

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH GETARAN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES
PEMBUBUTAN BAJA ST 60**

PROYEK AKHIR

Laporan dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan

Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Bangka Belitung



DISUSUN OLEH:

Haradat Tahrir Algaza

NIM 1042212

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH GETARAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN BAJA ST 60

Oleh:

Haradat Tahrir Algaza

NIM 1042212

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



Robert Napitupulu, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



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

Penguji 1



Yuliyanto, S.S.T., M.T.

Penguji 2



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

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Haradat Tahrir Algaza

NIM: 1042212

Dengan Judul : Studi Eksperimen Pengaruh Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pemubutan Baja ST 60

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

Sungailiat, Desember 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Haradat Tahrir Algaza

ABSTRAK

Proses pembubutan merupakan salah satu metode pemesinan yang banyak digunakan dalam pembuatan komponen berbentuk silinder, di mana kualitas permukaan menjadi parameter penting yang memengaruhi kinerja dan umur pakai komponen. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kualitas permukaan adalah getaran yang timbul selama proses pemesinan. Getaran yang tidak terkendali dapat menyebabkan ketidakstabilan pemotongan dan meningkatkan kekasaran permukaan, khususnya pada material baja ST 60 yang memiliki kekuatan mekanik relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi parameter pembubutan terhadap tingkat getaran serta menganalisis hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan hasil pembubutan baja ST 60. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan memvariasikan tiga parameter proses, yaitu kedalaman pemakanan (2 mm dan 3 mm), putaran spindle (700 rpm dan 995 rpm), serta laju pemakanan (0,7 mm/rev dan 1 mm/rev). Getaran diukur menggunakan alat pengukur getaran, sedangkan kekasaran permukaan dinyatakan dalam parameter Ra yang diukur menggunakan surface roughness tester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan laju pemakanan dan kedalaman pemakanan cenderung meningkatkan nilai getaran dan kekasaran permukaan. Nilai getaran dan kekasaran tertinggi diperoleh pada kombinasi parameter kedalaman pemakanan 3 mm, putaran spindle 995 rpm, dan laju pemakanan 1 mm/rev dengan nilai getaran sebesar 0,343 mm/s dan kekasaran permukaan sebesar 3,12 μm . Sebaliknya, kondisi terbaik diperoleh pada kedalaman pemakanan 2 mm, putaran spindle 700 rpm, dan laju pemakanan 0,7 mm/rev dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 1,42 μm .

Kata Kunci: Baja ST 60; Getaran; Kekasaran Permukaan; Pembubutan; Parameter Pemesinan

ABSTRACT

Turning is a widely used machining process for producing cylindrical components, where surface quality plays an important role in determining component performance and service life. One of the factors affecting surface quality is vibration generated during the machining process. Uncontrolled vibration can reduce cutting stability and increase surface roughness, especially when machining medium-carbon steel such as ST 60, which has relatively high mechanical strength. This study aims to analyze the effect of turning parameters on vibration levels and to investigate the relationship between vibration and surface roughness in the turning process of ST 60 steel. An experimental method was applied by varying three machining parameters: depth of cut (2 mm and 3 mm), spindle speed (700 rpm and 995 rpm), and feed rate (0.7 mm/rev and 1 mm/rev). Vibration was measured using a vibration measuring device, while surface roughness was evaluated using the Ra parameter obtained from a surface roughness tester. The results show that increasing feed rate and depth of cut tends to increase both vibration and surface roughness values. The highest vibration and surface roughness were obtained at a depth of cut of 3 mm, spindle speed of 995 rpm, and feed rate of 1 mm/rev, resulting in a vibration value of 0.343 mm/s and a surface roughness of 3.12 μm . In contrast, the best surface quality was achieved at a depth of cut of 2 mm, spindle speed of 700 rpm, and feed rate of 0.7 mm/rev, with a surface roughness value of 1.42 μm .

Keywords: *Machining Parameters; Surface Roughness; ST 60 Steel; Turning; Vibration*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur tidak henti – hentinya saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT., yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan anugerahnya sehingga penyusunan proyek akhir yang berjudul “Studi Eksperimen Pengaruh Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pemubutan Baja ST 60” dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam tak lupa juga saya junjungkan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi umat manusia.

Tujuan penulis tugas akhir ini di tunjukkan untuk untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Terapan pada jurusan Teknik Mesin pada Prodi DIV Teknik dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari jika dalam penyusunan Laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna serta masih banyak kekurangan baik dalam strategi penyusunan maupun dalam pemaparan materi. Sehingga penulis megharapkan masukan serta kritik yang sifatnya berguna serta di kemudian hari bisa memperbaiki seluruh kekurangannya.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis memperoleh banyak masukan dan arahan yang membangun, serta dukungan dan doa dari orang tua dalam penyelesaian Laporan Tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menghaturkan dengan rasa hormat dan ketulusan hati, serta mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini sehingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Orang tua dan saudara-saudara penulis serta keluarga yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang serta doa yang tiada hentinya kepada penulis.
2. Bapak Robert Napitupulu, S.S.T. M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Erwansyah, S.S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing 2 Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

4. Bapak Dr. Ilham Ary Wahyudie, S.S.T., M.T. selaku Ka. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Kepada Siti Nurlaila yang selalu mendukung penulis dalam menuliskan studi eksperimen ini.
6. Dosen serta staf pengajar Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mengajar, mendidik dan memberikan saya ilmu selama berkuliah di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Teman-teman Toko Yuk Sari yang sudah memberikan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan yaitu seluruh Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan 2022 Polman Babel.
9. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan moral maupun materil.

Dalam penyusunan laporan proyek akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat banyak sekali kekurangan serta kesalahan, keterbatasan, kemampuan, dan juga pemahaman yang kurang maka penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Hal ini demi perbaikan yang bersifat membangun serta memberikan pemahaman lebih yang penulis belum begitu mengerti dan paham. Demikian laporan yang penulis buat, penulis mengucapkan terima kasih dan berharap semoga dengan adanya proyek akhir yang penulis buat dapat menambah wawasan untuk kita semua dan teruntuk para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sungailiat, Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PEMBUBUTAN BAJA ST 60.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Mesin Bubut	5
2.2.1 Prinsip Kerja Pada Mesin Bubut	5
2.2.2 Komponen Utama Mesin Bubut.....	6
2.3 Kecepatan Putaran Mesin (RPM).....	7
2.3.1 Fungsi Utama RPM	7
2.3.2 Cara Menentukan RPM yang Tepat.....	8

2.3.3 Perhitungan dasar RPM.....	8
2.4 Kedalaman Pemakanan (<i>Depth of Cut</i> – ap).....	9
2.5 Kecepatan <i>Spindle</i>	10
2.6 Material Baja ST 60	11
2.6.1 Pengertian Baja ST 60	11
2.6.2 Sifat Mekanik Baja ST 60	12
2.6.3 Penggunaan Baja ST 60 dalam Teknik Permesinan	13
2.7 Getaran	13
2.8 Kekasaran Permukaan	14
2.8.1 Pengertian Kekasaran Permukaan	14
2.8.2 Faktor-Faktor Yang Memengaruhi	15
2.8.3 Pengaruh Kekasaran Permukaan pada Sifat dan Kinerja Baja	17
2.9 Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran.....	17
2.9.1 Kedalaman Pemakanan (<i>Depth of Cut</i> , d)	18
2.9.2 <i>Spindle Speed</i> (<i>Spindle Speed</i> , N or RPM)	18
2.9.3 Gerak Makan (<i>Feeding</i> , f)	18
2.10 Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Getaran	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Tahapan-Tahapan Kegiatan	20
3.2. Identifikasi Masalah	21
3.3. Studi Literatur	22
3.4. Desain Eksperimen.....	22
3.4.1. Variabel Proses	22
3.4.2. Variabel Konstan	23
3.4.3. Variabel Respon.....	23
3.5. Metode Penelitian.....	23
3.6. Pembuatan Sampel Uji	25
3.7. Persiapan Alat dan Bahan.....	25

3.7.1. Material	25
3.7.2. Mesin Bubut	26
3.7.3. Mata Potong	26
3.7.4. Peralatan Pengukur Getaran	28
3.7.5. Surface Roughness Tester.....	28
3.7.6. Jangka Sorong (<i>Vernier Caliper</i>).....	29
3.8. Prosedur Pelaksanaan Eksperimen.....	29
3.9. Metode Pengumpulan Data	29
3.10 Metode Analisis Data	29
3.11 Kesimpulan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan	31
4.2 Grafik Hasil Pengujian.....	32
4.2.1. Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Getaran.....	32
4.2.2. Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Kekasaran Permukaan.....	33
4.2.3. Hubungan Getaran terhadap Kekasaran Permukaan	35
4.3 Pembahasan Per Parameter	35
4.4 Analisis.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Penelitian Sebelumnya	4
2. 2 Tabel Unsur Baja ST 60	12
2. 3 Baja-Baja Menurut DIN.....	12
2. 4 Tabel Harga Kekasaran Menurut ISO atau DIN 4763: 1981	16
3. 1 Struktur Matriks Percobaan.....	24
3. 2 Struktur Percobaan	25
3. 3 Kode Insert CNMG120408-MA	27
4. 1 Data Hasil Percobaan	31
4. 2 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Titik Koordinat Mesin	6
2. 2 Komponen Utama Mesin Bubut	6
2. 3 Standar ISO 10816-3	14
2. 4 Contoh Profil Kekasaran Pada Logam	15
3. 1 Flowchart/Diagram Alir Penelitian	20
3. 2 Flowchart/Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)	21
3. 3 Material Baja St 60	26
3. 4 Mesin CNC Bubut Bemato	26
3. 5 Pahat Bubut Insert CNMG120408-MA	27
3. 6 Alat Pengukur Getaran	28
3. 7 Alat Pengukur Kekasaran Permukaan	28
3. 8 Alat Pengukur Diameter dan Panjang Benda Kerja	29
4. 1 Hubungan Feeding terhadap Getaran	32
4. 2 Hubungan RPM terhadap Getaran	33
4. 3 Hubungan Feeding terhadap Kekasaran Permukaan (Ra)	33
4. 4 Hubungan RPM terhadap Kekasaran Permukaan	34
4. 5 Hubungan Getaran terhadap Ra	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

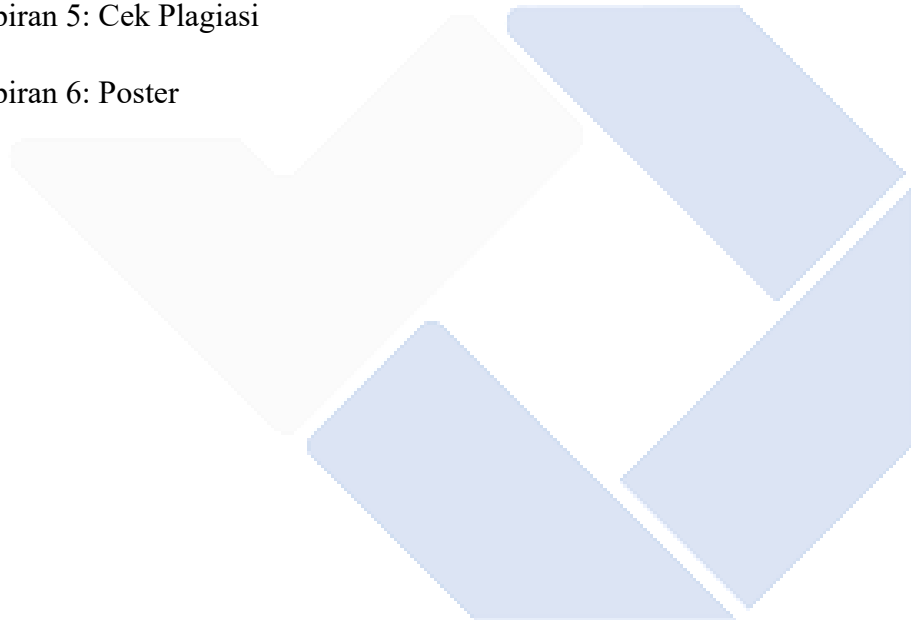
Lampiran 2: Dokumentasi Sampel

Lampiran 3: Proses Pengujian Sampel

Lampiran 4: Grafik Main Effect

Lampiran 5: Cek Plagiasi

Lampiran 6: Poster



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembubutan (*turning*) merupakan salah satu metode pemesinan yang banyak digunakan untuk menghasilkan komponen berbentuk silinder dengan tingkat ketelitian tertentu. Kualitas hasil pembubutan tidak hanya ditentukan oleh dimensi akhir benda kerja, tetapi juga oleh kondisi permukaan yang dihasilkan. Kekasaran permukaan menjadi salah satu parameter penting yang berpengaruh terhadap fungsi, umur pakai, dan kinerja komponen mesin.

