

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH GETARAN TERHADAP
BENDA HASIL BUBUTAN DITINJAU DARI KEBULATAN
BENDA KERJA BAJA ST 60**

PROYEK AKHIR

Laporan dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan

Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Bangka Belitung



DISUSUN OLEH:

Anselmus Agung Wilko Yonico

NIM 1042204

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH GETARAN TERHADAP BENDA HASIL BUBUTAN DITINJAU DARI KEBULATAN BENDA KERJA BAJA ST 60

Oleh:

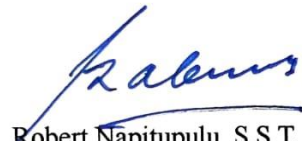
Anselmus Agung Wilko Yonico

NIM 1042204

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.
NIP.

Pembimbing 2


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

Penguji 1


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

Penguji 2


Muhammad Subhan, S.S.T., M.T.
NIP.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Anselmus Agung Wilko Yonico

NIM: 1042204

Dengan Judul : STUDI EKSPERIMEN PENGARUH GETARAN
TERHADAP BENDA HASIL BUBUTAN DITINJAU
DARI KEBULATAN BENDA KERJA 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, 25Desember 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Anselmus Agung Wilko Yonico



.....

ABSTRAK

Proses pembubutan merupakan metode pemesinan yang krusial untuk menghasilkan komponen silindris dengan akurasi geometrik tinggi, di mana kebulatan (roundness) menjadi parameter kualitas yang utama¹¹¹¹. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara getaran mesin dan kualitas kebulatan pada proses pembubutan baja ST 60². Metode eksperimen digunakan dengan memvariasikan tiga parameter pemesinan: kedalaman pemakanan (a), putaran spindle (n), dan laju pemakanan (f)³. Hasil penelitian menunjukkan bahwa getaran berperan sebagai faktor penghubung utama antara parameter pemesinan dan penyimpangan kebulatan⁴. Laju pemakanan ditemukan sebagai parameter paling dominan yang memengaruhi kualitas kebulatan; peningkatan laju pemakanan memicu gaya potong yang lebih besar dan amplitudo getaran yang lebih tinggi⁵. Kondisi pemesinan optimal diperoleh pada kedalaman pemakanan 2 mm, putaran spindle 700 rpm, dan laju pemakanan 0,7 mm/putaran, yang menghasilkan tingkat getaran terendah dan kualitas kebulatan terbaik⁶.

Kata Kunci: *Baja ST 60; Getaran; Kebulatan; Laju Pemakanan; Pembubutan*

ABSTRACT

The turning process is a crucial machining method for producing cylindrical components with high geometric accuracy, where roundness is a primary quality parameter. This study aims to analyze the relationship between machine vibration and roundness quality in the turning process of ST 60 steel⁸. An experimental method was employed by varying three machining parameters: depth of cut (a), spindle speed (n), and feed rate (f)⁹. The results indicate that vibration acts as the main linking factor between machining parameters and roundness deviation¹⁰. Feed rate was found to be the most dominant parameter affecting roundness quality; an increase in feed rate triggers larger cutting forces and higher vibration amplitudes¹¹. The optimal machining condition was obtained at a 2 mm depth of cut, 700 rpm spindle speed, and 0.7 mm/rev feed rate, which produced the lowest vibration levels and the best roundness quality

Keywords: *Feed Rate; Roundness; ST 60 Steel; Turning; Vibration.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan tugas akhir berjudul “*Studi eksperimen pengaruh getaran terhadap kualitas pembubutan baja ST 60*”.

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 Nanda Pranantaor, 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 Teman Teman warung ayuk Sari 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 seperjuangan yaitu seluruh Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin angkatan 2022 Polman Babel.
8. 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.

Sungailiat,

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iiii
ABSTRAK.....	ivv
<i>ABSTRACT</i>.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Mesin Bubut.....	4
2.1.1 Prinsip Kerja Pada Mesin Bubut	6
2.1.2 Komponen Utama Mesin Bubut.....	5
2.2 Kecepatan Putaran Mesin (RPM)	6
2.3 Kedalaman Pemakanan (<i>Depth of Cut – ap</i>)	8
2.4 Kecepatan <i>Spindle</i>	9
2.5 Material Baja St 60	10

2.6 Vibrasi/Getaran	13
2.7 Kualitas Kebulatan	14
2.8 Pengaruh Parameter Permesinan Terhadap Kebulatan	17
2.9 Interaksi Antar Parameter dan Pengaruh Getaran	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Tahapan-Tahapan Kegiatan	22
3.2 Identifikasi Masalah.....	23
3.3 Studi Literatur	24
3.4 Desain Eksperimen	24
3.5 Metode Penelitian.....	25
3.6 Pembuatan Sampel Uji	26
3.7 Persiapan Alat dan Bahan	27
3.8 Prosedur Pelaksanaan Eksperimen	31
3.9 Metode Pengumpulan Data	31
3.10 Metode Analisis Data.....	31
3.11 Kesimpulan.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan	33
4.2 Tabel Pengukuran Kebulatan Dengan Menggunakan Dial Indikator	34
4.3 Grafik Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Getaran	35
4.4 Grafik Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Kualitas Kebulatan	37
4.5 Grafik Hubungan Getaran terhadap Kualitas Kebulatan	38
4.6 Pembahasan Per Parameter.....	38
4.7 Ringkasan Pembahasan	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40

5.1 Kesimpulan.....	40
---------------------	----

5.2 Saran.....	41
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Unsur Kimia Baja ST 60	21
2.2 Baja-Baja Menurut DIN	21
2.3 Harga Kekasaran Menurut ISO/DIN.....	22
3.1 Struktur Matriks Percobaan	23
3.2 Struktur Percobaan.....	23
3.3 Kode Insert CNMG120408-MA.....	24
4.1 Data Hasil Percobaan	27
4.2 Pengukuran Kebulatan Dengan Dial Indicator.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Titik Koordinat Mesin Bubut.....	10
2.2 Komponen Utama Mesin Bubut Bemato	14
2.3 Standar ISO 10816-3	12
2.4 Profil Kebulatan pada Logam.....	12
3.1 Material Baja ST 60	14
3.2 Mesin Bubut Bemato.....	14
3.3 Pahat Bubut CNMG120408-MA	16
3.4 Alat Pengukur Getaran	17
3.5 Mikrometer	18
3.6 Jangka Sorong.....	18
4.1 Hubungan Feeding terhadap Getaran.....	26
4.2 Hubungan RPM terhadap Getaran	27
4.3 Feeding terhadap Kebulatan	27
4.4 RPM terhadap Kebulatan	28
4.5 Getaran terhadap Kebulatan	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Dokumentasi Sampel

Lampiran 3 Proses Pengujian Sampel

Lampiran 4 Grafik Main Effect (Minitab)

Lampiran 5 Hasil Cek Plagiasi

Lampiran 6 Poster



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembubutan (*turning*) merupakan salah satu proses pemesinan yang diterapkan banyak sekali dalam industri manufaktur untuk merapatkan komponen silindris dan permukaan yang presisi. Kualitas hasil proses pembubutan sangat tergantung pada beberapa parameter proses, di antaranya adalah kecepatan potong, kecepatan makan, kedalaman potong, jenis material, dan kondisi mesin. Salah satu dari beberapa parameter kualitas yang begitu essential adalah kekasaran permukaan (*surface roughness*), yang mempengaruhi fungsi, estetika, serta masa pakai suatu komponen mesin.

Proses permesinan merupakan proses yang sangat dibutuhkan pada pengerjaan manufaktur di industri saat ini. Salah satu permesinan yang paling sering ditemui saat ini adalah proses pembubutan. Mesin bubut merupakan salah satu metal cutting machine dengan gerak utama berputar, tempat benda kerja dicekam dan berputar pada sumbunya, sedangkan alat potong (*cutting tool*) bergerak memotong sepanjang benda kerja, sehingga akan terbentuk geram (Nurdjito dan Arifin, 2015).

Pada setiap proses permesinan akan menghasilkan getaran yang timbul dari berbagai sumber pemicu dan akan mempengaruhi kualitas hasil permesinan. Penelitian ini tentang karakteristik getaran dan tingkat kekasaran permukaan (*surface roughness*) akibat pengaruh parameter pemotongan pada operasi up-milling. Penelitian ini mengkombinasikan tiga parameter pemotongan yaitu gerak insut benda kerja, kedalaman pemotongan dan kecepatan putaran spindel (Hammada Abbasa, Yafet Bontonga, Yusran Aminya 2013).

