

**SKRIPSI**

**ANALISIS GETARAN MESIN BUBUT (*TURNING*)  
EFEK PERUBAHAN VARIABEL PERMESINAN  
PADA PEMBUBUTAN BAJA ST 41  
MENGUNAKAN PAHAT *CARBIDE***

**Disusun dan diajukan oleh :**

**MUH. ARJUN**

**D021 19 1084**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS GETARAN MESIN BUBUT (*TURNING*)  
EFEK PERUBAHAN VARIABEL PERMESINAN  
PADA PEMBUBUTAN BAJA ST 41  
MENGUNAKAN PAHAT *CARBIDE***

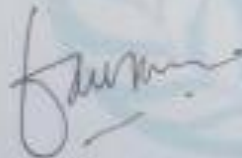
Disusun dan diajukan oleh

**Muh. Arjun  
D021 19 1084**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 09 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Fauzan, ST., MT., Ph.D.**  
NIP 19770103 200801 1 009

Pembimbing Pendamping,



**Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT.**  
NIP 19520607 197802 1 001

Ketua Program Studi,

  
**Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT.**  
NIP 19720825 200003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : MUH. ARJUN  
NIM : D021 19 1084  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Analisis Getaran Mesin Bubut Efek Perubahan Variabel Permesinan Pada Proses  
Pembubutan Baja ST-41 Menggunakan Pahat *Carbide*}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain yang telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 09 Januari 2024

Yang Menyatakan



MUH. ARJUN

## ABSTRAK

**MUH. ARJUN.** *Analisis Getaran Mesin Bubut Efek Perubahan Variabel Permesinan pada Proses Pembubutan Baja ST-41 Menggunakan Pahat Carbide* (dibimbing oleh **Fauzan, ST., MT., Ph.D.** dan **Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT.**)

Proses permesinan pada mesin bubut adalah terjadinya gerak relatif antara pahat dan benda kerja akan menghasilkan variasi chip yang berakibatkan pada perubahan gaya, sehingga amplitudo getaran terus membesar dengan cepat. Amplitudo yang membesar akan menimbulkan suara melengking berasal dari pahat yang memotong benda kerja. Ini menjadi kendala di industri khususnya pada proses manufaktur karena harus mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Dalam kondisi seperti ini sangat di butuhkan pemilihan parameter permesinan yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh gerakan makan (*feed*) dan putaran spindle (*spindle speed*) terhadap getaran mesin bubut. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dilakukan pada proses pembubutan baja st-41 menggunakan pahat *carbide* kecepatan putaran *spindle* 100 rpm, 200 rpm, 330 rpm, 490 rpm, kedalaman pemakanan 0,10 mm/put, 0,22 mm/put, 0,35 mm/put, 0,44 mm/put, dan kedalaman potong 1 mm/put. Alat pengukur getaran yang digunakan yaitu vibexper II untuk mengukur frekuensi dan amplitudo getaran. Nilai frekuensi yang terjadi pada rpm 100 yaitu 1,67Hz, untuk rpm 200 yaitu 3,33Hz, rpm 330 yaitu 5,50Hz, rpm 490 yaitu 8,17Hz. Nilai amplitudo getaran yang dihasilkan dari rpm100, kedalaman pemotongan (*deep of cut*) 1 mm/put, kedalaman pemakanan (*feed*) 0,10, 0,22, 0,35, 0,44 mm/put yaitu 0,32, 0,13, 0,17, 0,23 mm/s. Nilai amplitudo getaran yang dihasilkan dari rpm 200, kedalaman pemotongan (*deep of cut*) 1 mm/put, kedalaman pemakanan (*feed*) 0,10, 0,22, 0,35, 0,44 mm/put yaitu 0,83, 0,18, 0, 0,25, 0,35 mm/s. Nilai amplitudo getaran yang dihasilkan dari rpm 330, kedalaman pemotongan (*deep of cut*) 1 mm/put, kedalaman pemakanan (*feed*) 0,10, 0,22, 0,35, 0,44 mm/put yaitu 11, 0,77, 0,34, 0,83 mm/s. Nilai amplitudo getaran yang dihasilkan dari rpm 490, kedalaman pemotongan (*deep of cut*) 1 mm/put dan kedalaman pemakanan (*feed*) 0,10, 0,22, 0,35, 0,44 mm/put yaitu 12,5, 0,43, 0,45, 0,30 mm/s.