Dalam praktik pemesinan, munculnya getaran selama proses pembubutan sering kali sulit dihindari. Selama proses pemububutan, munculnya getaran menyebabkan ketidakstabilan kontak antara pahat dan benda kerja. Kondisi ini berdampak pada penurunan kualitas permukaan, ketelitian ukuran, serta mempercepat keausan pahat [1].

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Tlustý [2], bergetar mesin (baik bergetar bebas maupun bergetar paksa) akan dapat menyebabkan fluktuasi gaya pemotong dan mengubah trase pemotongan, sehingga meninggalkan jejak permukaan yang tidak datar. Terutama pada bahan keras seperti baja ST 60, dimana gaya pemotong relatif besar dan ketelitian getaran terhadap kualitas permukaan menjadi lebih sensitif.

Cara memahami interaksi yang rumit antara getaran dan kekasaran permukaan secara kuantitatif, diperlukan suatu cara analisis yang sistematis dan berkedekatan dalam memodelkan interaksi antar variabel. [3].

Sebelumnya telah ada banyak penelitian mengenai pengaruh parameter potong seperti kecepatan pemakanan, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan ([4] [5]). Meskipun demikian, penelitian yang secara spesifik menempatkan penelitian mengenai pengaruh getaran dengan kekasaran permukaan pada material baja ST 60 masih relatif terbatas. Sedangkan

baja St 60 merupakan salah satu material yang sudah banyak digunakan oleh industri karena sifat kekuatan tariknya yang tinggi dan sifat mekaniknya yang baik. Di sisi lain, sifat kekerasan dan keuletan material ini juga membuatnya menantang untuk diproses melalui pemesinan konvensional.

Baja ST 60 merupakan material yang umum digunakan dalam pembubutan komponen mesin karena memiliki kekuatan mekanik yang cukup tinggi. Namun, sifat kekerasan dan keuletan material ini menjadikan proses pembubutannya lebih sensitif terhadap perubahan parameter pemesinan dan getaran yang terjadi. Oleh karena itu, diperlukan kajian eksperimental untuk memahami hubungan antara parameter pembubutan, getaran, dan kekasaran permukaan secara lebih spesifik pada material baja ST 60.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada studi eksperimen pengaruh getaran dengan kekasaran permukaan pada proses bubut baja ST 60. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan acuan dalam pemilihan parameter pemesinan yang tepat guna memperoleh kualitas permukaan yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, terdapat rumusan masalah dalam eksperimen ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi parameter pemotongan terhadap tingkat getaran pada proses pembubutan baja ST 60?
2. Bagaimana hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan hasil pembubutan?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari eksperimen ini secara umum yaitu untuk menganalisis dan mengoptimalkan pengaruh getaran dengan kekasaran permukaan pada proses bubut *steel* St 60. Secara khusus, tujuan eksperimen ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh parameter pembubutan terhadap getaran yang terjadi selama proses pemesinan.

2. Mengetahui hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan pada pembubutan baja ST 60.

1.4 Batasan Masalah

Kemudian ada batasan masalah dari latar belakang yang diangkat pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada proses bubut baja ST 60.
2. Getaran yang dianalisis adalah getaran mekanis selama proses pemotogan.
3. Kekasaran permukaan dinyatakan dalam parameter *Roughness Average* (Ra).
4. Mesin yang digunakan adalah bubut manual Bemato.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sub-bab kali ini disertakan banyak perbandingan studi, penelitian ataupun proyek akhir yang sama dengan judul proyek akhir. Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan judul.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Hasil
1	Analisis Pembubutan Rata Material Baja ST 37, ST 60, dan Material ST 41 Terhadap Mata Pahat Karbida [6]	Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembubutan baja ST 37, ST 41, dan ST 60 dengan parameter pemotongan yang sama menghasilkan kualitas permukaan yang berbeda. Dari ketiga material tersebut, baja ST 60 memberikan hasil pembubutan paling baik, ditandai dengan permukaan yang lebih halus dan rata pada putaran mesin 640 rpm.
2	Pengaruh Laju Pemakanan dan Pemakanan Pada Proses CNC Turning Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60 [7]	Penelitian ini menunjukkan bahwa kedalaman dan laju pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan baja ST 60. Semakin besar kedalaman pemakanan dan semakin kecil laju pemakanan, maka kekasaran permukaan semakin rendah. Kekasaran terendah diperoleh pada kedalaman pemakanan 2,5 mm dan laju pemakanan 0,2 mm/rev.
3	Pengaruh Jenis Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Saat Pembubutan Baja ST 60 Pada Mesin Bubut CNC [8]	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan putaran <i>spindle</i> mempengaruhi kualitas permukaan pembubutan baja ST 60. Putaran <i>spindle</i> yang lebih tinggi menghasilkan permukaan yang lebih halus, di mana hasil pembubutan terbaik diperoleh pada kecepatan 740 rpm.
4	Pengaruh Kedalaman dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Logam ST 60 di Mesin Milling CNC Kasuga V100X [9]	Penelitian ini menyimpulkan bahwa <i>feeding</i> dan kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan baja ST 60 pada proses milling CNC. <i>Feeding</i> yang rendah menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang lebih halus, sedangkan peningkatan <i>feeding</i> dan kedalaman pemakanan menyebabkan kekasaran permukaan semakin tinggi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa terdapat beberapa variabel proses terhadap variabel respon yang mempengaruhi hasil pada baja ST 60 pada mesin bubut dan frais, baik mesin frais konvensional maupun CNC, tetapi dalam penelitian ini akan menggunakan mesin bubut konvensional. *Research* ini meliputi karakteristik proses pembubutan, konsep dasar getaran dalam pemesinan, faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan, material baja ST 60.

2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah mesin perkakas yang bekerja dengan memutar benda kerja sebagai gerak utama, sementara proses pemotongan dilakukan oleh pahat yang bergerak secara linier sesuai arah pemakanan. Kombinasi kedua gerakan tersebut memungkinkan pengurangan material pada permukaan benda kerja hingga diperoleh bentuk dan ukuran yang diinginkan.

2.2.1 Prinsip Kerja Pada Mesin Bubut

Prinsip kerja mesin bubut sangat elegan dan berfokus pada dua gerakan utama yang berkolaborasi:

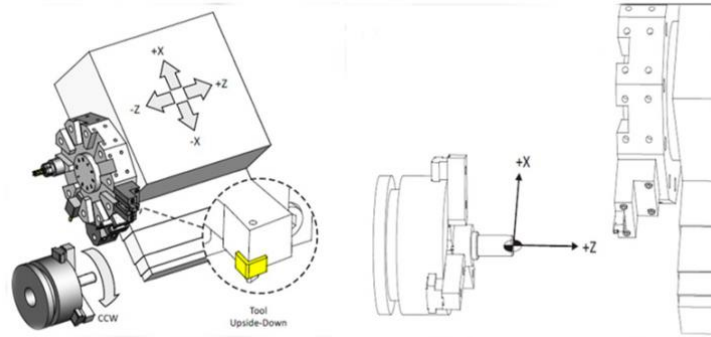
1) Gerakkan Utama (Rotasi)

Benda kerja (misalnya batang logam) diputar kencang oleh mesin (disebut *spindle*). Ini adalah sumber tenaga utama yang memungkinkan pemotongan. Semakin cepat putarannya, semakin cepat proses pengerjaan.

2) Gerakkan Makan (Sayatan/*Feed*)

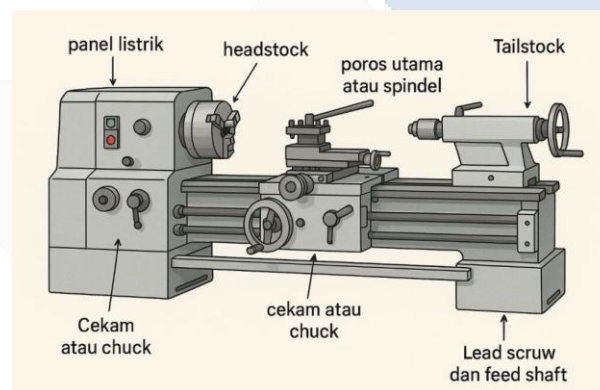
Pahat potong yang terpasang kokoh digerakkan oleh operator. Gerakan ini bisa berupa:

- **Arah Memanjang (*Longitudinal*):** Pahat bergerak sejajar dengan sumbu putar benda kerja untuk mengurangi panjang atau membuat permukaan silinder.
- **Arah Melintang (*Transversal*):** Pahat bergerak tegak lurus (tegak) terhadap sumbu putar untuk mengurangi diameter atau membuat permukaan datar (seperti meratakan ujung).



Gambar 2. 1 Titik Koordinat Mesin [10]

2.2.2 Komponen Utama Mesin Bubut



Gambar 2. 2 Komponen Utama Mesin Bubut [11]

Berikut komponen utama mesin bubut dan kegunaannya:

- 1) *Bed* (Alas Mesin): Dasar yang kuat mesin untuk mendukung semua komponen lainnya dan menyebabkan getaran saat proses pemesinan berlangsung.
- 2) *Headstock* (Kepala Tetap): Terletak di ujung kiri mesin yang berisikan spindel utama, motor penggerak, serta sistem transmisi yang mengatur kecepatan putaran benda kerja.
- 3) *Spindle* (Poros Utama): Poros yang berputar yang memuat dan memutar benda kerja melalui cekam (*chuck*) atau perlengkapan lainnya.
- 4) *Chuck* (Cekam): Sistem penjepit yang digunakan untuk memegang benda kerja kuat pada spindel. Ada beberapa jenis cekam, di antaranya adalah cekam 3 rahang, 4 rahang, dan *collet*.

- 5) *Tailstock* (Kepala Lepas): Berada di ujung kanan mesin dan dapat dipindahkan sepanjang *bed*. Digunakan untuk menyangga ujung benda kerja panjang dengan center putar atau memegang alat bor/*reamer* untuk proses pengeboran pada sumbu benda kerja.
- 6) *Carriage* (Eretan): Gerakan yang melintang sepanjang *bed* dan mendukung *tool post* (rumah pahat). *Carriage* yang terbuat dari beberapa *slide* (eretan lintang dan eretan atas) memungkinkan gerakan pahat arah X dan Z.
- 7) *Lead Screw* (Batang Ulir) & *Feed Rod* (Batang Pengumpan): *Lead screw* untuk membuat ulir, sedangkan *feed rod* untuk menggerakkan *carrige* secara otomatis saat pembubutan normal atau penguliran.
- 8) *Tool Post* (Penjepit Pahat): Tempat dudukan pahat bubut.

2.3 Kecepatan Putaran Mesin (RPM)

RPM di mesin bubut konvensional merupakan kepanjangan dari *Revolutions Per Minute*, yang artinya adalah banyaknya putaran spindel mesin bubut dalam satu menit. RPM adalah salah satu parameter pemotongan yang sangat vital pada proses pembubutan. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang RPM di mesin bubut konvensional.

2.3.1 Fungsi Utama RPM

- 1) Menentukan Kecepatan Potong (*Cutting Speed*): RPM secara langsung mempengaruhi kecepatan potong, yaitu kecepatan relatif antara alat potong terhadap permukaan benda kerja. Kecepatan potong yang sesuai sangat berperan penting dalam mendapatkan hasil permukaan yang terbaik, umur pahat yang terbaik, dan efisiensi pemesinan.
- 2) Mempengaruhi Laju Pemakanan (*Feed Rate*): Bersama dengan laju pemakanan per putaran (*feed per revolution*), RPM menentukan seberapa cepat pahat bergerak sepanjang benda kerja per satuan waktu (laju pemakanan dalam mm/menit atau inch/menit).
- 3) Memengaruhi Kualitas Permukaan: RPM yang terlalu rendah dapat menyebabkan hasil permukaan yang kasar dan tidak rata. Sebaliknya, RPM yang terlalu tinggi untuk material tertentu dapat menyebabkan getaran, panas

berlebih, dan mempercepat keausan pahat, yang juga dapat menurunkan kualitas permukaan.