Sebagian besar aplikasi industri permesinan adalah logam. Meskipun proses pemotongan logam telah menolak analisis teoretis karena kerumitannya, penerapan proses ini di dunia industri tersebar luas. Proses pemesinan dilakukan pada berbagai peralatan mesin. Contoh lain dari peralatan mesin dasar adalah mesin giling, bor

tekan, penggiling, pembentuk, mesin penggerek, dan gergaji (ASM Internasional, 1995).

Menurut Mahani (2013), Mesin bubut konvensional merupakan salah satu jenis mesin yang paling banyak digunakan pada bengkel-bengkel pemesinan baik itu di industri manufaktur, lembaga pendidikan kejuruan dan lembaga diklat atau pelatihan. Fungsi mesin bubut standar pada prinsipnya sama dengan mesin bubut lainnya, yaitu untuk: membubut muka/facing, rata lurus/bertingkat, tirus, alur, ulir, bentuk, mengebor, memperbesar lubang, mengkartel, memotong dan lain-lain.

Getaran yang terjadi pada mesin produksi biasanya menimbulkan efek yang tidak dikehendaki: seperti kebisingan, kurangnya tingkat kepresisian dalam pengukuran atau rusaknya struktur mesin. Getaran yang terjadi karena adanya eksitasi baik yang berasal dari dalam putaran mesin maupun luar sistem, akan tetapi efek getaran yang ditimbulkan sangat tergantung dari frekuensi eksitasi tersebut dan elemen-elemen dari sistem getaran itu sendiri (Rukma dkk, 2021).

Studi ini akan berfokus pada baja St 60, material yang umum digunakan dalam pembuatan komponen mesin karena kekuatannya yang tinggi, namun juga menantang dalam pemesinan karena sifatnya yang keras dan ulet.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa proses pembubutan merupakan proses pemesinan yang sangat penting dalam industri manufaktur karena berperan langsung dalam menghasilkan komponen silindris dengan tingkat presisi geometrik yang tinggi. Salah satu parameter kualitas yang krusial dalam proses ini adalah kebulatan (roundness), yang sangat dipengaruhi oleh kondisi pemesinan dan stabilitas mesin.

Getaran yang timbul selama proses pembubutan, baik akibat pemilihan parameter pemotongan yang tidak tepat maupun keterbatasan kekakuan sistem mesin, dapat menurunkan kualitas kebulatan benda kerja. Hal ini menjadi semakin signifikan pada proses pembubutan baja ST 60, yang memiliki kekuatan dan kekerasan relatif tinggi sehingga lebih rentan menimbulkan gaya potong besar dan getaran.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh tingkat getaran yang terjadi selama proses pembubutan terhadap kebulatan (roundness) benda kerja baja ST 60?
2. Bagaimana hubungan antara besarnya getaran dengan nilai penyimpangan kebulatan hasil pembubutan baja ST 60?

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. pengaruh getaran selama proses pembubutan terhadap kebulatan (roundness) pada baja ST 60.
2. Mengetahui hubungan antara tingkat getaran dengan penyimpangan kebulatan hasil pembubutan baja ST 60.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Mesin Bubut

Mesin bubut manual, atau sering disapa *Lathe* dalam bahasa Inggris adalah sebuah perangkat perkakas yang gagah, seringkali menjadi “jantung” dalam permesinan. Alat ini diciptakan untuk membentuk benda kerja (biasanya berbentuk silinder) dengan cara memutar benda kerja tersebut pada porosnya, sementara sebuah pahat potong yang tajam (pisau pemotong) digerakkan maju-mundur atau menyamping untuk mengikis, menghaluskan, atau membentuk material sesuai keinginan kita.

2.1.1 Prinsip Kerja Pada Mesin Bubut

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

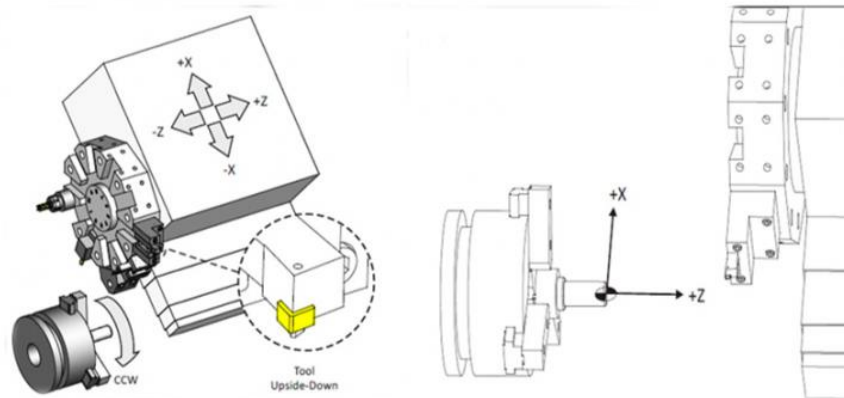
1) Gerakan Utama (Rotasi)

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) Gerakan Makan (Sayatan/*Feed*)

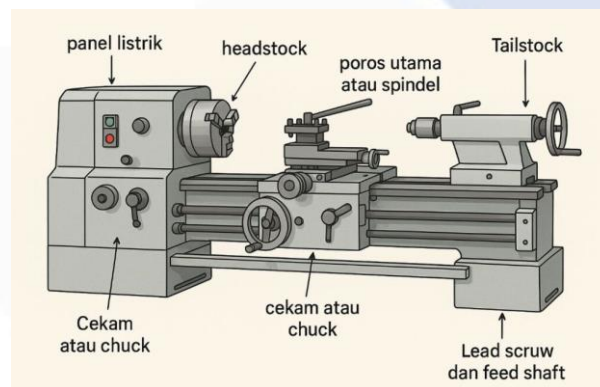
Pahat potong yang terpasang kokoh digerakkan oleh operator. Gerakan ini bisa berupa:

- **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

2.1.2 Komponen Utama Mesin Bubut



Gambar 2. 2 Komponen Utama Mesin Bubut

- 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.

2.2 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.

2.2.1 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.

2.2.2 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.

2.2.3 Perhitungan dasar RPM

Rumus dasar menghitung RPM pada mesin bubut adalah:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Dimana:

V = kecepatan potong (m/min)

π = konstan seharga (3,14)

d = diameter

n = kecepatan putar poros utama (rpm)

2.3 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) Kebulatan: Kedalaman pemakanan memiliki pengaruh terhadap kualitas kebulatan melalui mekanisme peningkatan getaran. Pada kedalaman pemakanan yang relatif kecil, gaya potong cenderung lebih rendah sehingga proses pemotongan berlangsung lebih stabil dan menghasilkan kebulatan yang lebih baik. Sebaliknya, pada kedalaman pemakanan yang lebih besar, peningkatan gaya potong dan getaran dapat menyebabkan deformasi elastis maupun plastis pada sistem pemesinan, yang akhirnya memperbesar nilai penyimpangan kebulatan.
- 4) Stabilitas Proses: Ke dalamnya makan yang terlalu besar juga bisa mengganggu stabilitas 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 kebulatan. 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:

$$a_p = \frac{D_{awal} - D_{akhir}}{2}$$

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)

2.4 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:

$$V_f = f \cdot n$$

Dimana:

- V = Kecepatan gerak pemakanan (m/min)

- f = Gerak makan (mm/rev)
- n = Putaran benda kerja (rad/min)

- 2) Kebulatan: Kecepatan spindle memiliki peran penting dalam menentukan kestabilan proses pemotongan. Pada kecepatan spindle yang relatif rendah, proses pemotongan cenderung tidak stabil akibat gaya potong yang bekerja secara periodik. Kondisi ini dapat memicu getaran, sehingga lintasan pemotongan pahat menjadi tidak konsentris terhadap sumbu putar benda kerja dan menyebabkan penyimpangan kebulatan.
- 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 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.