**Kata Kunci:** Proses permesinan, Mesin bubut, Getaran, Amplitudo, Frekuensi

## ABSTRACT

**MUH. ARJUN.** *Vibration Analysis of Lathe Machines Effect of Changing Machining Variables in ST-41 Steel Turning Process Using Carbide Chisels* (supervised by **Fauzan, ST., MT., Ph.D.** and **Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT.**)

The machining process on a lathe is where relative motion occurs between the tool and the workpiece which will produce chip variations which result in changes in force, so that the vibration amplitude continues to increase rapidly. The increasing amplitude will cause a screeching sound coming from the chisel cutting the workpiece. This is an obstacle in industry, especially in the manufacturing process because it must be able to produce products of good quality. In conditions like this, it is very necessary to choose the right machining parameters. The aim of this research is to find out how much influence the feed movement and spindle speed have on the vibration of the lathe. The method used in this research is an experimental method carried out in the ST-41 steel turning process using a carbide chisel, spindle rotation speed 100 rpm, 200 rpm, 330 rpm, 490 rpm, ingestion depth 0.10 mm/put, 0.22 mm/put, 0.35 mm/put, 0.44 mm/put, and depth of cut 1 mm/put. The vibration measuring tool used is Vibexper II to measure the frequency and amplitude of vibrations. The frequency value that occurs at rpm 100 is 1.67Hz, for rpm 200 it is 3.33Hz, rpm 330 is 5.50Hz, rpm 490 is 8.17Hz. Vibration amplitude values resulting from rpm 100, depth of cut (depth of cut) 1 mm/put, depth of feed (feed) 0.10, 0.22, 0.35, 0.44 mm/put namely 0.32, 0.13, 0.17, 0.23 mm/s. Vibration amplitude values resulting from rpm 200, depth of cut (depth of cut) 1 mm/put, depth of feed (feed) 0.10, 0.22, 0.35, 0.44 mm/put namely 0.83, 0.18, 0.25, 0.35 mm/s. Vibration amplitude values resulting from rpm 330, depth of cut (depth of cut) 1 mm/put, depth of feed (feed) 0.10, 0.22, 0.35, 0.44 mm/put namely 1.1, 0.77, 0.34, 0.83 mm/s. Vibration amplitude values resulting from rpm 490, depth of cut (depth of cut) 1 mm/put and depth of feed (feed) 0.10, 0.22, 0.35, 0.44 mm/put namely 12.5, 0.43, 0.45, 0.30 mm/s.

Keywords: Machining process, lathe, Vibration, Amplitude, Frequency

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mesin Bubut.....	5
2.1.1 Proses Pembubutan.....	5
2.1.2 Parameter Pemotongan.....	6
2.1.3 Gaya Potong.....	10
2.1.4 Bagian Utama Mesin Bubut Konvensional.....	11
2.2 <i>Predictive maintenance</i> .....	15
2.2.1 Manfaat dan Tujuan <i>Predictive Maintenance</i> .....	16
2.2.2 Metode dalam <i>Predictive Maintenance</i> .....	16
2.3 Analisa Getaran.....	17
2.3.1 Pengertian Getaran.....	17
2.3.2 Jenis Getaran.....	19
2.3.3 Amplitudo Getaran.....	19
2.3.4 Pengukuran Getaran.....	21
2.3.5 <i>Chatter</i> .....	22
2.4 Alat Ukur Getaran.....	24
2.5 VIBXPERT II.....	26
2.6 Materi Pahat Potong.....	29
2.4.1 Geometri Pahat.....	29