- 4) Memengaruhi Produktivitas: Pemilihan RPM yang tepat dapat mengoptimalkan waktu pemesinan. RPM yang terlalu rendah akan memperlambat proses, sementara RPM yang tidak sesuai dapat menyebabkan masalah yang juga menghambat produktivitas.

2.3.2 Cara Menentukan RPM yang Tepat

Penentuan RPM yang tepat bergantung pada beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut.

- 1) Jenis Material Benda Kerja: Setiap material memiliki sifat pemesinan yang berbeda dan memerlukan kecepatan potong maksimum. Material yang lebih lembut biasanya dapat dibubut dengan RPM yang lebih tinggi dari benda kerja yang lebih keras.
- 2) Jenis Material dan Ukuran Pahat: Geometri pahat (seperti HSS atau karbida) dan materialnya akan mempengaruhi kecepatan potong yang diharapkan. Pahat yang lebih kecil dapat memiliki RPM yang lebih tinggi.
- 3) Diameter Benda Kerja: Semakin besar diameter benda kerja, semakin rendah RPM yang diperlukan untuk mencapai kecepatan potong yang sama. Hal ini karena keliling benda kerja yang lebih besar akan menempuh jarak yang lebih jauh dalam satu putaran.
- 4) Jenis Operasi Pembubutan: Operasi pembubutan yang berlainan (misalnya pembubutan kasar, pembubutan halus, pengeboran dengan *center drill* di mesin bubut) mungkin menuntut jarak RPM berlainan.
- 5) Kekakuan Mesin dan Pencekaman Benda Kerja: Mesin kurang kaku atau pencekaman benda kerja kurang baik dapat membatasi RPM dapat digunakan tanpa menyebabkan getaran.

2.3.3 Perhitungan dasar RPM

Rumus dasar menghitung RPM pada mesin bubut adalah: [12]

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

Dimana:

V = kecepatan potong (m/min)

π = konstan seharga (3,14)

d = diameter

n = kecepatan putar poros utama (rpm)

2.4 Kedalaman Pemakanan (*Depth of Cut – a_p*)

Gelombang kedalaman (a_p) biasa disebut jarak radial yang digeser oleh pahat pemotong ke dalam benda kerja dalam satu pemakanan. Dengan hukum lain, ini adalah tebal lapisan bahan yang dipotong oleh pahat dalam satu gesek pemotongan. Kedalaman pemakanan biasanya dikemukakan dalam satuan milimeter (mm) atau inch (in).

Kedalaman pemakanan juga salah satu parameter pemesinan krusial yang bisa berinteraksi dengan getaran dan memengaruhi kekasaran permukaan dalam proses bubut baja ST 60. Pengaruh kedalaman pemakanan antara lain:

- 1) Gaya Pemotongan: Semakin besar kedalaman pemakanan maka akan menghasilkan gaya pemotongan semakin besar. Kenaikan gaya pemotongan tersebut bisa meningkatkan amplitudo dan frekuensi getaran pada sistem pemesinan (benda kerja, pahat, dan mesin).
- 2) Volume Material yang Hilang: Pemakanan langsung mempengaruhi laju pembuangan material. Semakin luas kedalaman pemakanan akan menghasilkan laju pembuangan material yang lebih luas.
- 3) Kekasaran Permukaan: Biasanya, pemakanan yang lebih besar akan cenderung memberikan kekasaran permukaan yang lebih kecil karena gaya pemotongan yang lebih besar akan dapat menyebabkan deformasi plastis yang lebih besar dan ketidakstabilan pada proses pemotongan, terutama jika terdapat getaran.
- 4) Stabilitas Proses: Ke dalamnya makan yang terlalu besar juga bisa mengganggu instabilitas pada proses pemotongan dan memicu atau memperburuk getaran *chatter*.

Ke dalamnya makan juga akan menjadi salah satu variabel input yang divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya secara langsung dan interaksinya

dengan getaran pada kekasaran permukaan. Pada proses pembubutan, kedalaman pemakanan (a_p atau DOC) adalah jarak radial yang dipindahkan oleh pahat ke dalam benda kerja dalam satu kali pemakanan. Ini merupakan setengah dari perbedaan antara diameter awal dan diameter setelah pemakanan tunggal:

$$a_p = \frac{D_{awal} - D_{akhir}}{2} \quad (2.2)$$

Dimana:

- a_p = Kedalaman pemakanan (mm atau inci)
- D_{awal} = Diameter benda kerja sebelum pemakanan (mm atau inci)
- D_{akhir} = Diameter benda kerja setelah satu kali pemakanan (mm atau inci)

2.5 Kecepatan *Spindle*

Kecepatan *spindle* di mesin bubut adalah kecepatan rotasi *spindle* utama mesin, yang memegang dan memutar benda kerja. Kecepatan ini sering ditulis dalam satuan rotasi per menit (rpm - *revolutions per minute*). Ini mengindikasikan berapa kali benda kerja berputar dalam satu menit.

Relevansi dalam Proses Pembubutan:

- 1) Kecepatan *spindle* adalah salah satu parameter pemesinan yang termuda dalam operasi pembubutan karena langsung mempengaruhi:
 - Kecepatan Potong (V_c): Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kecepatan *spindle* adalah komponen utama dalam perhitungan kecepatan potong. Dengan diameter benda kerja (D) yang sama, kecepatan *spindle* yang lebih tinggi akan menghasilkan kecepatan potong yang lebih tinggi.
 - Laju Pemakanan (*Feeding*): Dengan kecepatan pemakanan (f - mm/putaran atau *inch*/putaran), kecepatan *spindle* menentukan seberapa cepat pahat bergerak relatif terhadap permukaan benda kerja per satuan waktu. Laju pemakanan per menit (vf) dihitung sebagai:

$$V_f = f \cdot n \quad (2.3)$$

Dimana:

- V = Kecepatan gerak pemakanan (m/min)
 - f = Gerak makan (mm/rev)
 - n = Putaran benda kerja (rad/min)
- 2) Kualitas Permukaan (*Surface Finish*): Kecepatan *spindle* dapat memengaruhi kualitas permukaan hasil pembubutan. Pada umumnya, kecepatan *spindle* yang lebih tinggi (dalam batas yang sesuai untuk material dan pahat) dapat menghasilkan permukaan yang lebih halus karena mengurangi *built-up edge* (BUE) dan menghasilkan bram yang lebih kecil dan lebih teratur. Namun, kecepatan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan getaran dan memperburuk kualitas permukaan.
 - 3) Pembentukan Bram: Kecepatan *spindle* mempengaruhi prinsip pembentukan bram. Kecepatan yang berbeda akan menghasilkan bentuk, ukuran, dan arah keluarnya bram yang berbeda.
 - 4) Suhu Pemotongan: Kecepatan *spindle* yang lebih tinggi akan cenderung meningkatkan suhu di zona pemotongan karena gesekan yang lebih tinggi antara benda kerja dan pahat. Suhu yang berlebihan dapat meningkatkan keausan pahat dan mempengaruhi kualitas permukaan.
 - 5) Produktivitas: Kecepatan *spindle*, seiring dengan kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan, secara signifikan mempengaruhi kecepatan pembuangan material dan sehingga, produktivitas keseluruhan proses pembubutan.

Pada mesin bubut, kecepatan *spindle* diatur oleh operator dan akan mengatur nilai rpm yang dikehendaki tergantung jenis material benda kerja, material pahat, jenis operasi pembubutan (misalnya, *facing*, *turning*, *grooving*), dan diameter benda kerja.

2.6 Material Baja ST 60

2.6.1 Pengertian Baja ST 60

Baja ST 60 termasuk baja karbon menengah yang memiliki kekuatan tarik dan ketahanan mekanik cukup tinggi. Material ini banyak digunakan untuk komponen

yang memerlukan ketahanan terhadap beban mekanik. Dalam proses pembubutan, karakteristik mekanik baja ST 60 menyebabkan gaya pemotongan yang cukup besar sehingga berpotensi memicu getaran. Secara nominal, baja ST 60 memiliki kekuatan tarik minimum sebesar 600 MPa (*MegaPascal*) dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Tabel Unsur Baja ST 60

Unsur	Persentase
C	0,3 – 0,6%
Mn	0,5 – 1,2%
Si	0,1 – 0,3%
P	< 0,05%

Sumber: Nizam Effendi [13]

Berikut baja-baja menurut DIN yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 di bawah ini sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Baja-Baja Menurut DIN. [14]

DIN	$\sigma_b \text{ kg/mm}^2$	$\sigma_b \text{ kg/mm}^2$	C%
St 34	34 – 42	19	0,12
St 37	37 – 45	21	0,16
St 42	42 - 50	23	0,25
St 50	50 – 60	27	0,36
St 60	60 – 70	32	0,45
St 70	70 – 85	36	0,58

2.6.2 Sifat Mekanik Baja ST 60

Beberapa sifat mekanik tipikal baja ST 60 meliputi:

- 1) Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*): Minimum 600 MPa.
- 2) Kekuatan Luluh (*Yield Strength*): Sekitar 350-450 MPa (tergantung pada kondisi perlakuan panas dan dimensi).
- 3) Elongasi (*Elongation at Break*): Sekitar 12-18% (tergantung pada bentuk dan ukuran spesimen).
- 4) Kekerasan (*Hardness*): Sekitar 170-210 HB (*Brinell Hardness*).

2.6.3 Penggunaan Baja ST 60 dalam Teknik Permesinan

Karena kombinasi kekuatan dan kekerasannya yang cukup baik, baja ST 60 sering dimanfaatkan dalam pembuatan komponen mesin yang memerlukan ketahanan terhadap beban dan keausan. Dalam konteks proses bubut, pemahaman karakteristik material baja ST 60 sangat penting karena akan mempengaruhi pemilihan parameter pemesinan (seperti kecepatan potong, kedalaman pemakanan, dan kecepatan makan), jenis alat potong yang digunakan, serta hasil akhir kekasaran permukaan yang diperoleh. Sifat mampu mesin (*machinability*) baja ST 60 tergolong sedang, dan perlu pertimbangan khusus untuk mencapai kualitas permukaan yang optimal.

2.7 Getaran

Getaran pada proses pembubutan terjadi akibat ketidakseimbangan gaya pemotongan, kekakuan sistem yang terbatas, serta kondisi pemesinan yang tidak stabil [15]. Getaran ini menyebabkan pergerakan relatif pahat terhadap benda kerja menjadi tidak terkontrol dan berdampak langsung pada kualitas permukaan. Biasanya, vibrasi dapat dibedakan menjadi dua jenis utama:

- 1) Getaran Bebas (*Free Vibration*): Jika sistem mekanis diberi gangguan awal dan kemudian berosilasi tanpa adanya gaya eksternal yang bekerja secara terus-menerus. Frekuensi getaran bebas ditentukan oleh fisik sistem tersebut sendiri, seperti massa dan kekakuannya.
- 2) Getaran Paksa (*Forced Vibration*): Terjadi jika sistem mekanis dihadapi gaya eksternal periodik atau acak. Frekuensi getaran paksa sama dengan atau berdekatan dengan frekuensi gaya penyebabnya.

Dalam konteks proses pembubutan, getaran paksa lebih dominan terjadi akibat gaya pemotongan yang berubah-ubah.

Standar ISO 10816-3 menyediakan kriteria untuk melakukan pemeriksaan getaran mesin berdasarkan pengukuran yang dilakukan terhadap bagian yang tidak berputar, seperti bantalan, alas bantalan, atau rumah. Standar ini diterapkan sebagai petunjuk umum untuk menentukan kondisi mesin secara keseluruhan berdasarkan ukurannya dan perubahan tingkat getar antara periode waktu tersebut. Meskipun hal ini tidak selalu merupakan satu-satunya aspek yang perlu dipertimbangkan saat

mengidentifikasi error, standar ini sangat berguna untuk melakukan analisis dasar getaran.

