama untuk memperoleh kualitas permukaan yang lebih baik, dengan tetap mempertimbangkan kombinasi parameter *feed rate* dan *depth of cut* yang sesuai.
5. Metode Taguchi dan Analisis Varians (ANOVA) terbukti mampu mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh serta menentukan kombinasi parameter optimum dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit. Oleh karena itu, kedua metode tersebut dapat dipertimbangkan sebagai metode analisis pada penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi parameter proses pemesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B. H., Ostwald, P. F., & Begeman, M. L. (1997). *Teknologi Mekanik Jilid 1*. Erlangga.
- Amstead, B. H., Ostwald, P. F., & Begeman, M. L. (1997). *Teknologi Mekanik Jilid 2*. Erlangga.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. A. (2011). *Product Design for Manufacture and Assembly* (3rd ed.). CRC Press.
- Davim, J. P. (Ed.). (2011). *Machining: Fundamentals and Recent Advances*. Springer.
- Daryanto. (2010). *Teknik Pemesinan Bubut*. Satu Nusa.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Pearson.
- Klocke, F. (2011). *Manufacturing Processes 1: Cutting*. Springer.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Rochim, T. (2007). *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. ITB.
- Ross, P. J. (1996). *Taguchi Techniques for Quality Engineering* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Roy, R. K. (2010). *A Primer on the Taguchi Method* (2nd ed.). SME.
- Shaw, M. C. (2005). *Metal Cutting Principles* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2016). *Metal Cutting Theory and Practice* (3rd ed.). CRC Press.
- Trent, E. M., & Wright, P. K. (2000). *Metal Cutting* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Arrazola, P. J., Özel, T., Umbrello, D., Davies, M., & Jawahir, I. S. (2013). Recent advances in modelling of metal machining processes. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 62(2), 695–718.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.05.006>

- Davim, J. P. (2001). A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 116(2–3), 305–308.
- Nalbant, M., Gökkaya, H., & Sur, G. (2007). Application of Taguchi method in the optimization of cutting parameters for surface roughness in turning. *Materials & Design*, 28(4), 1379–1385.
- Noordin, M. Y., Venkatesh, V. C., Sharif, S., Elting, S., & Abdullah, A. (2004). Application of response surface methodology in describing the performance of coated carbide tools when turning AISI 1045 steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 145(1), 46–58.
- Özel, T., & Karpas, Y. (2005). Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45(4–5), 467–479.
- Wilujeng, A., Angriawan, B., & Fikri, M. A. (2024). Study of the effect of machining parameter variations on the surface roughness of AISI 1045 steel track link pins. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, 4(2), 62–66.
- Yallese, M. A., Chaoui, K., Zeghib, N., Boulanouar, L., & Rigal, J. F. (2009). Hard machining of hardened bearing steel using cubic boron nitride tool. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(2), 1092–1104.
- Youssef, H. A., & El-Hofy, H. A. (2008). *Machining Technology: Machine Tools and Operations*. CRC Press.
- Zhang, J., & Chen, M. (2019). Optimization of turning parameters for surface roughness using Taguchi method. *Journal of Manufacturing Processes*, 37, 143–152.
- Kumar, P., Singh, R., & Kumar, A. (2019). Optimization of machining parameters during turning of AISI 1045 steel using Taguchi technique. *Materials Today: Proceedings*.
- Mufarrih, A., Istiqlaliyah, H., & Fanani, M. Z. (2018). Analisa kekasaran permukaan pada pembubutan baja AISI 1045 dengan uji ANOVA dan Scheffe. *Jurnal Teknik Mesin*.

- Aji, A. A., et al. (2025). Analysis of the effect of machining variables on surface roughness and vibration amplitude in turning AISI 1045 steel using the Taguchi method. *PHENOMENON: Multidisciplinary Journal of Sciences and Research*.
- Heriyana, E., et al. (2024). Sustainable turning performance of AISI 1045 steel under nanofluid minimum quantity lubrication. *Integrated Mechanical Engineering Journal*.
- Rochim, T. (Digunakan sebagai rujukan teori proses pemesinan).
- Widarto. (2008). *Teknik Pemesinan*. Direktorat Pembinaan SMK.
- ASM International. (1990). *ASM Handbook, Volume 16: Machining*. ASM International.
- ASME. (2003). *ASME B46.1: Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay)*.
- ISO. (1993). *ISO 3685: Tool-Life Testing with Single-Point Turning Tools*.
- ISO. (1997). *ISO 4287: Geometrical Product Specifications (GPS)—Surface Texture*.
- ISO. (1997). *ISO 4288: Geometrical Product Specifications (GPS)—Rules and Procedures for the Assessment of Surface Texture*.

LAMPIRAN

1. Mill Certificate AISI 1045



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONGBUK, KOREA(573-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572. 8318(QA)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)

Date : 2024-12-26
Cert. No. : 202412-26793
Customer :
Heat No. : 357863

Steel Grade : AISI 1045/S45C
Shape of Product : ROUND BAR
Delivery Condition : As Rolled

Size (mm) : 20
Length (mm) : 6,000
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1

Inspection Items		Chemical Composition (wt. %)				
		C	SI	MN	P	S
		x 100	x 100	x 100	x 1000	x 1000
Spec.	Min.	42	16	6		
	Max.	48	35	9	30	35
	Result	45	26	8	MAX	MAX
Inspection Items		Product Hardness (HB)				
		SURFACE				

Mechanical Properties AISI 1045/S45C

Mechanical Properties	Symbol	Standard Steel
Young's modulus (GPa)	E	190 - 210
Poisson's ratio	ν	0,27 - 0,30
Density (Kg/m ³)	P	7.700 - 8.030
Yield strength (MPa)		569
Shear strength (MPa)		343
Extension ratio (%)		20
Area reduction (Psi)		30
Hardness (Hb)	Hb	160 - 220

<<Remarks>>

B/DS : 4

End of report

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.

Certified by

O. Y. Cho

Manager of Quality Assurance Dept

2. Langkah Penelitian

Pemotongan Material AISI 1045



Material Yang Sudah Dipotong Panjang 100 mm x 20 mm



Penyettingan Parameter Di Mesin Bubut



Persiapan Alat alat



Surface Roughness Tester permukaan



Pengujian kekasaran terhadap



Pengujian kekasaran permukaan