2.4.2 Definisi Pahat.....	31
2.4.3 Pahat Karbide.....	32
2.7 Baja ST 41.....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	39
3.1 Tempat penelitian.....	39
3.2 Alat dan Bahan.....	39
3.2.1. Alat.....	39
3.2.2. Bahan.....	42
3.3 Metode pengambilan data.....	43
3.4 Variabel Pemesinan.....	43
3.5 Skema Proses Pengambilan Data.....	44
3.6 Prosedur Penelitian.....	45
3.7 Pengumpulan Data.....	45
3.8 Analisis Data.....	45
3.9 Bagan alir penelitian ( <i>flowchart</i> ).....	46
3.10 Rencana dan Jadwal Penelitian.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Hasil pengambilan data frekuensi getaran efek perubahan variabel permesinan pada proses pembubut.....	48
4.2 Menganalisis frekuensi getaran mesin bubut efek perubahan variabel permesinan pada proses pembubutan.....	49
4.3 Menganalisis amplitudo getaran mesin bubut efek perubahan variabel permesinan pada proses pembubutan.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Mesin Bubut Standar .....	5
Gambar 2 Proses Pembubutan .....	6
Gambar 3 Panjang Permukaan Benda Kerja Yang Dilalui Pahat Setiap Putaran..	7
Gambar 4 Gerak Makan (f) Dan Kedalaman Potong (a) .....	8
Gambar 5 Parameter proses bubut (Rochim, 1993) .....	9
Gambar 6 Gaya-gaya pada proses bubut.....	11
Gambar 7 Komponen Mesin Bubut .....	11
Gambar 8 Eretan (carriage).....	12
Gambar 9 Cekam (chuck).....	13
Gambar 10 Kepala Lepas .....	13
Gambar 11 Kepala Tetap .....	14
Gambar 12 Rumah pahat (tool post).....	14
Gambar 13 Kran pendingin .....	15
Gambar 14 Getaran per Waktu .....	18
Gambar 15 Karakteristik Getaran .....	19
Gambar 16 Elemen-elemen pada amplitude getaran.....	20
Gambar 17 Permukaan benda kerja yang mengalami chatter .....	23
Gambar 18 Fluktuasi tebal geram akibat beda fasa .....	24
Gambar 19 VIBXpert II .....	29
Gambar 20 Geometri pahat bubut sesuai dengan DIN 6581 .....	30
Gambar 21 Mesin Bubut .....	39
Gambar 22 Alat pengukur getaran Vibxpert II .....	40
Gambar 23 Mata Pahat Carbide TNMG160404-MA UE6020 .....	40
Gambar 24 Holder.....	40
Gambar 25 Jangka Sorong .....	41
Gambar 26 Kunci Cekam atau Chuck.....	41
Gambar 27 Kunci T.....	41
Gambar 28 Gurinda.....	42
Gambar 29 Kuas.....	42
Gambar 30 Baja ST 41 .....	42
Gambar 31 Skema Prose Pengambilan Data.....	44
Gambar 32 Diagram alur penelitian .....	46
Gambar 33 Grafik nilai frekuensi getaran terhadap kecepatan putaran spindle dan kedalaman pemakanan (feed) .....	50
Gambar 34 Grafik nilai frekuensi getaran terhadap kecepatan putaran spindle .	51
Gambar 35 Grafik nilai amplitudo getaran efek perubahan kecepatan putaran spindle dan kedalaman pemakanan (feed) .....	53
Gambar 36 Grafik nilai amplitudo getaran efek perubahan kedalaman pemakanan(feed) .....	54
Gambar 37 Grafik nilai amplitudo getaran efek perubahan kecepatan putaran spindle .....	55



**DAFTAR TABEL**

Tabel 1 Konversi Antar Elemen Amplitudo .....	20
Tabel 2 Klasifikasi Baja Karbon .....	36
Tabel 3 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Baja St 41 .....	37
Tabel 4 Variasi Parameter Permesinan Pada Pembubutan Spesimen.....	44
Tabel 5 Rencana dan Jadwal Penelitian .....	47
Tabel 6 Variasi Pembubutan dan Nilai Frekuensi Getaran.....	48
Tabel 7 Variasi Pembubutan dan Nilai Frekuensi Getaran .....	49
Tabel 8 Variasi Pembubutan dan Nilai Amplitudo Getaran .....	52