ISO 10816-3 secara khusus berlaku untuk perangkat mesin yang memiliki daya di atas 15 kW dan kecepatan operasi antara 120 dan 15.000 RPM. Kategori ini mencakup motor industri umum, pompa, generator, kompresor putar, blower dan kipas, serta beberapa jenis turbin. Tentu saja, beberapa mesin memiliki persyaratan daya atau kecepatan di luar cakupan standar; namun, sebagian besar mesin yang mungkin ditemui dapat dievaluasi menurut pedoman ini.

ISO 10816-3 vibration standard		Machine group 4 Integral driver		Machine group 3 External driver		Machine group 2 Motors 160 mm ≤ H ≤ 315 mm		Machine group 1 Motors 315 mm ≤ H	
Velocity		Pumps > 15 kW Radial, axial, mixed flow				Medium sized machines 15 kW < P ≤ 300 kW		Large machines 300 kW < P < 50 MW	
mm/s rms	in/sec rms								
11	0.44				D				
7.1	0.28				C				
4.5	0.18								
3.5	0.11				B				
2.8	0.07								
2.3	0.04								
1.4	0.03								
0.71	0.02				A				
Foundation		Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible

A

B

C

D

New machine condition
Unlimited long-term operation allowable

Short-term operation allowable
Vibration causes damage

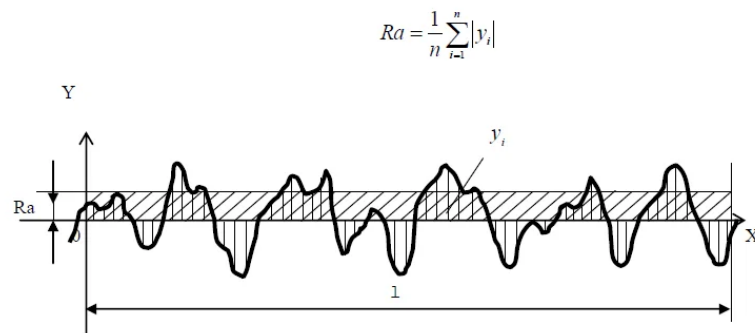
Gambar 2. 3 Standar ISO 10816-3 [16]

Merujuk pada pedoman ISO 10816-3 membantu mengidentifikasi mesin yang bermasalah dengan cepat dan melakukan perawatan yang terarah sebelum kerusakan yang lebih serius terjadi. ISO 10816-3 sebagai alat yang berharga dan mudah digunakan untuk pemantauan berbasis kondisi yang lebih efektif.

2.8 Kekasaran Permukaan

2.8.1 Pengertian Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan digunakan sebagai indikator kualitas hasil pemesinan karena berkaitan langsung dengan performa fungsional dan umur pakai suatu komponen. Berikut contoh profil kekasaran pada permukaan logam pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 4 Contoh Profil Kekasaran Pada Logam [17]

2.8.2 Faktor-Faktor Yang Memengaruhi

Kekasaran permukaan baja sebagian besar dipengaruhi oleh proses manufaktur yang digunakan, yaitu:

1. Proses Pemesinan:

- Pembubutan (*Turning*): Kecepatan potong, laju pemakanan, kedalaman potong, geometri pahat, dan penggunaan cairan pendingin terus-menerus sangat mempengaruhi kekasaran permukaan. Semakin tinggi kecepatan potong dan semakin rendah laju pemakanan akan menyebabkan permukaan menjadi lebih halus.
- Penggilingan (*Milling*): Sama seperti pembubutan, parameter pemotongan, jenis alat potong, dan kondisi pemotongan mempengaruhi kekasaran.
- Pengeboran (*Drilling*): Kekasaran permukaan lubang yang ditembuskan juga dipengaruhi oleh parameter pengeboran.
- Gerinda (*Grinding*): Proses abrasi ini cenderung menghasilkan permukaan yang lebih halus berbanding dengan proses pemesinan lain. Ukuran *abrasive* butir gerinda, kecepatan gerinda, dan tekanan mempengaruhi kekasaran.

2. Proses Pembentukan:

- Pengecoran (*Casting*): Permukaan cor relatif kasar dan sangat dipengaruhi oleh kualitas cetakan.

- Penempaan (*Forging*): Kekasaran permukaan karena penempaan dipengaruhi oleh kondisi cetakan serta proses penempaan.
 - Penggulungan (*Rolling*): Cara ini mampu menghasilkan permukaan relatif halus, tergantung pada kondisi rol.
3. Proses *Finishing*:
- Pengamplasan (*Sanding*): Menggunakan kertas abrasif dengan berbagai jenis grit untuk melicinkan permukaan.
 - Pemolesan (*Polishing*): Cara abrasif ringan untuk mendapatkan permukaan sangat licin dan kilap.
 - *Sandblasting*: Walau biasanya digunakan untuk membersihkan permukaan, *sandblasting* dapat digunakan pula untuk memperkas permukaan untuk tujuan tertentu seperti meningkatkan daya rekat lapisan.
4. Material Kekerasan: Material baja yang memiliki tingkat kekerasan yang berbeda akan menimbulkan kekasaran permukaan yang juga berbeda pada kondisi pemesinan yang sama.
5. Kondisi *Cutter*: Ausan atau cacat pada *cutter* selama proses pemesinan akan menimbulkan permukaan yang lebih kasar.

Terdapat beberapa standarisasi nilai kekasaran menurut ISO atau DIN 4763: 1981 yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Tabel Harga Kekasaran Menurut ISO atau DIN 4763: 1981 [18]

Harga Kekasaran, R_a	Angka Kekasaran	Panjang Sampel
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	0,08

2.8.3 Pengaruh Kekasaran Permukaan pada Sifat dan Kinerja Baja

Kekasaran permukaan berpengaruh besar terhadap beberapa aspek karakteristik dan kinerja komponen baja:

- 1) Ketahanan Korosi: Permukaan yang lebih kasar memiliki luas permukaan yang lebih besar, dan oleh karena itu lebih mudah terkorosi karena lebih banyak permukaan yang terpapar lingkungan korosif. Lembah dan goresan di permukaan bisa digunakan sebagai tempat penumpukan zat korosif.
- 2) Ketahanan Aus (*Wear Resistance*): Kekasaran permukaan mempengaruhi gesekan dan keausan antara dua permukaan yang relatif saling berbaring. Permukaan yang terlalu kasar bisa meningkatkan gesekan dan menambah keausan. Tapi, kekasaran permukaan yang tepat bisa memperbaiki retensi pelumas dan mengurangi keausan pada beberapa aplikasi.
- 3) Kelelahan (*Fatigue Strength*): Permukaan kasar dapat menjadi titik awal pembunuh retakan kelelahan akibat terjadinya konsentrasi tegangan pada puncak-puncak ketidakrataan permukaan. Permukaan yang lebih mulus akan lebih baik ketahanannya kelelahannya.
- 4) Sifat Sambungan: Dalam proses penyambungan misalnya pengelasan atau perekatan, kasar permukaan mempengaruhi kualitas dan kekuatan penyambungan. Permukaan yang agak kasar dapat meningkatkan daya rekat.
- 5) Penampilan Estetis: Kekasaran permukaan mempengaruhi kilau dan tekstur visual komponen baja. Permukaan yang halus dan dipoles memberikan tampilan yang lebih estetis untuk aplikasi tertentu.
- 6) Sifat Aliran Fluida: Pada permukaan yang berinteraksi dengan aliran fluida (misalnya, pipa), kekasaran permukaan mempengaruhi gesekan fluida dan kehilangan tekanan. Permukaan yang lebih halus mengurangi hambatan aliran.
- 7) Pengukuran dan Inspeksi: Permukaan yang terlalu kasar dapat menyulitkan pengukuran dimensi yang akurat dan inspeksi visual terhadap cacat permukaan.

2.9 Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran

Dalam proses pembubutan, tiga parameter pemesinan utama yang secara signifikan mempengaruhi kekasaran permukaan adalah sebagai berikut.

2.9.1 Kedalaman Pemakanan (*Depth of Cut, d*)

Kedalaman pemakanan adalah jarak radial yang dimasukkan pahat ke dalam benda kerja dalam setiap lintasan. Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan umumnya tidaklah signifikan secara langsung. Kedalaman pemakanan terutama mempengaruhi laju pengambilan material (*material removal rate*) dan gaya potong. Tetapi, tidak langsung, kedalaman pemakanan besar dapat menyebabkan peningkatan getaran pada sistem pemesian karena peningkatan gaya potong. Getaran lebih tinggi ini kemudian dapat berkontribusi pada permukaan lebih kasar.

2.9.2 Spindle Speed (*Spindle Speed, N or RPM*)

Spindel kecepatan, yang dinyatakan dalam putaran per menit (RPM), menentukan kecepatan potong (*cutting speed, v_c*) pada diameter konstan benda kerja (D) melalui persamaan:

$$v_c = \frac{\pi DN}{60} \text{ (m/menit)} \quad (2.4)$$

Pengaruh kecepatan spindel terhadap kekasaran permukaan cenderung berbanding terbalik. Pada umumnya, peningkatan kecepatan spindel (dan kecepatan potong) dapat menghasilkan permukaan yang lebih halus.

2.9.3 Gerak Makan (*Feeding, f*)

Gerak makan adalah jarak yang ditempuh pahat sepanjang permukaan benda kerja per putaran spindel, biasanya diukur dalam mm/putaran. Gerak makan memiliki pengaruh yang paling signifikan dan langsung terhadap kekasaran permukaan teoritis. Semakin besar gerak makan, semakin besar pula jarak antara alur-alur bekas pemakanan pada permukaan, yang menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih tinggi.

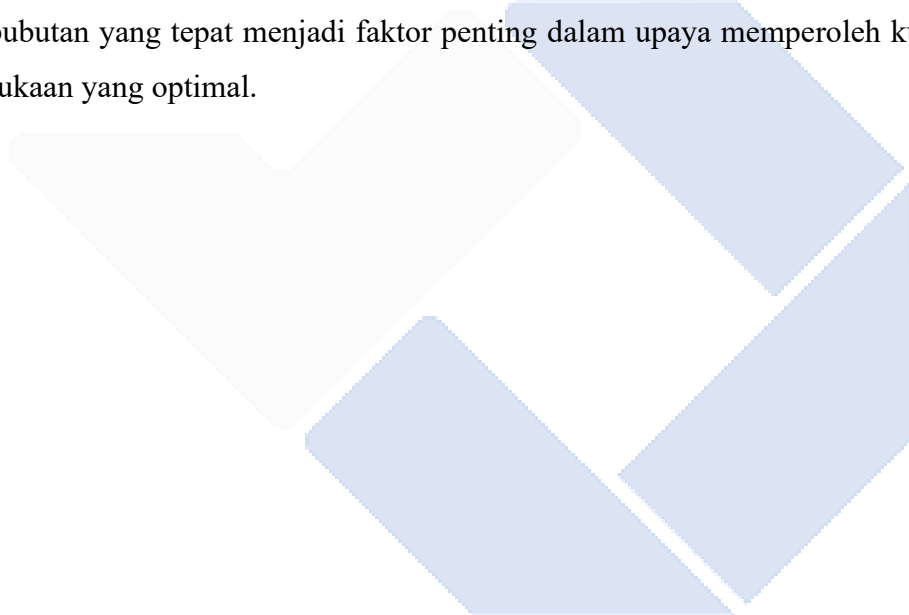
Secara teoritis, kekasaran permukaan maksimum (R_{tmax}) yang dihasilkan oleh pahat dengan radius ujung r dan gerak makan f dapat diaproksimasi dengan persamaan:

$$R_{tmax} \approx \frac{f^2}{8r} \quad (2.5)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa kekasaran permukaan berbanding lurus dengan kuadrat gerak makan. Oleh karena itu, perubahan kecil pada gerak makan dapat memiliki dampak besar pada kekasaran permukaan. Gerak makan yang rendah menghasilkan jejak pahat yang lebih rapat dan permukaan yang lebih halus.