2.5 Material Baja St 60

2.5.1 Pengertian Baja ST 60

Baja ST 60 merupakan salah satu jenis baja karbon menengah (*medium carbon steel*) yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi teknik. Penamaan "ST" merujuk pada *Stahl* (bahasa Jerman untuk baja), dan angka "60" menunjukkan perkiraan kekuatan tarik minimum baja tersebut dalam satuan kg/mm². 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

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

Tabel 2. 3 Baja-Baja Menurut DIN

DIN	σ_b kg/mm ²	σ_b 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

2.5.2 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) Modulus elastisitas berkisar sekitar 200 MPa. (menunjukkan tingkat kekakuan material terhadap deformasi elastis)

2.5.3 Penggunaan Baja ST 60 dalam Teknik Permesinan

Baja ST 60 merupakan salah satu baja karbon menengah yang banyak digunakan dalam bidang teknik permesinan, khususnya untuk pembuatan komponen mesin yang memerlukan kekuatan mekanik dan ketelitian dimensi yang

cukup tinggi. Dalam proses pemesinan, terutama pembubutan, baja ST 60 sering diaplikasikan pada pembuatan poros, as, pin, dan komponen silindris lainnya yang menuntut kualitas kebulatan yang baik.

Sifat mekanik baja ST 60 yang memiliki kekuatan tarik dan kekerasan relatif tinggi menyebabkan material ini mampu menahan beban kerja yang besar, namun pada saat yang sama menimbulkan gaya potong yang cukup tinggi selama proses pemesinan. Gaya potong yang besar tersebut dapat memicu terjadinya getaran, yang secara langsung memengaruhi kestabilan proses pemotongan dan kualitas kebulatan benda kerja.

Dalam konteks kualitas kebulatan, pemesinan baja ST 60 memerlukan pengaturan parameter pemotongan yang tepat, seperti putaran spindle, laju pemakanan, dan kedalaman pemakanan. Pemilihan parameter yang tidak sesuai dapat menyebabkan terjadinya getaran berlebih, defleksi pahat, serta ketidakteraturan lintasan pemotongan, yang pada akhirnya meningkatkan penyimpangan kebulatan.

Oleh karena itu, dalam teknik permesinan, penggunaan baja ST 60 untuk komponen dengan tuntutan kebulatan tinggi harus mempertimbangkan kestabilan sistem pemesinan. Pengendalian getaran melalui pemilihan parameter pemotongan yang optimal, penggunaan pahat yang sesuai, serta sistem pencekaman yang kaku menjadi faktor penting dalam menghasilkan kebulatan yang baik pada proses pembubutan baja ST 60.

Karena kombinasi kekuatan dan kebulatannya 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 kebulatan yang diperoleh. Sifat mampu mesin (*machinability*) baja ST 60 tergolong sedang, dan perlu pertimbangan khusus untuk mencapai kebulatan yang optimal.

2.6 Vibrasi/Getaran

Vibrasi pada proses pemesinan adalah fenomena dinamik yang dapat timbul karena beberapa penyebab, seperti ketidakseimbangan mesin, struktur kekakuan yang rendah, gesekan antara benda kerja dan pahat, serta diskontinuitas pemotongan. Vibrasi yang terjadi selama proses pembubutan ialah fenomena getaran yang muncul selama proses pembubutan akibat gaya potong dan ketidaksempurnaan sistem mesin, yang mengakibatkan ketidakaturan kontak pahat dengan benda kerja dan berdampak pada meningkatnya penyimpangan kebulatan dan juga dapat memberikan pengaruh negatif terhadap kebulatan, akurasi dimensi, umur pahat, serta dapat menghasilkan kebisingan. 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		Medium sized machines 15 kW < P ≤ 300 kW		Large machines 300 kW < P < 50 MW			
mm/s rms	in/sec rms	Radial, axial, mixed flow							
11	0.44				D				
7.1	0.28				C				
4.5	0.18				B				
3.5	0.11				A				
2.8	0.07				A				
2.3	0.04				A				
1.4	0.03				A				
0.71	0.02				A				
Foundation		Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible

A New machine condition
B Unlimited long-term operation allowable

C Short-term operation allowable
D Vibration causes damage

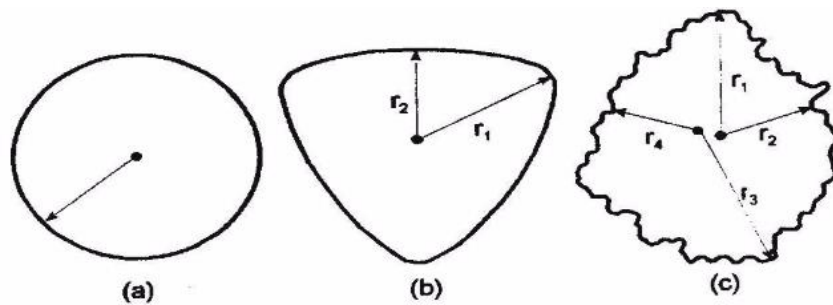
Gambar 2. 3 Standar ISO 10816-3

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.

2.7 Kebulatan

2.7.1 Pengertian Kebulatan

Kebulatan adalah sebuah parameter yang Kebulatan didefinisikan sebagai jarak maksimum antara profil aktual objek dan lingkaran referensi yang paling cocok (baik secara minimal atau maksimal). Ini sering diukur menggunakan instrumen seperti profilometer atau mesin koordinat pengukur (CMM). Toleransi kebulatan biasanya dinyatakan dalam satuan mikrometer (μm) atau milimeter (mm), tergantung pada aplikasi dalam mengevaluasi kualitas suatu produk selesai pemesinan.



Gambar 2. 4 Contoh Profil Kebulatan Pada Logam

2.7.2 Faktor-Faktor Yang Memengaruhi

Kebulatan (roundness) merupakan salah satu parameter ketelitian geometrik yang sangat penting pada komponen silindris hasil proses pembubutan. Penyimpangan kebulatan menunjukkan seberapa besar profil aktual benda kerja menyimpang dari bentuk lingkaran ideal. Dalam proses pembubutan, kualitas kebulatan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan, baik yang berasal dari parameter pemesinan, kondisi mesin, maupun karakteristik material. Faktor-faktor utama yang memengaruhi kebulatan antara lain sebagai berikut.

1. Parameter Pemesinan

Parameter pemesinan memiliki pengaruh langsung terhadap stabilitas proses pemotongan dan ketelitian geometrik hasil pembubutan.

Putaran Spindle (RPM)

Putaran spindle memengaruhi kecepatan potong dan kestabilan pemotongan. RPM yang terlalu rendah dapat menyebabkan pemotongan tidak kontinu, sedangkan RPM yang terlalu tinggi berpotensi memicu getaran dan chatter. Pemilihan RPM yang tepat akan menghasilkan pemotongan yang lebih stabil dan meningkatkan kualitas kebulatan.

Laju Pemakanan (Feeding)

Laju pemakanan berpengaruh signifikan terhadap kebulatan. Feeding yang besar meningkatkan gaya potong dan beban dinamis pada sistem pemesinan, sehingga

berpotensi menimbulkan getaran. Getaran tersebut menyebabkan lintasan pemotongan menjadi tidak konsentris terhadap sumbu putar benda kerja dan menghasilkan penyimpangan kebulatan yang lebih besar.

Kedalaman Pemakanan (Depth of Cut)

Kedalaman pemakanan memengaruhi besarnya gaya potong. Semakin besar kedalaman pemakanan, semakin besar gaya potong yang terjadi, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya getaran. Meskipun pengaruhnya terhadap kebulatan bersifat tidak langsung, kedalaman pemakanan yang terlalu besar dapat memperburuk kebulatan melalui peningkatan getaran sistem.

2. Getaran (Vibrasi)

Getaran merupakan faktor dominan yang sangat memengaruhi kualitas kebulatan. Getaran menyebabkan pergerakan relatif antara pahat dan benda kerja menjadi tidak stabil, sehingga profil hasil pemotongan tidak lagi berbentuk lingkaran sempurna. Getaran dapat berasal dari ketidakseimbangan spindle, kekakuan mesin yang rendah, pengepakan yang kurang baik, maupun kombinasi parameter pemesinan yang tidak optimal. Semakin besar amplitudo getaran yang terjadi, semakin besar pula penyimpangan kebulatan yang dihasilkan.

3. Kekakuan Sistem Mesin dan Pengepakan

Kekakuan sistem mesin bubut, termasuk kekakuan spindle, tool holder, dan pengepakan benda kerja, sangat berpengaruh terhadap kebulatan. Sistem yang kurang kaku mudah mengalami defleksi saat menerima gaya potong, sehingga sumbu putar benda kerja dapat bergeser selama proses pemotongan. Hal ini menyebabkan hasil pembubutan tidak konsentris dan menurunkan kualitas kebulatan.