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

<b>Notasi</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
ST	<i>Steel</i>	-
Ø	Diameter	Mm
N	Putaran Benda Kerja	Rpm
V	Kecepatan Potong	mm/put
<i>F</i>	Kecepatan Pemakanan	mm/put
A	Kedalaman Pemotongan	Mm
CBM	condition-based maintenance	-
TBM	time-based maintenance	-
X	<i>Displacement</i>	µm
CSI	Computational System Incorporated	m <sup>2</sup>
HSS	High Speed Steels	-
CBN	Cubic Boron Nitrides	-
Co	Cobalt	-
Fe	Besi	-
C	Karbon	-
BCC	Body Centered Cubic	-
FCC	Face Centered Cubic	-

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Mesin Bubut .....	60
Lampiran 2 Proses Pembubutan.....	62
Lampiran 3 Proses Pengambilan Data Getaran dengan VIBExper II.....	63
Lampiran 4 Material Baja ST-41 Setelah Pembubutan.....	64
Lampiran 5 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,10 mm/put), (100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	65
Lampiran 6 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,10 mm/put),(100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	65
Lampiran 7 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,10 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	66
Lampiran 8 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,10 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	66
Lampiran 9 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,10 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	67
Lampiran 10 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,10 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	67
Lampiran 11 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,10 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	68
Lampiran 12 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,10 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	68
Lampiran 13 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,22 mm/put), (100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	69
Lampiran 14 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,22 mm/put), (100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	69
Lampiran 15 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,22 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	70
Lampiran 16 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,22 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	70
Lampiran 17 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,22 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	71
Lampiran 18 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,22 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	71
Lampiran 19 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,22 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	72
Lampiran 20 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,22 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	72
Lampiran 21 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,35 mm/put), (100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	73
Lampiran 22 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,35 mm/put),(100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	73

Lampiran 23 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,35 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	74
Lampiran 24 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,35 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	74
Lampiran 25 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,35 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	75
Lampiran 26 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,35 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	75
Lampiran 27 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,35 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	76
Lampiran 28 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,35 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	76
Lampiran 29 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,44 mm/put), (100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	77
Lampiran 30 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,44 mm/put), (100 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	77
Lampiran 31 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,44 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	78
Lampiran 32 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,44 mm/put), (200 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	78
Lampiran 33 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,44 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	79
Lampiran 34 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,44 mm/put), (330 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	79
Lampiran 35 Grafik frekuensi getaran mesin bubut pada feed (0,44 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm).....	80
Lampiran 36 Grafik amplitudo getaran domain terhadap frekuensi pada feed (0,44 mm/put), (490 Rpm) dan kedalaman potong (1 mm) .....	80

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esar, karena atas berkat Rahmat dan karunia-Nya lah sehingga dalam penyusunan tugas akhir ini Penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Teknik Mesin di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Meskipun banyak hambatan dan tantangan yang Penulis alami selama penyusunan tugas akhir ini, berkat bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak, akhirnya Penulis dapat mengatasi hambatan dan tantangan tersebut untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk semua itu, pada kesempatan ini Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu saya Jumaria dan bapak saya Sakaria serta saudara-saudari penulis: Mutmainna, Muh. Irsal, Musfira dan Muh. Yakub atas segala bantuan, bimbingan dan motivasi serta doa restu yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
2. Bapak Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, MT., Fauzan, ST., MT., Ph.D dan Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT., sebagai Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, petunjuk dan saran selama Penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT., dan Bapak Lukman Kasim, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, petunjuk dan saran sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT sebagai Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemurahan yang diberikan.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu yang telah diberikan.
6. HMM FT-UH yang telah memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran bagi penulis selama menjalani peran sebagai mahasiswa.
7. Kanda-kanda senior yang telah memberikan pengalaman yang berkesan untuk penulis.
8. Saudara seperjuangan BRUZHLEZZ 2019 yang telah banyak membantu

penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

9. Saudari Diaz Afifah Amin yang telah banyak membantu selama proses penyusunan Skripsi ini dan menjadi penyemangat penulis.
10. Serta seluruh pihak yang mungkin tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Semua kebaikan berasal dari Allah SWT. Segala kekurangan dan kekeliruan berasal dari penulis maka dari itu penulis memohon maaf atas segala kesalahan. Kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Gowa, 9 Januari 2024

Penulis



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada zaman ini, pekerjaan dengan mesin sudah menjadi kebutuhan manusia, apalagi pada industri manufaktur. Mesin sudah memiliki peran utama dalam membantu manusia dalam proses produksi, karena dengan menggunakan mesin, pekerjaan manusia menjadi lebih mudah, baik dari segi kecepatan, dan hasil yang diinginkan.