2.10 Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Getaran

Getaran yang meningkat selama proses pembubutan menyebabkan pola pemotongan tidak seragam sehingga nilai kekasaran permukaan cenderung meningkat. Oleh karena itu, pengendalian getaran melalui pemilihan parameter pembubutan yang tepat menjadi faktor penting dalam upaya memperoleh kualitas permukaan yang optimal.

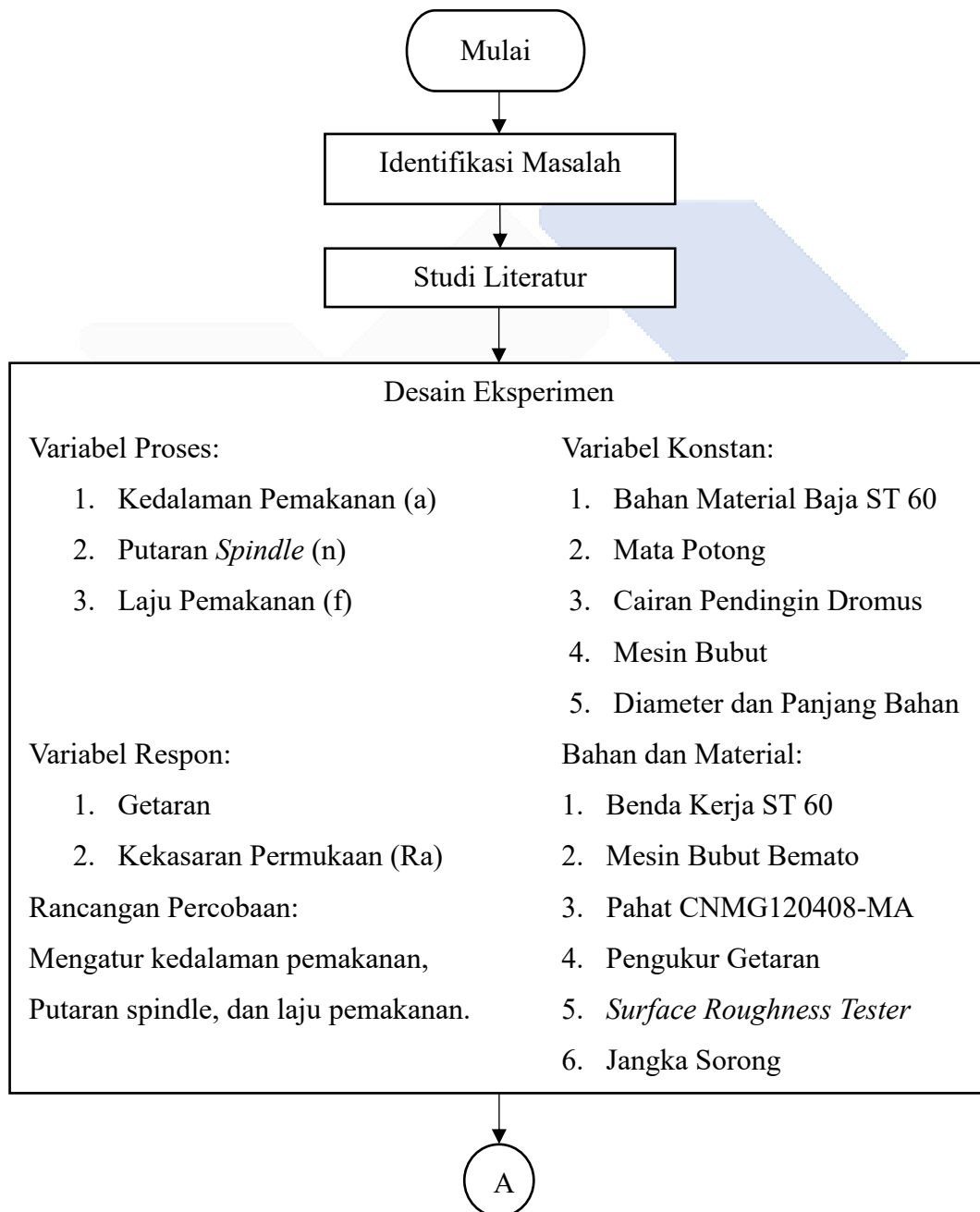


BAB III

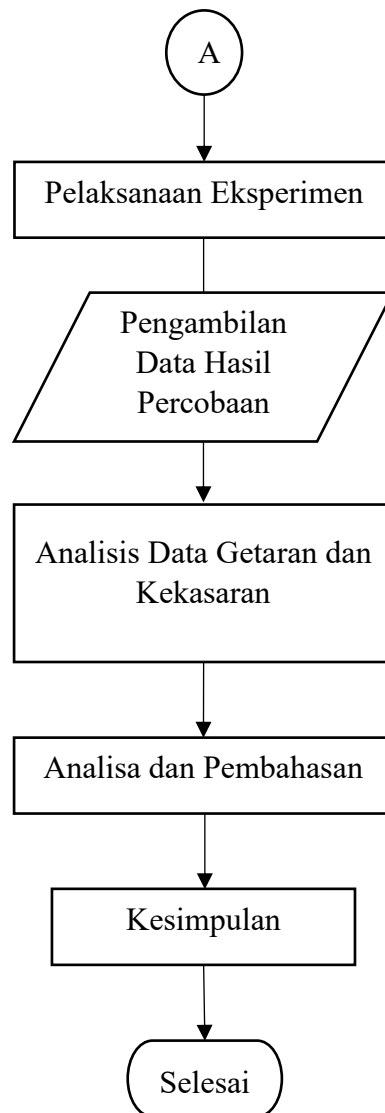
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan-Tahapan Kegiatan

Tahapan penelitian dilakukan mengikuti diagram alir dapat dilihat di bawah pada Gambar 3.1 berikut ini untuk mengetahui langkah-langkah selanjutnya.



Gambar 3. 1 Flowchart/Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Flowchart/Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

3.2 Identifikasi Masalah

Pembubutan proses adalah salah satu proses pemesinan yang diimplementasikan secara luas di industri manufaktur. Kelas permukaan produk hasil pembubutan menjadi salah satu rancu utama yang mempengaruhi kinerja dan ketertataan estetik produk akhir. Getaran yang dihasilkan selama proses pembubutan bisa memberikan pengaruh berarti terhadap kelas permukaan, yaitu kekasaran permukaan. Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah untuk memahami dan memodelkan pengaruh parameter pemesinan (kedalaman

pemakanan, RPM, dan *feeding*) terhadap kekasaran permukaan baja ST 60 dengan mempertimbangkan adanya getaran selama proses pembubutan.

3.3 Studi Literatur

Setelah menetapkan permasalahan, peneliti melakukan studi literatur untuk memperluas wawasan tentang topik penelitian, mengenali kekosongan pengetahuan yang masih belum terpecahkan, dan melakukan penelitian yang paling sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini. jurnal, internet, dan e-book menjadi sumber literatur *review* yang digunakan.

3.4 Desain Eksperimen

Peneliti menggunakan variabel dalam desain eksperimen penelitian, untuk untuk mendapatkan hasil eksperimen.

3.4.1. Variabel Proses

Variabel proses merupakan variabel-variabel yang sistematis diperubah selama eksperimen untuk diamati pengaruhnya terhadap variabel respon. Pada penelitian ini, variabel proses yang diteliti adalah:

- 1) Kedalaman Pemakanan (*Depth of Cut, d*): Jarak radial yang dimasukkan pahat ke dalam benda kerja tiap putaran. Dua level kedalaman pemakanan yang digunakan adalah:
 - Level Rendah: 2 mm.
 - Level Tinggi: 3 mm.
- 2) Kecepatan Spindel (*Spindle Speed, N*): Kecepatan spindel mesin bubut per menit (rpm). Dua tingkat kecepatan spindel yang digunakan adalah:
 - Level Rendah: 700 RPM
 - Level Tinggi: 995 RPM
- 3) Laju Pemakanan (*Feeding, f*): Jarak yang ditembus pahat selama panjang benda kerja setiap putaran spindel (mm/rev). Dua level laju pemakanan yang digunakan adalah:
 - Level Rendah: 0,7 mm/rev
 - Level Tinggi: 1 mm/rev

3.4.2. Variabel Konstan

Variabel konstan adalah variabel-variabel yang dikekalkan stabil selama keseluruhan eksperimen untuk dapat memperhatikan bahwa perubahan pada variabel respon hanya disebabkan oleh variasi variabel proses. Variabel konstan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bahan Benda Kerja: Baja ST 60 (kandungan berkisar antara 0.55% hingga 0.65%. Kandungan karbon yang lebih tinggi daripada pada baja karbon rendah memberikan peningkatan pada kekuatan dan kekerasan material, namun juga cenderung mengurangi keuletan dan kemampuan lasnya. Selain karbon, baja ST 60 juga mengandung sejumlah kecil elemen lain seperti mangan (Mn), silikon (Si), fosfor (P), dan sulfur (S) dalam batas tertentu sesuai dengan standar yang berlaku (misalnya, standar DIN Jerman).
- 2) Tipe Pahat Bubut: Tipe bahan pahat adalah pahat *insert carbide* dengan kode CNMG120408-MA.
- 3) Cairan Pendingin: menggunakan air dromus sebagai *coolant*/pendingin.
- 4) Mesin Bubut: Mesin bubut yang digunakan adalah mesin bubut Bemato.
- 5) Panjang dan Diameter Benda Kerja Awal: 100 mm dan 30 mm.

3.4.3. Variabel Respon

- 1) Kekasaran Permukaan (Ra): Nilai rata-rata kekasaran permukaan yang diproduksi setelah proses pembubutan, diukur dengan menggunakan alat pengukur kekasaran permukaan yang relevan.
- 2) Getaran (Amplitudo atau Frekuensi): Jika getaran diukur sebagai dampak dari parameter pemesinan, maka amplitudo dan/atau frekuensi getaran yang terjadi selama proses pembubutan akan diukur menggunakan sensor getaran yang terpasang pada sistem.

3.5 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pembubutan baja ST 60 berdasarkan variasi parameter pemesinan yang telah dilakukan. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui hubungan antara

getaran dan kekasaran permukaan. Variabel input atau faktor yang diharapkan diamati dalam eksperimen ini adalah:

- 1) Kedalaman Pemakanan (*Depth of Cut*, d): Setiap variasi kedalaman pemakanan akan menjadi bahan uji untuk beberapa level untuk mengamati pengaruhnya terhadap getaran dan kekasaran permukaan.
- 2) Kecepatan Spindel (*Spindle Speed*, N): Setiap variasi kecepatan spindel (dibutuhkan dalam RPM) akan menjadi bahan uji untuk menganalisis pengaruhnya terhadap getaran dan kekasaran permukaan.
- 3) Laju Pemakanan (*Feed Rate*, f): Setiap variasi laju pemakanan menjadi bahan uji untuk mengamati pengaruhnya terhadap getaran dan kekasaran permukaan.

Setiap variabel input akan diuji pada dua level yang berbeda, yaitu level rendah (-1), dan level tinggi (+1). Variabel output atau respons yang diukur dalam eksperimen ini adalah:

- 1) Getaran (*Vibration*, A): Besarnya getaran yang terjadi selama proses pembubutan akan diukur menggunakan sensor getaran.
- 2) Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*, R_a): Kekasaran permukaan benda kerja sesudah proses pembubutan akan diukur menggunakan *surface roughness tester*.

Desain ini akan mencakup titik pusat (*center points*) untuk memperkirakan kesalahan eksperimen dan pengujian linearitas model. Contoh struktur matriks percobaan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini, sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Struktur Matriks Percobaan

Pecobaan	Kedalaman Pemakanan (d)	Kecepatan <i>Spindle</i> (N)	Laju Pemakanan (f)
1	Tengah	Rendah	Rendah
2	Tengah	Tinggi	Rendah
3	Tengah	Rendah	Tinggi
4	Tengah	Tinggi	Tinggi
5	Rendah	Tengah	Rendah
6	Tinggi	Tengah	Rendah
7	Rendah	Tengah	Tinggi
8	Tinggi	Tengah	Rendah
9	Rendah	Rendah	Tengah
Dst.			