4. Kondisi dan Geometri Pahat

Kondisi pahat, seperti keausan, kerusakan ujung pahat, dan geometri pahat (radius hidung pahat, sudut rake, dan sudut clearance), turut memengaruhi

kebulatan. Pahat yang aus atau memiliki geometri yang tidak sesuai dapat meningkatkan gaya potong dan memicu getaran, sehingga berdampak negatif pada kebulatan hasil pembubutan.

5. Karakteristik Material Benda Kerja

Sifat mekanik material, seperti kekerasan dan keuletan, memengaruhi respons material terhadap gaya potong. Baja ST 60 memiliki kekuatan dan kekerasan yang relatif tinggi, sehingga menghasilkan gaya potong yang besar selama proses pembubutan. Kondisi ini meningkatkan potensi terjadinya getaran apabila parameter pemesinan tidak diatur dengan tepat, yang pada akhirnya dapat menurunkan kualitas kebulatan.

6. Kondisi Lingkungan dan Pendinginan

Penggunaan cairan pendingin (coolant) berperan dalam mengurangi panas dan gesekan selama proses pemotongan. Pendinginan yang baik dapat membantu menurunkan keausan pahat dan menjaga kestabilan proses pemesinan, sehingga berkontribusi pada peningkatan kualitas kebulatan.

2.8 Pengaruh Parameter Permesinan Terhadap Kebulatan

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

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

Kedalaman pemakanan (*depth of cut*, d) merupakan salah satu parameter penting dalam proses pembubutan yang menunjukkan jarak radial pahat masuk ke dalam benda kerja pada setiap lintasan pemotongan. Variasi kedalaman pemakanan berpengaruh langsung terhadap besar gaya potong yang terjadi selama proses pemesinan. Semakin besar kedalaman pemakanan, maka semakin besar pula volume material yang dipotong, sehingga gaya potong yang dihasilkan akan meningkat.

Peningkatan gaya potong akibat kedalaman pemakanan yang lebih besar dapat menyebabkan sistem pemesinan menjadi kurang stabil, terutama pada mesin bubut konvensional dengan kekakuan terbatas. Kondisi ini berpotensi menimbulkan getaran yang lebih tinggi selama proses pembubutan. Getaran tersebut tidak hanya mempengaruhi kestabilan pahat, tetapi juga berdampak langsung pada akurasi geometrik benda kerja, khususnya pada kualitas kebulatan.

2.8.2 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:

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

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

2.8.3 Gerak Makan (*Feeding, f*)

Gerak makan (*feeding, f*) merupakan jarak perpindahan pahat sepanjang permukaan benda kerja dalam satu putaran spindel dan umumnya dinyatakan dalam satuan mm/putaran. Parameter ini memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kualitas kebulatan hasil pembubutan karena secara langsung memengaruhi gaya potong, stabilitas pemotongan, serta pola lintasan pahat terhadap sumbu putar benda kerja.

Pada proses pembubutan, peningkatan gerak makan akan menyebabkan bertambahnya ketebalan geram yang terbentuk. Kondisi ini mengakibatkan gaya potong meningkat, sehingga beban dinamis yang bekerja pada sistem pemesinan (pahat–benda kerja–mesin) juga semakin besar. Peningkatan gaya potong tersebut dapat memicu terjadinya getaran, baik getaran paksa maupun getaran chatter, yang

berdampak langsung pada ketidakstabilan lintasan pahat selama proses pemotongan.

Ketidakstabilan lintasan pahat akibat gerak makan yang tinggi menyebabkan pemotongan tidak lagi berlangsung secara konsentris terhadap sumbu putar benda kerja. Akibatnya, diameter hasil pembubutan pada setiap sudut pengukuran menjadi tidak seragam, sehingga nilai penyimpangan kebulatan meningkat. Dengan kata lain, semakin besar nilai gerak makan yang digunakan, maka kecenderungan terjadinya penyimpangan kebulatan juga semakin besar.

Sebaliknya, penggunaan gerak makan yang lebih rendah menghasilkan gaya potong yang lebih kecil dan proses pemotongan yang lebih stabil. Kondisi ini memungkinkan pahat mengikuti lintasan pemotongan yang lebih konsisten dan mendekati sumbu putar ideal, sehingga kebulatan benda kerja menjadi lebih baik. Selain itu, gerak makan rendah juga membantu mengurangi amplitudo getaran yang terjadi selama proses pembubutan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa gerak makan merupakan parameter pemesinan yang paling dominan dalam memengaruhi kualitas kebulatan. Pemilihan nilai gerak makan yang terlalu besar dapat memperburuk kebulatan akibat meningkatnya getaran dan ketidakstabilan proses pemotongan.

2.9 Perhitungan penyimpangan kebulatan

Pengukuran kebulatan pada penelitian ini dilakukan menggunakan **micrometer sekrup** dengan metode pengukuran multi-titik di sekeliling benda kerja. Micrometer digunakan untuk mengukur diameter benda kerja pada beberapa posisi sudut guna mengetahui penyimpangan bentuk dari lingkaran ideal.

2.1.3 Langkah Pengukuran

1. Benda kerja hasil pembubutan ditempatkan pada permukaan yang stabil.
2. Pengukuran diameter dilakukan menggunakan micrometer pada **beberapa titik berbeda** di sepanjang keliling benda kerja (misalnya 6 titik pengukuran).

3. Setiap titik diukur dengan posisi sudut yang berbeda ($\pm 60^\circ$ untuk 6 titik).
4. Hasil pengukuran dicatat dalam satuan milimeter (mm).
5. Dari seluruh data pengukuran, ditentukan nilai **diameter maksimum (D_max)** dan **diameter minimum (D_min)**.

2.1.4 Rumus Penyimpangan Kebulatan

Penyimpangan kebulatan dihitung berdasarkan selisih antara diameter maksimum dan diameter minimum, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kebulatan} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2}$$

Keterangan:

- $D_{\max}$ = diameter maksimum hasil pengukuran (mm)
- $D_{\min}$ = diameter minimum hasil pengukuran (mm)

2.10 Interaksi Antar Parameter dan Pengaruh Getaran

Perlu diingat bahwa pengaruh dari masing-masing parameter pemessinan tidak selalu independen. Interaksi antara kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, dan gerak makan dapat mempengaruhi gaya potong, suhu pemessinan, dan terutama, tingkat getaran yang terjadi selama proses pembubutan.

Dalam proses pembubutan, setiap parameter pemessinan tidak bekerja secara terpisah, melainkan saling berinteraksi satu sama lain dan secara bersama-sama memengaruhi kestabilan proses pemotongan. Parameter utama seperti kedalaman pemakanan, putaran spindle, dan laju pemakanan akan menentukan besarnya gaya potong yang terjadi. Gaya potong inilah yang menjadi sumber utama timbulnya getaran selama proses pembubutan.

Interaksi antara kedalaman pemakanan dan laju pemakanan memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat getaran. Kedalaman pemakanan yang besar dikombinasikan dengan laju pemakanan tinggi akan meningkatkan volume material yang dipotong dalam satuan waktu, sehingga gaya potong menjadi lebih besar. Kondisi ini dapat menurunkan kestabilan sistem mesin–pahat–benda kerja dan memicu getaran dengan amplitudo yang lebih tinggi. Getaran yang meningkat

menyebabkan pahat tidak bergerak secara konsisten terhadap sumbu putar benda kerja, sehingga menghasilkan penyimpangan kebulatan yang lebih besar.

Putaran spindle juga berinteraksi dengan parameter lainnya dalam mempengaruhi getaran. Pada putaran spindle yang relatif rendah, gaya potong cenderung bekerja secara tidak merata sehingga memungkinkan terjadinya getaran periodik. Sebaliknya, pada putaran spindle yang lebih tinggi, proses pemotongan dapat berlangsung lebih kontinu dan stabil selama masih berada dalam batas kemampuan mesin. Namun, apabila putaran spindle tinggi dikombinasikan dengan kedalaman pemakanan dan laju pemakanan yang besar, maka potensi terjadinya chatter akan meningkat dan justru memperburuk kualitas kebulatan.

Getaran yang terjadi selama proses pembubutan berperan sebagai faktor penghubung antara parameter pemesinan dan kualitas kebulatan. Getaran menyebabkan terjadinya gerakan relatif yang tidak diinginkan antara pahat dan benda kerja, sehingga lintasan pemotongan menjadi tidak konsentris terhadap sumbu putar. Akibatnya, profil hasil pembubutan menjadi tidak seragam dan nilai kebulatan meningkat.