3.6 Pembuatan Sampel Uji

Kombinasi parameter eksperimen yang disediakan, dengan dua level kedalaman pemakanan, dua level kecepatan spindle, dan dua level laju pemakanan, kami memiliki $2 \times 2 \times 2 = 8$ kombinasi parameter eksperimen utama untuk dianalisis yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Struktur Percobaan

Nomor Percobaan	Kedalaman Pemakanan (<i>d</i>) (mm)	Kecepatan Spindle (<i>N</i>) (RPM)	Laju Pemakanan/ <i>Feeding</i> (<i>f</i>) (mm/rev)
1	2	700	0,7
2	2	700	1
3	2	995	0,7
4	2	995	1
5	3	700	0,7
6	3	700	1
7	3	995	0,7
8	3	995	1

3.7 Persiapan Alat dan Bahan

3.7.1 Material

Material benda kerja yang diterapkan pada penelitian ini adalah baja ST 60. Kandungan yang ada di baja ST60 adalah karbon (C): 0,500,65%; Mangan (Mn): 0,50-0,80%; Fosfor (P): maksimum 0,040%; Belerang (S): maksimum 0,040%; dan Silikon (Si): maksimum 0,35%. Baja dijelaskan merupakan persen terkandung karbon besi 0,3% C – 0,59% C titik didih 1550° C dan titik pada lebur 2900° C, sebut baja kuat, banyak yang gunakan pada tengki, perkapalan. Benda kerja akan dipotong seukuran untuk proses pembubutan dan pengukuran kekasaran permukaan. Gambar dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 3 Material Baja St 60

3.7.2 Mesin Bubut

Peralatan mesin bubut akan digunakan untuk prosedur pembubutan baja ST 60 yang akan dilaksanakan selama penelitian. Mesin bubut Bemato tersedia di Laboratorium Bengkel Polman Babel dan berfungsi tanpa hambatan, siap digunakan kapan saja selama pelaksanaan penelitian. Mesin bubut dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3. 4 Mesin CNC Bubut Bemato

3.7.3 Mata Potong

Mata potong yang akan digunakan pada penelitian adalah pahat bubut berjenis *insert carbide* dengan kode CNMG120408-MA, bisa dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 5 Pahat Bubut Insert CNMG120408-MA

Berikut merupakan interpretasi Kode Insert CNMG120408-MA, dimana dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel 3. 3 Kode Insert CNMG120408-MA

P	<i>Insert</i> ini cocok untuk pemesinan baja (<i>steel</i>)
C	<i>Insert</i> (belah ketupat) dengan sudut puncak 80°
N	<i>Clearance Angle</i> (sudut bebas) 0°
M	Toleransi <i>insert</i>
G	<i>Chip Breaker</i>
12	Panjang sisi potong utama adalah 12 mm
04	Ketebalan <i>insert</i> dalam $\frac{1}{16}$ inci ($\frac{4}{16} = \frac{1}{4}$ inci ≈ 6.35 mm)
08	Radius sudut potong (<i>corner radius</i>) dalam $\frac{1}{8}$ mm ($\frac{8}{8} = 1$ mm)
Ma	Jenis <i>chip breaker</i> dan geometri <i>rake</i> yang spesifik dari produsen

Sudut-Sudut dan Elemen Geometri Utama (*Code and General Information Based*):

- 1) Sudut Puncak *Insert* (*Nose Angle*): 80° (dari kode "C").
- 2) Sudut Bebas (*Clearance Angle*): 0° (dari kode "N"). Ini berarti *insert* memiliki *negative rake* secara geometris.
- 3) Radius Sudut Potong (*Corner Radius*): 0.8 mm (dari dua digit terakhir "08").
- 4) Panjang Sisi Potong Utama (*Cutting Edge Length*): Sekitar 12 mm.
- 5) Ketebalan *Insert* (*Thickness*): Sekitar 4.76 mm.
- 6) Diameter Lingkaran Terluar (*Inscribed Circle Diameter*): 12.7 mm (ukuran "12" pada kode sering mengacu pada ukuran *inscribed circle* $\frac{1}{2}$ inchi = 12.7 mm).

7) Geometri Rake (*Rake Angle*): secara geometris, karena *clearance angle* 0° (kode "N"), insert ini *negative rake*. Alasannya, bentuk *chip breaker* ("MA") akan mempengaruhi *rake angle* efektif saat pemotongan, yang mungkin positif, negatif, atau netral tergantung pada rancang *chip breaker* dan keadaan pemotongan. Data yang rinci tentang *rake angle* efektif ini umumnya ada dalam katalog produsen.

3.7.4 Peralatan Pengukur Getaran

Alat pengukur getaran di penelitian ini menggunakan Vibroport 80, gambar dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 6 Alat Pengukur Getaran

3.7.5 Surface Roughness Tester

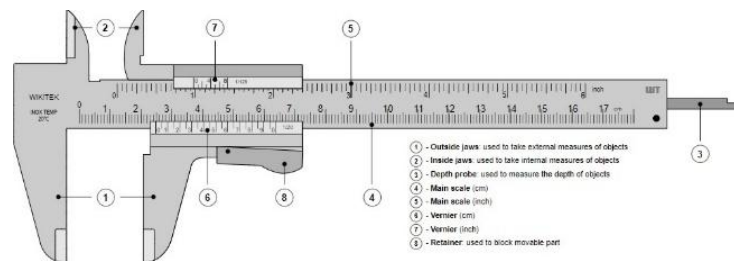
Alat pengukur kekasaran permukaan dalam penelitian ini adalah *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-210, gambar dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3. 7 Alat Pengukur Kekasaran Permukaan

3.7.6 Jangka Sorong (*Vernier Caliper*)

Jangka sorong digunakan pada penelitian untuk mengukur diameter dan Panjang benda kerja sebelum dan sesudah. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3. 8 Alat Pengukur Diameter dan Panjang Benda Kerja [19]

3.8 Prosedur Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan membubut benda kerja sesuai kombinasi parameter yang telah dirancang. Setiap spesimen diuji tingkat getarannya selama proses pembubutan, kemudian dilakukan pengukuran kekasaran permukaan setelah proses selesai. Benda kerja hasil pembubutan dibersihkan dari oli, serbuk, dan kotoran menggunakan lap bersih. Pengukuran kekasaran menggunakan alat *Surface Roughness Tester*. Permukaan yang diukur dipastikan tidak terdapat goresan tambahan akibat penanganan. Posisi benda kerja diletakkan stabil dan sejajar terhadap arah gerak *stylus*.

3.9 Metode Pengumpulan Data

Data yang akan diambil dalam penelitian ini mencakup pada nilai kekasaran permukaan (Ra) untuk setiap uji coba. Dan data getaran (amplitudo dan/atau frekuensi) untuk setiap percobaan (apabila diukur).

3.10 Metode Analisis Data

Analisa pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode ekperimental, dimana data hasil pengujian dianalisis untuk melihat kecenderungan pengaruh parameter pembubutan terhadap getaran dan kekasaran permukaan. Analisis dilakukan secara deskriptif oleh grafik hubungan antar variabel.

3.11 Kesimpulan

Metodologi penelitian yang diterapkan dalam studi ini disusun secara sistematis dan terstruktur untuk mengkaji pengaruh getaran terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja ST 60. Pendekatan eksperimen dipilih karena mampu memberikan data empiris yang objektif melalui pengendalian variabel proses dan pengamatan langsung terhadap variabel respon. Parameter pemesinan yang meliputi kedalaman pemakanan, putaran *spindle*, dan laju pemakanan divariasikan secara terkontrol, sementara variabel lain dijaga tetap konstan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa perubahan nilai getaran dan kekasaran permukaan yang diperoleh benar-benar dipengaruhi oleh variasi parameter pembubutan yang diteliti. Proses pengambilan data dilakukan menggunakan alat ukur getaran dan surface roughness tester yang sesuai dengan standar pengujian, sehingga data yang dihasilkan bersifat kuantitatif dan dapat dipertanggungjawabkan. Secara keseluruhan, metode penelitian yang digunakan telah mampu menggambarkan hubungan antara parameter pembubutan, tingkat getaran, dan kualitas permukaan hasil pembubutan baja ST 60 secara jelas. Oleh karena itu, metodologi ini dinilai telah memenuhi tujuan penelitian dan menjadi dasar yang kuat untuk analisis hasil serta pembahasan pada bab selanjutnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Eksperimen dilakukan berdasarkan rancangan percobaan yang telah dijelaskan pada Bab III, dengan memvariasikan tiga parameter proses pembubutan, yaitu kedalaman pemakanan (d), putaran *spindle* (RPM), dan laju pemakanan (*feeding*). Parameter respon yang diamati adalah getaran dan kekasaran permukaan (R_a).

Pengujian dilakukan pada material baja ST 60 menggunakan mesin bubut Bemato dengan kondisi pemotongan yang dijaga konstan, kecuali pada parameter yang divariasikan. Data hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Hasil Percobaan

No	Kedalaman Pemakanan (d) (mm)	RPM (N)	<i>Feeding</i> (f) (mm/putaran)	Kekasaran Permukaan (R_a) μm	Getaran (mm/s)
1	2	700	0,7	1,42	0,136
2	2	700	1	1,58	0,157
3	2	995	0,7	1,71	0,169
4	2	995	1	1,95	0,193
5	3	700	0,7	2,18	0,215
6	3	700	1	2,34	0,231
7	3	995	0,7	2,85	0,304
8	3	995	1	3,12	0,343

Berdasarkan tabel di atas didapat nilai tertinggi ada pada eksperimen ke 8 dengan Rpm 995, *feeding* 1 mm/putaran menghasilkan getaran 0,343 mm/s dan kekasaran permukaan (R_a) sebesar 3,12 μm . Dan yang terendah ada pada eksperimen ke 1 dengan Rpm 700, *feeding* 0,7 mm/putaran menghasilkan getaran 0,136 mm/s dengan kekasaran permukaan (R_a) sebesar 1,42 μm .

Dibawah ini terdapat data hasil pengukuran kekasaran permukaan dari tiga titik pada tiap benda kerja yang disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

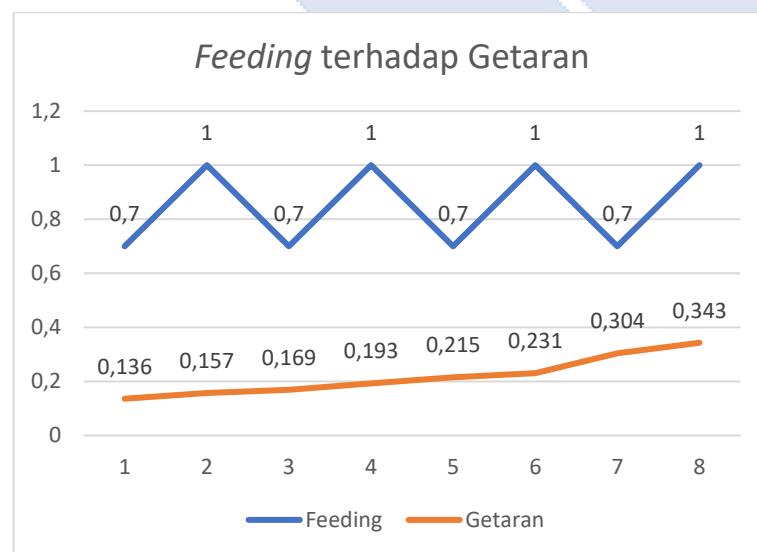
No	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Nilai Rata Rata μm
1	1,38	1,44	1,43	1,42
2	1,55	1,60	1,59	1,58
3	1,68	1,73	1,72	1,71
4	1,92	1,97	1,96	1,95
5	2,15	2,20	2,19	2,18
6	2,30	2,37	2,35	2,34
7	2,80	2,88	2,87	2,85
8	3,08	3,15	3,13	3,12

Nilai kekasaran permukaan diperoleh menggunakan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210. Setiap benda kerja diukur pada tiga titik yang berbeda pada permukaan hasil pembubutan dengan arah pengukuran sejajar sumbu benda kerja. Nilai Ra yang dicantumkan merupakan hasil rata-rata dari ketiga titik pengukuran tersebut.

4.2 Grafik Hasil Pengujian

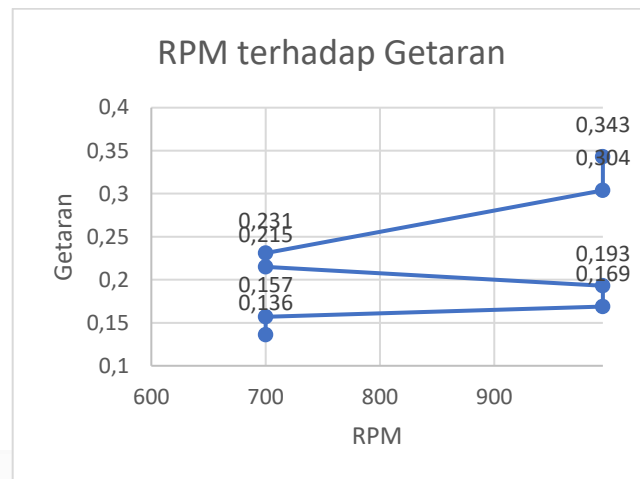
Pada sub bab ini menyajikan grafik-grafik yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara setiap parameter pembubutan dengan tingkat getaran yang terjadi selama proses pemesinan.

4.2.1. Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Getaran



Gambar 4. 1 Hubungan *Feeding* terhadap Getaran

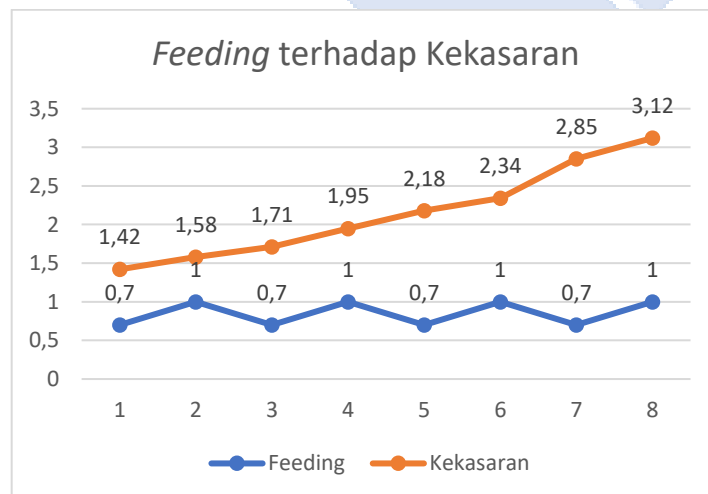
Grafik menunjukkan bahwa peningkatan laju pemakanan cenderung diikuti oleh peningkatan nilai getaran. Hal ini terjadi karena semakin besar *feeding*, gaya potong yang bekerja pada pahat juga semakin besar, sehingga sistem pemesinan menjadi kurang stabil.



Gambar 4. 2 Hubungan RPM terhadap Getaran

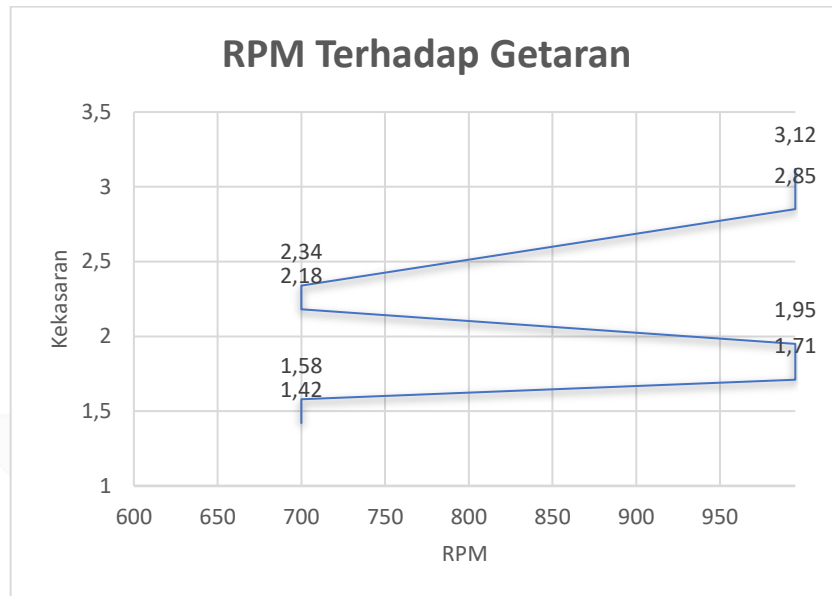
Pada putaran *spindle* yang lebih tinggi, getaran cenderung lebih stabil dibandingkan putaran rendah. Hal ini disebabkan oleh proses pemotongan yang lebih kontinu dan berkurangnya efek getaran periodik. Namun, pada kondisi tertentu, peningkatan RPM juga berpotensi memicu *chatter* apabila melebihi batas kestabilan mesin.

4.2.2. Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Kekasaran Permukaan



Gambar 4. 3 Hubungan *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan (Ra)

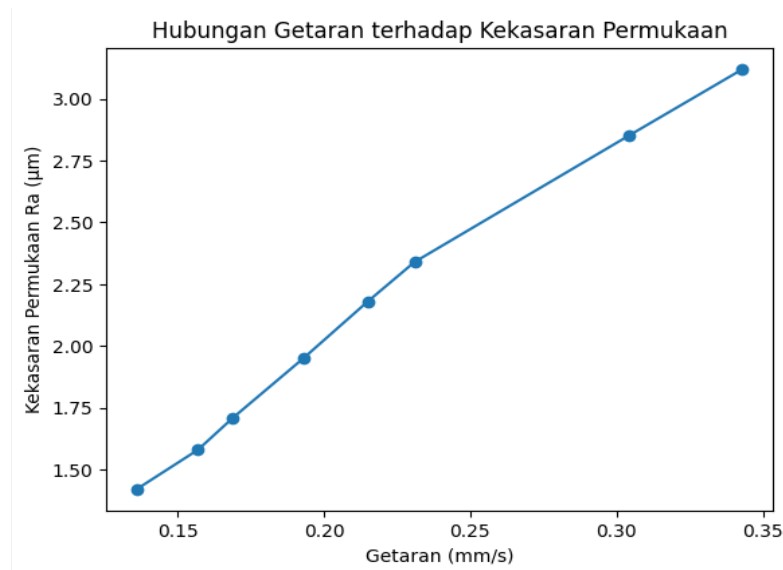
Dari grafik terlihat bahwa nilai kekasaran permukaan meningkat seiring dengan bertambahnya laju pemakanan. *Feeding* yang besar menyebabkan jarak antar jejak pahat semakin lebar, sehingga permukaan benda kerja menjadi lebih kasar. Hasil ini sesuai dengan teori pembubutan yang menyatakan bahwa *feeding* merupakan parameter yang paling dominan terhadap kekasaran permukaan.



Gambar 4. 4 Hubungan RPM terhadap Kekasaran Permukaan

Peningkatan RPM cenderung menghasilkan permukaan yang lebih halus. Hal ini terjadi karena pemotongan berlangsung lebih stabil dan pembentukan bram menjadi lebih seragam. Namun demikian, jika RPM terlalu tinggi, getaran dapat kembali meningkat dan menyebabkan kualitas permukaan menurun.

4.2.3. Hubungan Getaran terhadap Kekasaran Permukaan



Gambar 4. 5 Hubungan Getaran terhadap Ra

Grafik menunjukkan bahwa peningkatan getaran selama proses pembubutan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai kekasaran permukaan. Getaran menyebabkan pergerakan relatif antara pahat dan benda kerja menjadi tidak stabil, sehingga pola pemotongan tidak seragam dan meninggalkan permukaan yang lebih kasar.

4.3 Pembahasan Per Parameter

1) Pengaruh Kedalaman Pemakanan terhadap Getaran dan Kekasaran

Kedalaman pemakanan yang lebih besar menyebabkan gaya potong meningkat. Peningkatan gaya potong ini berkontribusi terhadap bertambahnya getaran selama proses pembubutan. Getaran tersebut kemudian mempengaruhi kualitas permukaan dengan meningkatkan nilai kekasaran. Meskipun kedalaman pemakanan tidak berpengaruh langsung terhadap Ra, pengaruh tidak langsung melalui getaran cukup signifikan.

2) Pengaruh Putaran *Spindle* terhadap Getaran dan Kekasaran

Putaran *spindle* berpengaruh terhadap kestabilan proses pemotongan. Pada RPM yang lebih tinggi, proses pemotongan cenderung lebih stabil sehingga getaran dan nilai kekasaran permukaan menurun. Namun, peningkatan RPM

yang berlebihan dapat memicu getaran *chatter* yang justru menurunkan kualitas permukaan.

3) Pengaruh *Feeding* terhadap Getaran dan Kekasaran

Laju pemakanan memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan. *Feeding* yang lebih besar meningkatkan gaya potong dan menyebabkan getaran semakin tinggi. Kondisi ini menghasilkan permukaan yang lebih kasar akibat jejak pahat yang tidak merata.

4.4 Analisis

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran permukaan benda kerja nomor 1 menghasilkan kualitas permukaan terbaik dengan nilai Ra sebesar 1,42 μm . Sebaliknya, benda kerja nomor 8 menunjukkan kualitas permukaan terburuk dengan nilai Ra sebesar 3,12 μm . Perbedaan ini dipengaruhi oleh kombinasi parameter pembubutan yang menyebabkan peningkatan getaran selama proses pemotongan. Peningkatan laju pemakanan dari 0,7 mm/rev menjadi 1 mm/rev menyebabkan nilai kekasaran permukaan meningkat secara konsisten pada setiap variasi putaran *spindle*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian berjudul “**Studi Eksperimen Pengaruh Getaran Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Baja ST 60**” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) a. Pengaruh terbesar pada Rpm 995 dengan kedalaman pemakanan 3 mm, *feeding* 1 mm/putaran menghasilkan getaran 0,343 mm/s dan kekasaran permukaan sebesar 3,12 μm dan masuk kelas N7 ($R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$).
b. Pengaruh terkecil pada Rpm 700 dengan kedalaman pemakanan 2 mm, *feeding* 0,7 mm/putaran menghasilkan getaran 0,136 mm/s dan kekasaran permukaan sebesar 1,42 μm dan masuk kelas N8 ($R_a \leq 3,2 \mu\text{m}$).
- 2) Hubungan dalam proses pemesinan antara getaran dan kekasaran permukaan berbanding lurus. [20]

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

- 1) Untuk pembubutan baja ST 60, disarankan menggunakan laju pemakanan rendah dan putaran *spindle* relatif tinggi guna memperoleh permukaan yang lebih halus.
- 2) Perlu penelitian lanjutan dengan variasi parameter yang lebih luas serta analisis frekuensi getaran yang lebih mendalam.
- 3) Peningkatan kekakuan pencekaman dan penggunaan peredam getaran disarankan untuk mengurangi ketidakstabilan proses.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Altintas, *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*, 2 ed., Cambridge University Press, 2012.
- [2] G. Tlusty, *Manufacturing Processes and Equipment*. Prentice Hall, 1 ed., Prentice Hall / Pearson, 2000, pp. ~928 .
- [3] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 9 ed., J. Wiley and Sons, Eds., 2017, p. ~752.
- [4] Y. Prasad and et al., "Effect of cutting parameters on surface roughness and tool vibration in turning operation using response surface methodology," *Procedia Materials Science*, vol. 6, pp. 1237–1246, 2015.
- [5] M. Rahman and et al., " Optimization of surface roughness in CNC turning using RSM and Taguchi method," *Measurement*, vol. 78, pp. 111-119, 2016.
- [6] M. F. Musyafa, M. M. Junaidi and A. Faoji, "Analisis Pembubutan Rata Material Baja St 37, St 60, dan Material St 41 Terhadap Mata Pahat Karbida," 2019.
- [7] T. S. Allam and W. Sumbodo, "Pengaruh Laju Pemakanan Dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses Cnc Turning Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja St 60," *Jurnal Kompetisi Teknik*, vol. 12, no. 1, 2020.
- [8] A. N. Akhmadi and M. T. Qurohman, "Pengaruh Jenis Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Saat Pembubutan Baja St 60 Pada Mesin Bubut Cnc," *Jurnal Nozzle*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [9] E. A. Kurniawan, "Pengaruh Kedalaman dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Logam St 60 di Mesin Milling CNC Kasuga V100X," UAJY's Library, 2018.
- [10] S. F. Fadillah, "Nesabamedia," [Online]. Available: <https://www.nesabamedia.com/docs/c/cnc/>.
- [11] "WikiKomponen," [Online]. Available: <https://www.wikikomponen.com/cara-merawat-mesin-bubut/>.
- [12] "Muhammadrohan's Blog," 26 November 2010. [Online]. Available: <https://muhammadrohan.wordpress.com/2010/11/26/elemen-dasar-pemotongan-pada-proses-bubut/>.
- [13] N. Effendi, "Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impact Las Smaw Posisi Vertikal Baja St 60 Temper," *Jurnal UNIMUS*, vol. 9, no. 2, pp. 10-16.