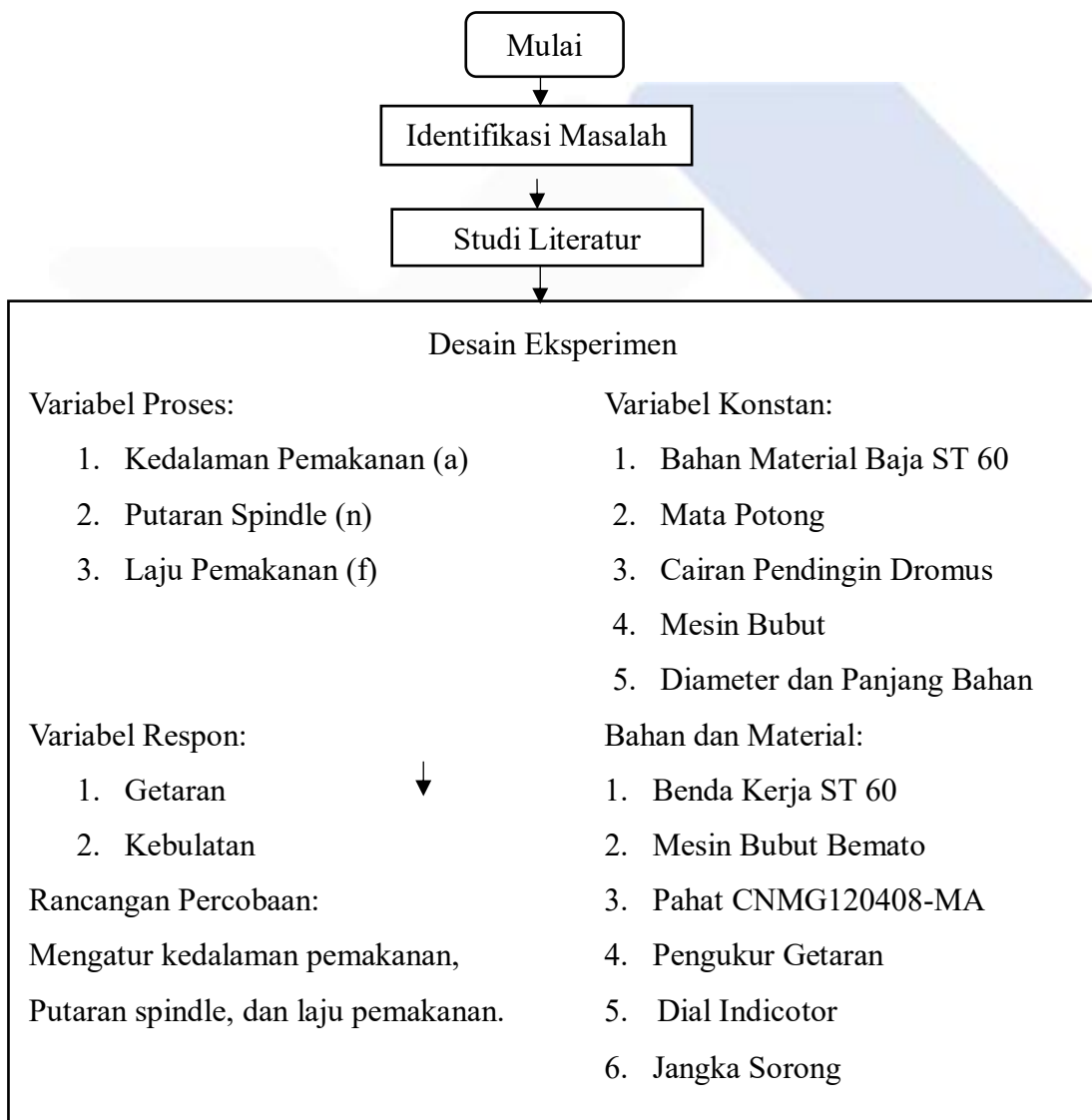
Oleh karena itu, pengendalian getaran melalui pemilihan kombinasi parameter pemesinan yang tepat menjadi sangat penting untuk memperoleh kualitas kebulatan yang baik. Kombinasi kedalaman pemakanan yang moderat, laju pemakanan rendah, serta putaran spindle yang sesuai dengan karakteristik material baja ST 60 dapat menghasilkan proses pemotongan yang lebih stabil, tingkat getaran yang rendah, dan kebulatan benda kerja yang lebih presisi

BAB III

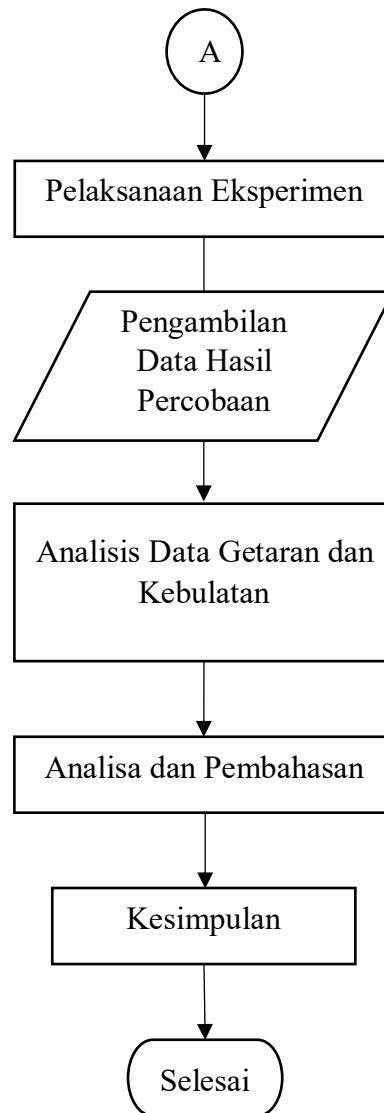
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan-Tahapan Kegiatan

Tahapan penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir yang dapat dilihat di bawah ini untuk mengetahui langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan



selanjutnya.



3.2 Identifikasi Masalah

Pembubutan proses adalah salah satu proses pemesinan yang diimplementasikan secara luas di industri manufaktur. Kelas kebulatan produk hasil pembubutan menjadi salah satu rancu utama yang mempengaruhi kinerja dan keselindiran estetik produk akhir. Getaran yang dihasilkan selama proses pembubutan bisa memberikan pengaruh berarti terhadap kelas kebulatan, yaitu kebulatan. 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 kebulatan 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) Kebulatan (μm): Nilai kebulatan diperoleh dari selisih antara nilai maksimum dan minimum hasil pengukuran diameter benda kerja setelah proses pembubutan.
- 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

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 akan 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) Kebulatan (*Roundness*): Pengukuran kebulatan dilakukan menggunakan Micrometer dengan metode pengukuran 6 titik pada keliling benda kerja, kemudian dihitung selisih antara nilai maksimum dan minimum hasil pengukuran.

. 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 (<i>d</i>)	Kecepatan Spindle (<i>N</i>)	Laju Pemakanan (<i>f</i>)
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.

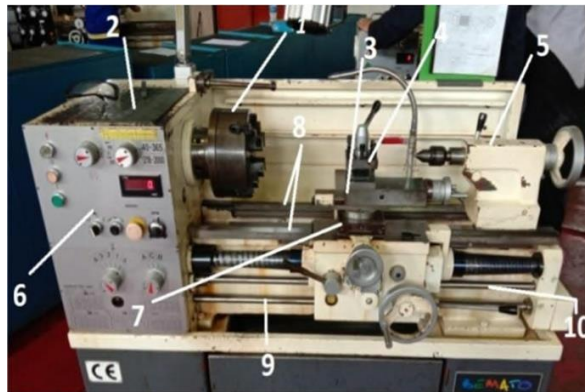


Gambar 3. 1 Material Baja St 60

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. 2 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. 3 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 ini cocok untuk pemesinan baja (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 (VIBROPORT 80)

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



Gambar 3. 4 Alat Pengukur Getaran (VIBROPORT 80)

3.7.5. Micrometer

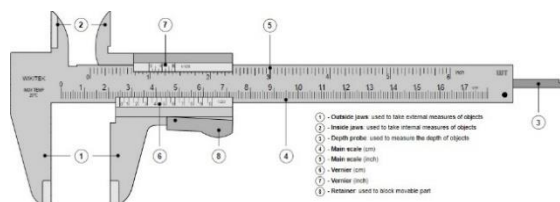
Alat pengukur Kebulatan dalam penelitian ini adalah *Micrometer* gambar dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3. 5 Alat Pengukur Kebulatan