- [14] N. TY, "Variasi panjang pahat, gerak makan, kecepatan potong ↔ getaran pahat pada baja ST 42," *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2012.
- [15] D. A. Stephenson and J. S. Agapiou, *Mettal Cutting Theory and Practice*, 3 ed., Taylor and Francis Group, Eds., CRC Press, 2016, pp. ~665.
- [16] Y. Song, Y. Na, K. Kim, N. Tan C., W. Jihoon and Y. Kim, "*Diagnosis of electrical submersible pump failure using deep learning model with sand-water flow experimental data*," *ScienceDirect*, vol. 243, December 2024.
- [17] M. W., "Linked in," 11 January 2019. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/do-you-know-why-roughness-08-16-32-63-125-murphy-wang>.
- [18] T. Rochim, "Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik," in *Buku ajar atau buku teknis*, Bandung, ITB, 2001.
- [19] Achmadi, "Penjelasan.id," 17 Maret 2022. [Online]. Available: <https://pengelasan.id/jangka-sorong/>.
- [20] M. Muas, "Pengaruh Getaran Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin Vmc-200," *SINERGI*, vol. 1, pp. 34-42, 6 April 2008.
- [21] Widiarto, "Teknik Permesinan Jilid 1," Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008, pp. 951-952.

Lampiran 1:

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Haradat Tahrir Algaza
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat, 22 Februari 2004
Alamat Rumah : Jl. Duyung VI, Karya Makmur,
Pemali, Bangka,
RT/RW 001/002
Telp : +6283152744293
Hp : +6283152744293
Email : haradatganz@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 12 Sungailiat	2010-2016
SMP Negeri 5 Sungailiat	2016-2019
MAN 1 Bangka	2019-2022

Sungailiat, Desember 2025

Penulis

Haradat Tahrir Algaza

Lampiran 2:

Dokumentasi Sampel



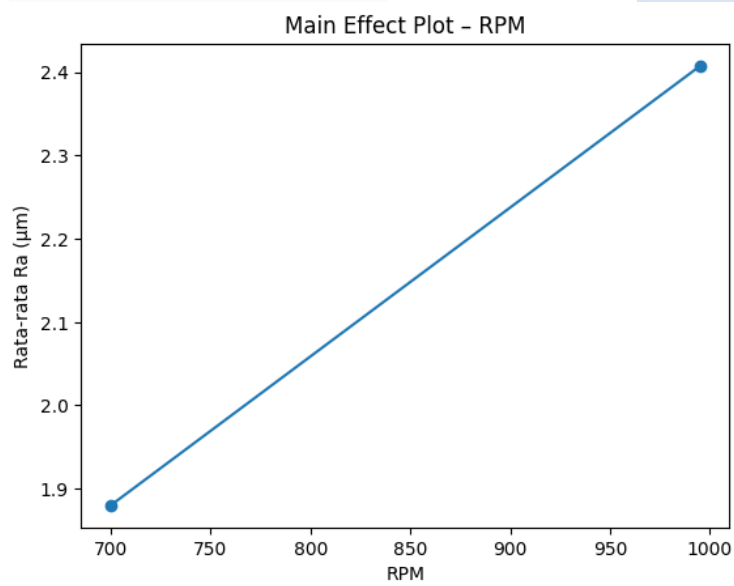
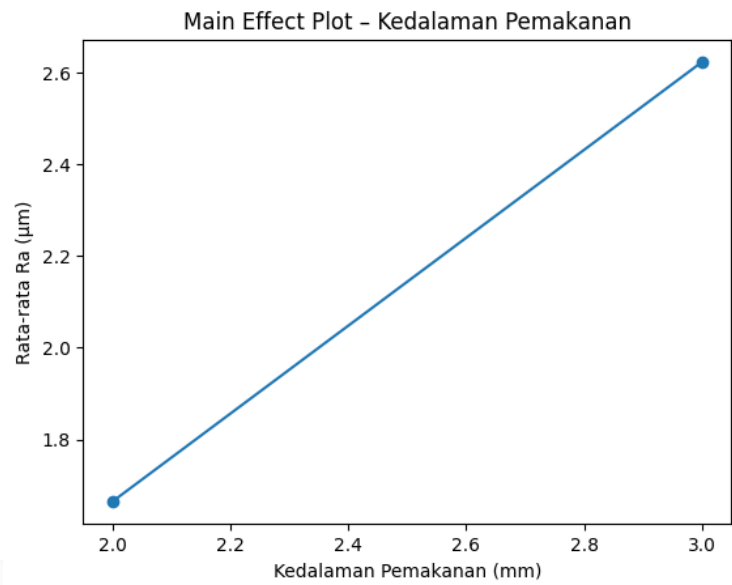
Lampiran 3:

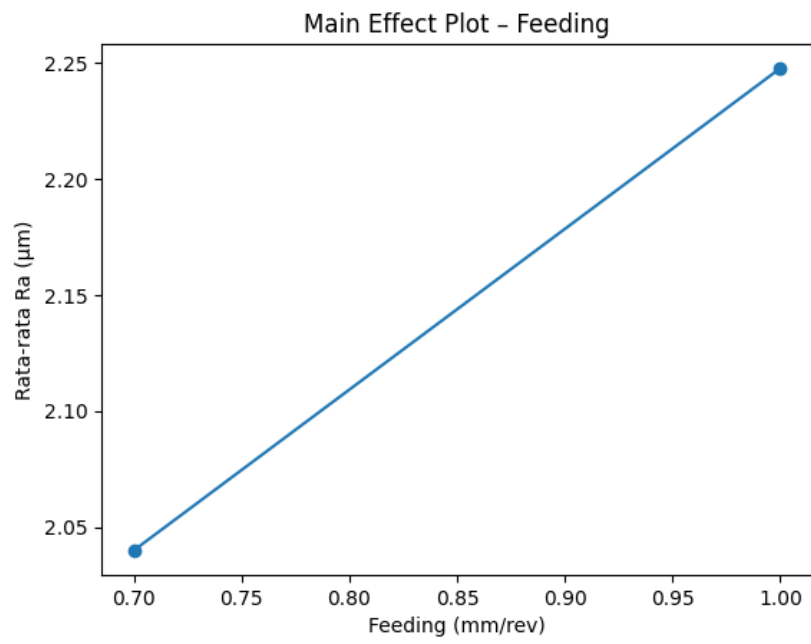
Proses Pengujian Sampel



Lampiran 4:


Grafik *Main Effect* Berdasarkan *Software* Minitab





Lampiran 5:

Cek Plagiasi

 Page 2 of 61 - Integrity Overview Submission ID: 13880521826




3% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

3%		Internet sources
0%		Publications
0%		Submitted works (Student Papers)


Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithm look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

 Page 2 of 61 - Integrity Overview Submission ID: 13880521826

Lampiran 6:

Poster

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH GETARAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES PEMBUBUTAN BAJA ST 60



LATAR BELAKANG

PROSES PEMBUBUTAN MERUPAKAN SALAH SATU PROSES PEMESINAN YANG BANYAK DIGUNAKAN DALAM INDUSTRI MANUFAKTUR, KHUSUSNYA UNTUK MENGHASILKAN KOMPONEN BERBENTUK SILINDER. KUALITAS HASIL PEMBUBUTAN SANGAT DIPENGARUHI OLEH PARAMETER PEMOTONGAN SEPERTI KEDALAMAN PEMAKANAN, PUTARAN SPINDLE, DAN LAJU PEMAKANAN. PENGATURAN PARAMETER YANG KURANG TEPAT DAPAT MENIMBULKAN GETARAN BERLEBIH, YANG BERDAMPAK LANGSUNG PADA PENINGKATAN KEKASARAN PERMUKAAN DAN GETARAN SERING DIABAIKAN KARENA TIDAK SELALU TERLIHAT SECARA LANGSUNG, PADAHAL GETARAN BERPERAN BESAR DALAM MENENTUKAN KESTABILAN PROSES PEMESINAN. GETARAN YANG TINGGI MENYEBABKAN INTERAKSI PAHAT DAN BENDA KERJA MENJADI TIDAK STABIL, SEHINGGA PERMUKAAN HASIL PEMBUBUTAN MENJADI KASAR DAN TIDAK SESUAI DENGAN SPESIFIKASI YANG DIINGINKAN.

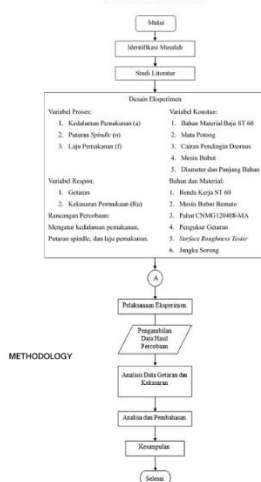
Mahasiswa:

Haradat Tahrir Algaza

DOSEN PEMBIMBING 1:
ROBERT NAPITUPULU, S.S.T., M.T.

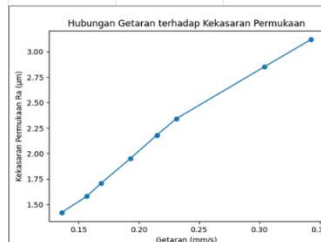
DOSEN PEMBIMBING 2:
ERWANSYAH, S.S.T., M.T.

METODOLOGI PENELITIAN

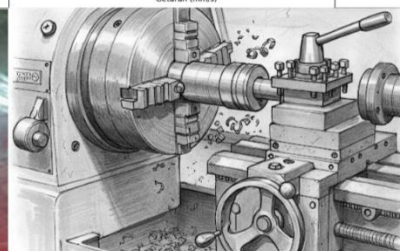


METHODOLOGY

No	DALAM POTONG (mm)	RPM ()	Feeding	Kekasaran Permukaan	Getaran
1	2	700	0,7	1,42	0,136
2	2	700	1	1,58	0,157
3	2	995	0,7	1,71	0,169
4	2	995	1	1,95	0,193
5	3	700	0,7	2,18	0,215
6	3	700	1	2,34	0,231
7	3	995	0,7	2,85	0,304
8	3	995	1	3,12	0,343



Grafik menunjukkan bahwa peningkatan getaran selama proses pembubutan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai kekasaran permukaan. Getaran menyebabkan pergerakan relatif antara pahat dan benda kerja menjadi tidak stabil, sehingga pola pemotongan tidak seragam dan meninggalkan permukaan yang lebih kasar.



RINGKASAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran permukaan benda kerja nomor 1 menghasilkan kualitas permukaan terbaik dengan nilai Ra sebesar 1,42 µm. Sebaliknya, benda kerja nomor 8 menunjukkan kualitas permukaan terburuk dengan nilai Ra sebesar 3,12 µm. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kombinasi parameter pembubutan yang menyebabkan peningkatan getaran selama proses pemotongan. Peningkatan laju pemakanan dari 0,7 mm/rev menjadi 1 mm/rev menyebabkan nilai kekasaran permukaan meningkat secara konsisten pada setiap variasi putaran spindle.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa getaran berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja ST 60. Peningkatan laju pemakanan dan kedalaman pemakanan cenderung meningkatkan nilai getaran, yang berdampak pada meningkatnya kekasaran permukaan. Kombinasi parameter pemotongan rendah menghasilkan proses pemesinan yang lebih stabil dan kualitas permukaan yang lebih baik.