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. 6 Alat Pengukur Diameter dan Panjang Benda Kerja

3.8 Prosedur Pelaksanaan Eksperimen

Bagian ini akan menjelaskan seluruh detail langkah yang akan dijalani pada waktu eksperimen, diantaranya:

- 1) Persiapan Benda Kerja: benda kerja yang digunakan adalah baja ST 60 yang memiliki dimensi yang seragam.
- 2) Pemasangan benda kerja: benda kerja dicengkeram pada mesin bubut sesuai dengan cara tetap.
- 3) Persiapan Pahat Bubut: Pahat bubut yang akan digunakan dipasang, dipilih atau diasah sesuai dengan yang dibutuhkan.
- 4) *Setting* Mesin Bubut: Parameter yang digunakan yaitu kedalaman pemakanan, kecepatan putaran pahat, dan laju pemakanan telah ditentukan dalam matrik perancangan.
- 5) Bubut: bubut akan dilakukan untuk semua kombinasi parameter.
- 6) Pengukuran Kualitas Kebulatan: Letakkan benda kerja silindris di atas V-block. Pasang dial indicator sehingga ujung kontak menyentuh permukaan benda kerja secara radial. Putar benda kerja 360° secara perlahan. Catat nilai simpangan maksimum (maks) dan minimum (min). Hitung kebulatan dengan rumus:
$$\text{Kebulatan} = \text{nilai maks} - \text{nilai min}.$$

3.9 Metode Pengumpulan Data

Data yang akan diambil dalam penelitian ini mencakup:

1. Nilai kebulatan untuk setiap uji coba.
2. Data getaran (amplitudo dan/atau frekuensi) untuk setiap percobaan (apabila diukur).
3. Catatan tentang keadaan selama percobaan (contohnya, suara tidak biasa, tampilan kebulatan).

3.10 Metode Analisis Data

Analisa pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Metode eksperimental, dimana akan dilakukan pengumpulan data dan perhitungan, serta pengujian data serta penerapan rumus-rumus pada data hasil percobaan. Tujuannya

untuk mengetahui parameter proses paling berpengaruh terhadap getaran dan Kebulatan.

3.11 Kesimpulan

Pada tahap ini adalah tahap terakhir dari penelitian dimana penulis melakukan dari hasil percobaan sehingga diketahui hasil akhir dari tersebut.



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 Kebulatan.

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

	Kedalaman Pemakanan (d) (mm)	RPM (N)	<i>Feeding</i> (f) (mm/putaran)	Kualitas Kebulatan (μm)	Kondisi Getaran (mm)
1	2	700	0,7	3	0,136
2	2	700	1	4	0,157
3	2	995	0,7	3	0,169
4	2	995	1	4	0,193
5	3	700	0,7	4	0,215
6	3	700	1	6	0,231
7	3	995	0,7	5	0,304
8	3	995	1	5	0,312

Berdasarkan tabel di atas di dapat nilai tertinggi ada pada eksperimen ke 8 dengan Rpm 995, *feeding* 1 mm/putaran menghasilkan getaran 0,343 mm/s dan kualitas kebulatan 0,015 μm . Dan yang terendah ada pada eksperimen ke 1 dengan Rpm 700, *feeding* 0,7 mm/putaran menghasilkan getaran 0,136 mm/s dan kualitas kebulatan 0,006 μm .

4.2 Tabel Pengukuran Kebulatan Dengan Menggunakan Micrometer

Tabel 4. 2 Pengukuran Kebulatan Dengan Micrometer

No	Titik 1 (mm)	Titik 2 (mm)	Titik 3 (mm)	Titik 4 (mm)	Titik 5 (mm)	Titik 6 (mm)	Nilai Maks (mm)	Nilai Min (mm)	Kebulatan (μm)
1	29,006	29,004	29,005	29,003	29,004	29,005	29,006	29,003	3
2	29,010	29,007	29,009	29,006	29,008	29,009	29,010	29,006	4
3	29,006	29,009	29,008	29,006	29,007	29,008	29,009	29,006	3
4	29,009	29,012	29,011	29,009	29,010	29,011	29,012	29,009	4
5	28,008	28,012	28,010	28,009	28,010	28,011	28,012	28,008	4
6	28,011	28,017	28,013	28,012	28,013	28,014	28,017	28,011	6
7	28,010	28,016	28,013	28,012	28,013	28,014	28,016	28,011	5
8	28,014	28,019	28,017	28,015	28,016	28,018	28,019	28,014	5

Untuk menyatakan hasil dalam satuan mikrometer (μm), maka hasil perhitungan dikonversi sebagai berikut:

$$\text{Kebulatan} = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}}{2}$$

Contoh Perhitungan

Misalnya diperoleh hasil pengukuran diameter benda kerja sebagai berikut:

Titik Diameter (mm)

- 1 29,006
- 2 29,004
- 3 29,005
- 4 29,003
- 5 29,004
- 6 29,005

Maka

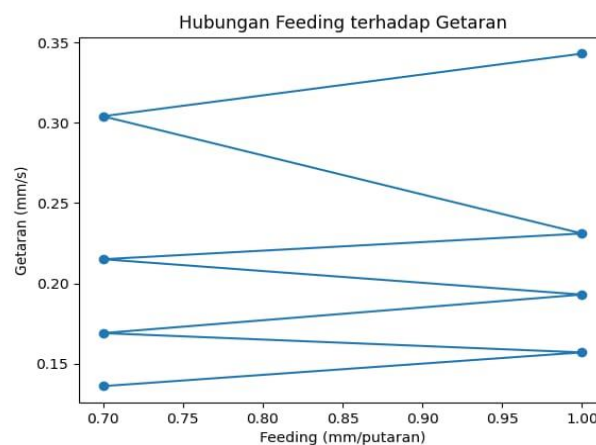
- $D_{maks}=29,006$
- $D_{min}=29,003$

$$\Delta R = 29,006 - 29,003 = 0,003 \text{ mm}$$

$$t\Delta R = 0,003 \times 1000 = 3 \mu\text{m}$$

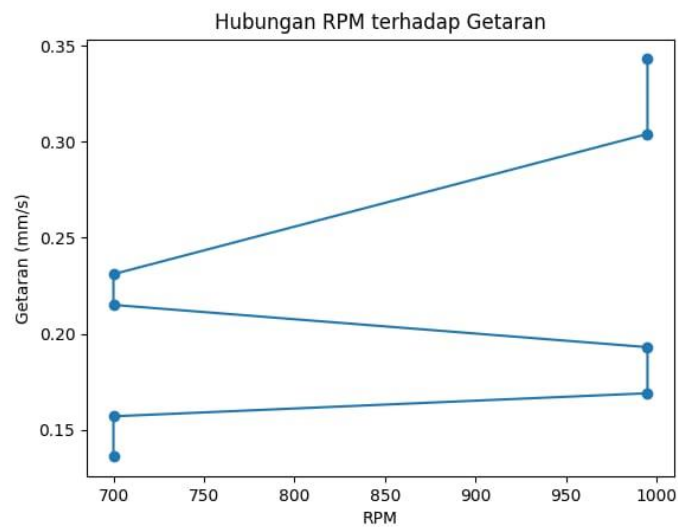
Penelitian ini mengukur kebulatan menggunakan alat Micrometer yang di mana di ambil 6 titik pengukuran di setiap sampel pengujian. Dan kemudian di dapatkan nilai kualitas kebulatan di akhir dengan menghitung nilai maksimal dikurangi nilai minimal kebulatannya.

4.3 Grafik Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Getaran



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan *Feeding* terhadap Getaran

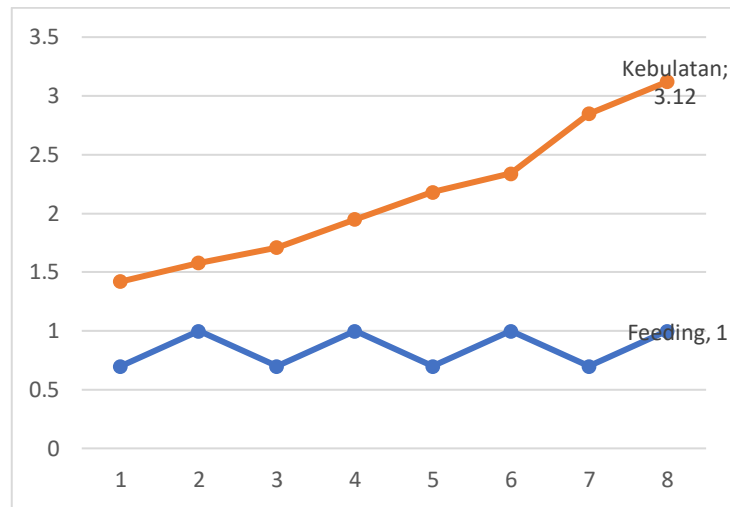
Grafik menunjukkan bahwa peningkatan laju pemakanan cenderung diikuti oleh peningkatan nilai getaran. Hal ini terjadi karena semakin besar *feeding*, gaya potong yang bekerja pada pahat juga semakin besar, sehingga sistem pemesinan menjadi kurang stabil.



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan RPM terhadap Getaran

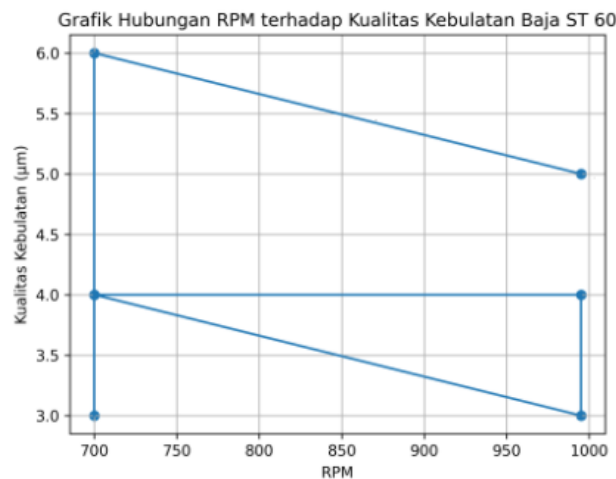
Pada putaran *spindle* yang lebih tinggi, getaran cenderung lebih stabil dibandingkan putaran rendah. Hal ini disebabkan oleh proses pemotongan yang lebih kontinu dan berkurangnya efek getaran periodik. Namun, pada kondisi tertentu, peningkatan RPM juga berpotensi memicu chatter apabila melebihi batas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

4.4 Grafik Hubungan Parameter Pembubutan terhadap Kebulatan (μm)



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan *Feeding* terhadap Kebulatan (μm)

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

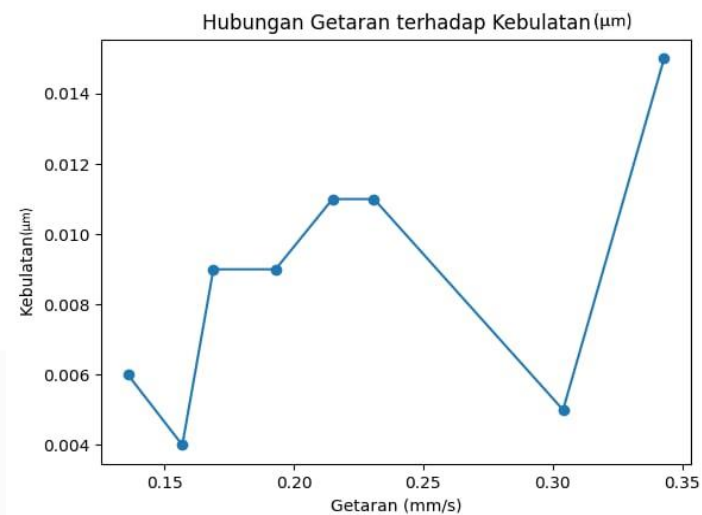


Gambar 4. 4 Grafik Hubungan RPM terhadap Kebulatan (μm)

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 kebulatan meningkat.

4.5 Grafik Hubungan Getaran terhadap Kebulatan (μm)



Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Getaran terhadap Kebulatan (μm)

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

4.6 Pembahasan Per Parameter

1) Pengaruh Kedalaman Pemakanan terhadap Getaran dan Kebulatan

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 Kebulatan dengan meningkatkan nilai Kebulatan. Meskipun kedalaman pemakanan tidak berpengaruh langsung terhadap (μm), pengaruh tidak langsung melalui getaran cukup signifikan.

2) Pengaruh Putaran *Spindle* terhadap Getaran dan Kebulatan

Putaran *spindle* berpengaruh terhadap kestabilan proses pemotongan. Pada RPM yang lebih tinggi, proses pemotongan cenderung lebih stabil sehingga getaran dan nilai kebulatan menurun. Namun, peningkatan RPM yang berlebihan dapat memicu getaran *chatter* yang justru meningkatkan kualitas kebulatan.

3) Pengaruh *Feeding* terhadap Getaran dan Kebulatan

Laju pemakanan memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kebulatan *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.

4.7 Ringkasan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa parameter pembubutan berpengaruh terhadap getaran dan Kebulatan saling berkaitan. *Feeding* menjadi parameter yang paling dominan, sedangkan getaran berperan sebagai penghubung antara kondisi pemotongan dan permukaan akhir.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa parameter pemesian berpengaruh signifikan terhadap tingkat getaran dan kebulatan pada proses pembubutan baja ST 60. Variasi laju pemakanan, putaran spindle, dan kedalaman pemakanan menghasilkan perbedaan tingkat getaran yang secara langsung memengaruhi penyimpangan kebulatan benda kerja.

Laju pemakanan merupakan parameter yang paling dominan memengaruhi kebulatan. Peningkatan laju pemakanan menyebabkan meningkatnya gaya potong dan amplitudo getaran, sehingga pergerakan pahat menjadi kurang stabil dan lintasan pemotongan tidak lagi konsentris terhadap sumbu putar benda kerja.

Putaran spindle yang lebih tinggi cenderung meningkatkan kestabilan proses pembubutan dan menurunkan tingkat getaran, sehingga menghasilkan kebulatan yang lebih baik, selama dikombinasikan dengan laju pemakanan dan kedalaman pemakanan yang sesuai.

Kondisi pemesian terbaik pada penelitian ini diperoleh pada kombinasi kedalaman pemakanan 2 mm, putaran spindle 700 rpm, dan laju pemakanan 0,7, yang menghasilkan nilai kebulatan paling kecil serta tingkat getaran terendah. Sebaliknya, kondisi pemesian terburuk terjadi pada kombinasi kedalaman pemakanan 3 mm, putaran spindle 995 rpm, dan laju pemakanan 1, yang menghasilkan penyimpangan kebulatan terbesar akibat Tingginya amplitudo getaran selama proses pembubutan. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa getaran berperan sebagai faktor penghubung utama antara parameter pemesian dan kebulatan. Oleh karena itu, pengendalian getaran melalui pemilihan parameter pembubutan yang tepat menjadi kunci dalam menghasilkan kualitas kebulatan yang baik pada pembubutan baja ST 60.

1.2 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. Altintas, Y. (2012). *Manufacturing automation: Metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and CNC design*. Cambridge University Press.
2. Arrazola, P. J., & Özel, T. (2010). Investigations on the effects of friction and ploughing mechanisms in orthogonal cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 50(1), 1-10.
3. Bhattacharyya, A. (2011). *Metal cutting: Theory and practice*. New Age International.
4. Byrne, G., Dornfeld, D., & Denkena, B. (2003). Advancing cutting technology. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 52(2), 483-507.
5. Chen, W., & Rowe, W. B. (1996). Analysis of ductile regime grinding: A stochastically distributed cutting forces model. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 36(7), 781-799.
6. Dimla, D. E., & Lister, P. M. (2000). On-line metal cutting tool condition monitoring. I: Force and vibration analyses. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40(5), 739-768.
7. El-Hossainy, T. M., & El-Khabeery, M. M. (2010). Effect of cutting parameters on surface roughness and vibration in turning of mild steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 210(12), 1704-1710.
8. Ezugwu, E. O. (2005). Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45(12-13), 1353-1367.
9. Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes, and systems*. Wiley.
10. Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology*. Pearson.

11. Klocke, F., & König, W. (2008). *Manufacturing processes 1: Cutting*. Springer.
12. Kumar, A., & Singh, R. (2013). Experimental investigation of vibration in turning of AISI 1045 steel using response surface methodology. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 27(10), 3089-3096.
13. Li, X., & Liu, C. R. (2006). Tool wear and cutting forces variation in high-speed milling. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 128(4), 865-873.
14. Merchant, M. E. (1945). Mechanics of the metal cutting process. I. Orthogonal cutting and a type 2 chip. *Journal of Applied Physics*, 16(5), 267-275.
15. Özel, T., & Karpaz, 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.
16. Rao, P. N. (2011). *Manufacturing technology: Metal cutting and machine tools*. Tata McGraw-Hill.
17. Rao, S. B., & Shin, Y. C. (1999). Analysis of the vibration occurring during end milling and a remedy to reduce it. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 121(3), 467-474.
18. Shaw, M. C. (2005). *Metal cutting principles*. Oxford University Press.
19. Singh, D., & Rao, P. V. (2007). A surface roughness prediction model for hard turning process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(11-12), 1115-1124.
20. Smith, G. T. (2011). *Cutting tool technology: Industrial handbook*. Springer.

Lampiran 1:

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Anselmus Agung Wilko Yonico
Tempat & Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 01 April 2004
Alamat Rumah : Jl. Kenangan B504, Belinyu
Bangka,
RT/RW 001/004
Telp : +6281367904578
Hp : +6282164359028
Email : agungtirext@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Katolik

2. Riwayat Pendidikan

SD Santa Agnes Belinyu	2010-2016
SMP Santo Yosef Belinyu	2016-2019
SMKN2 Pangkalpinang	2019-2022

Sungailiat, 22Desember 2025

Penulis



Anselmus Agung Wilko
Yonico

Lampiran 2:

Dokumentasi Sampel



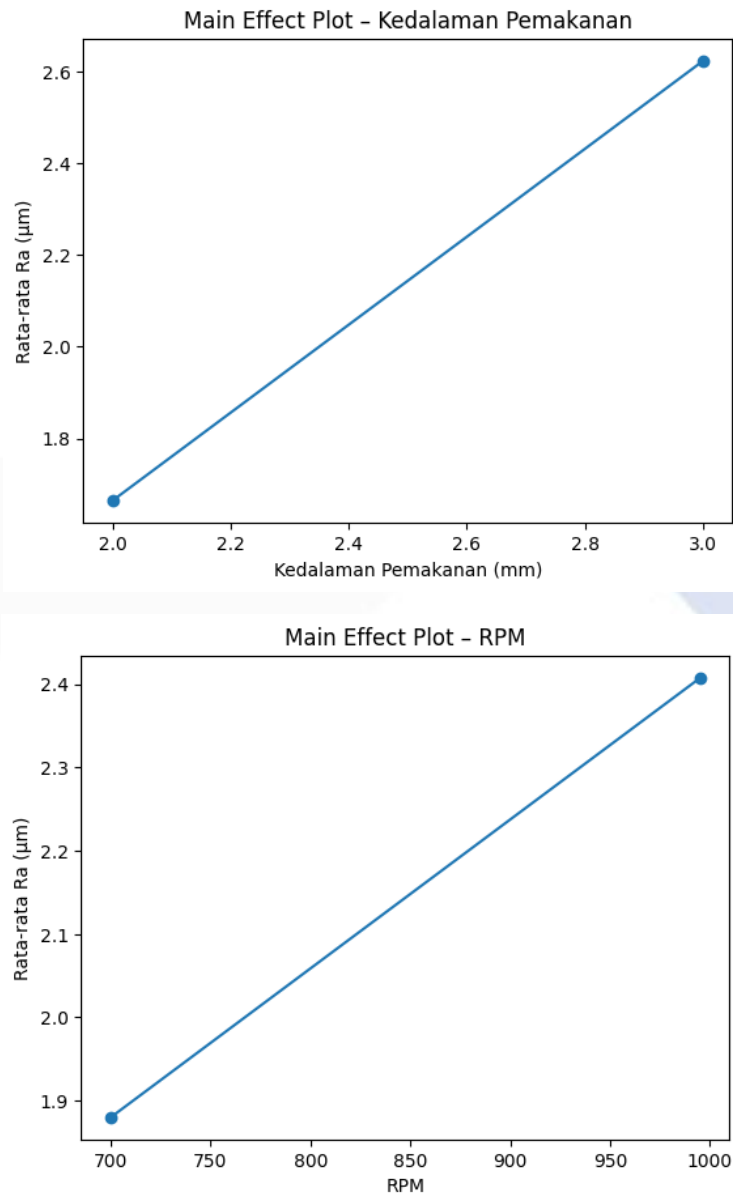
Lampiran 3:

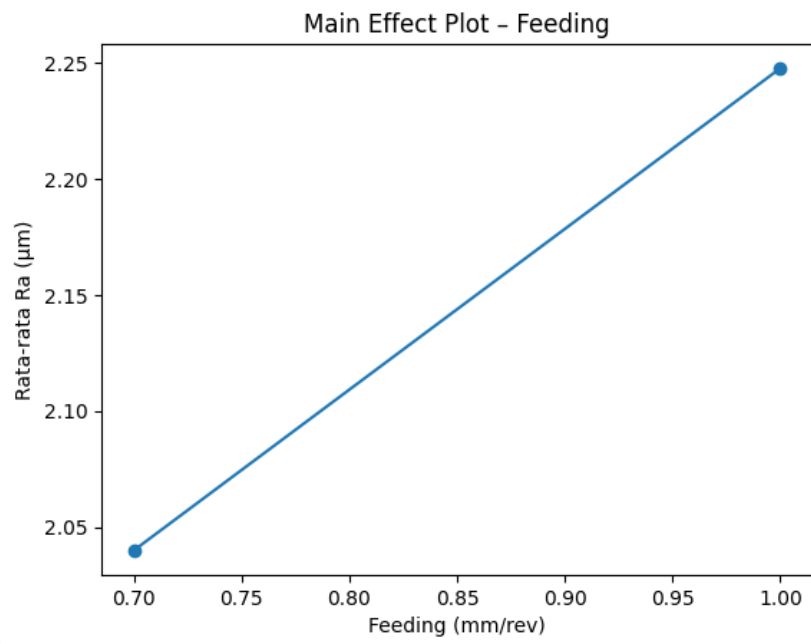
Proses Pengujian Sampel



Lampiran 4:

Grafik *Main Effect* Berdasarkan *Software* Minitab





Lampiran 5:

Cek Plagiasi

Page 2 of 61 - Integrity OverviewSubmission ID: 171-040-11-3080521826

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 took 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 OverviewSubmission ID: 171-040-11-3080521826

Latar Belakang

Pembubutan (*turning*) merupakan salah satu proses pemesinan yang diterapkan banyak sekali dalam industri manufaktur untuk merapatkan komponen silindris dan permukaan yang presisi. Kualitas hasil proses pembubutan sangat tergantung pada beberapa parameter proses, di antaranya adalah kecepatan potong, kecepatan makan, kedalaman potong, jenis material, dan kondisi mesin. Salah satu dari beberapa parameter kualitas yang begitu esensial adalah kekasaran permukaan (*surface roughness*), yang mempengaruhi fungsi, estetika, serta masa pakai suatu komponen mesin.

MAHASISWA
Anselmus Agung Wilko Yonico

Pembimbing 1
Robert Napitupulu, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2
Nanda Prunantoro, S.S.T., M.T.

Kondisi Awal		Kondisi Setelah Proses		Kondisi Setelah Proses	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Kecepatan Potong	1000	Kecepatan Potong	1000	Kecepatan Potong	1000
Kecepatan Makan	0.1	Kecepatan Makan	0.1	Kecepatan Makan	0.1
Kedalaman Potong	0.5	Kedalaman Potong	0.5	Kedalaman Potong	0.5
Jenis Material	Stainless Steel	Jenis Material	Stainless Steel	Jenis Material	Stainless Steel
Kondisi Mesin	Normal	Kondisi Mesin	Normal	Kondisi Mesin	Normal

Getaran terhadap Kebulatan

Gratik menunjukkan bahwa peningkatan getaran selama proses pembubutan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai ke bulatan. Getaran menyebabkan permukaan relatif antara pahat dan benda kerja menjadi tidak stabil, sehingga pola pemotongan tidak seragam dan mengakibatkan permukaan yang lebih kasar dan kebulatan yang tidak presisi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa parameter pembubutan berpengaruh terhadap getaran dan kualitas kebulatan saling berkaitan. Feeding menjadi parameter yang paling dominan, sedangkan putaran berperan sebagai penghubung antara kondisi pemotongan dan kualitas permukaan akhir.