Manufaktur merupakan salah satu industri yang sangat terpengaruh oleh Revolusi Industri 4.0. Tidak hanya dalam proses manufaktur, tetapi juga di seluruh rantai nilai industri, menghasilkan pengembangan model bisnis digital baru untuk mencapai efisiensi tinggi dan kualitas produk yang lebih tinggi. Revolusi Industri 4.0, di sisi lain, menimbulkan kekhawatiran akan pergantian tenaga kerja manusia oleh robot dan melemahnya perusahaan lokal. Ketakutan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh *International Labour Organization/ILO* (2016), yang memprediksi otomatisasi akan menggantikan 56 persen pekerjaan di Indonesia, Filipina, Thailand, Vietnam, dan Kamboja. (Nugroho & Wahyuni, 2019).

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, suatu hasil produksi harus di imbangi juga dengan peningkatan kualitas hasil produksi, khususnya pada proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin skrap, mesin frais dan mesin bor. Dengan adanya mesin perkakas produksi, pembuatan komponen mesin akan semakin efisien dan menggunakan ketelitian yang tinggi, sehingga menciptakan tingkat presisi dan tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang minim, salah satunya pada mesin bubut.

Mesin bubut merupakan salah satu mesin perkakas yang sering digunakan dalam proses pengerjaan logam. Peranan mesin bubut dalam dunia industri pengolahan/pengerjaan logam sangat besar karena mesin bubut dapat mengerjakan dan membentuk benda-benda silindris seperti membuat poros, rodaroda puli, selain itu juga dapat mengerjakan benda berbentuk tirus, membuat lubang, dan membuat ulir (Budihardjo AH, 2015).

Dalam dunia industri manufaktur, keberhasilan suatu proses produksi sangat dipengaruhi oleh mesin-mesin produksi yang digunakan. Hal ini dikarenakan di tiap



bengkel mesin konstruksi dan bengkel-bengkel pengerjaan logam, mesin mesin ini banyak digunakan dalam pembuatan atau perbaikan komponen tertentu dalam suatu produk manufaktur. Salah satu mesin perkakas yang digunakan adalah mesin bubut. (Wiratama, 2021).

Proses permesinan pada mesin bubut adalah terjadinya gerak relatif antara pahat dan benda kerja akan menghasilkan variasi chip yang berakibatkan pada perubahan gaya, sehingga amplitudo getaran terus membesar dengan cepat. Amplitudo yang membesar akan menimbulkan suara yang melengking yang berasal dari pahat yang memotong benda kerja (Nur I. 2007).

Ini menjadi kendala di industri khususnya pada proses manufaktur karena harus mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Dalam kondisi seperti ini, sangat di butuhkan pemilihan parameter permesinan yang tepat. Parameter pemesinan yang dapat mempengaruhi terjadinya getaran adalah putaran mesin dan kedalaman potong. Putaran mesin merupakan kecepatan putar yang mengakibatkan tersayatnya benda kerja hingga menghasilkan sayatan logam yang dapat berupa serbuk atau *chip*. *Chip* dapat berupa gulungan yang membentuk lingkaran yang saling menyambung sedangkan kedalaman pemakanan adalah rata-rata selisih dari diameter benda kerja sebelum dibubut dengan diameter benda kerja setelah dibubut. Kedalaman potong dapat diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter). Getaran yang terjadi pada mesin produksi biasanya menimbulkan efek yang tidak di kehendaki: 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 system, akan tetapi efek getaran yang ditimbulkan sangat tergantung dari frekuensi eksitasi tersebut dan elemen–elemen dari sistem getaran itu sendiri.(Rukma dkk, 2021).

Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam bidang industri permesinan dan konstruksi. Baja ST 41 merupakan salah satu dari golongan baja karbon rendah dimana baja ini memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik seperti : kekerasan, keuletan, dan ketangguhan yang baik. Baja karbon rendah sering digunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: gear, rantai, skrup dan poros, dan lain-lain. Baja ST 41 termasuk dalam golongan

baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup dan poros. Selain itu juga baja ST 41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST 41 juga merupakan baja struktur sifat-sifat yang dimiliki oleh baja ST 41 mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, mempunyai nilai kekerasan yang cukup, stabilitas dimensi yang baik. (Nofri, Taryana, 2017).

Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan material Baja ST 41 sebagai bahan pada penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Karena menurut Setyawan dkk, 2018: Baja ST 41 adalah baja karbon rendah sebesar 0,08% - 0,20%, ST memiliki makna baja atau disebut dengan stell, sedangkan 41 memiliki makna kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ST-41 merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini mempunyai karakteristik dan peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, sifat keuletan yang tinggi, ketangguhan dan mudah dibentuk namun kekerasannya rendah.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, penelitian ini menitik beratkan pada “**ANALISIS GETARAN MESIN BUBUT (*TURNING*) EFEK PERUBAHAN VARIABEL PERMESINAN PADA PEMBUBUTAN BAJA ST 41 MENGGUNAKAN PAHAT *CARBIDE***” Melalui variasi putaran mesin, kecepatan pemakanan dan kedalaman potong pada mesin bubut yang divariasikan menjadi 4 variasi untuk mengetahui sejauh mana pengaruh getaran yang timbul pada proses pembubutan material Baja ST 41 dan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat getaran yang terjadi seperti: kekasaran pada benda kerja, kebisingan dan lama pengerjaan benda kerja, serta rusaknya struktur mesin.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan yaitu bagaimana *setting variabel* yang paling berpengaruh terhadap getaran mesin bubut (*turning*) hasil pembubutan material baja ST 41 menggunakan pahat *carbide* maka muncul rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perubahan Gerakan Makan (*Feeding*) terhadap getaran pada proses pembubutan Baja ST 41 menggunakan pahat *carbide* ?

2. Bagaimana pengaruh putaran spindel (*spindle speed*) terhadap getaran pada proses pembubutan Baja ST 41 menggunakan pahat *carbide*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh variasi Gerakan Makan (*Feeding*) terhadap getaran mesin bubut.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh variasi putaran spindel (*spindle speed*) terhadap getaran mesin bubut.

### 1.4 Manfaat Penelitian

- a. Bagi mahasiswa diharapkan dapat memberikan rujukan dalam menentukan variabel permesinan yang paling efektif dalam proses pembubutan.
- b. Bagi kampus sebagai referensi akademik terkait analisis getaran mesin bubut efek perubahan variabel permesinan pada proses pembubutan.
- c. Bagi peneliti yaitu memberikan informasi dan sumbangan pemikiran bagi penelitian-penelitian yang berhubungan dengan getaran mesin bubut atau dengan masalah yang hampir sama.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Menggunakan alat *VibXpert II* dalam menganalisa getaran pada mesin bubut.
2. Material yang digunakan yaitu Baja ST 41 Ø20mm x 100mm.
3. Variasi Gerakan Makan (F) pada (0,10 mm/put), (0,22 mm/put), (0,35 mm/put), dan (0,44 mm/put).
4. Variasi kedalaman potong (*depth of cut*) terhadap getaran dengan pemakanan (1 mm).
5. Variasi putaran spindel (*spindle speed*) pada 100 rpm, 200 rpm, 330 rpm, dan 490 rpm.
6. Tidak melakukan pengujian kekasaran permukaan pada material.
7. Tidak melakukan pengujian kehausan pahat.
8. Melakukan perbandingan antara variable permesinan dengan getaran yang timbul.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mesin Bubut

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk memotong benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris, namun dapat juga dipakai untuk beberapa kepentingan lain. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian spindel dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu.

Mesin bubut standar 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 dll. (Teknik Pemesinan Bubut 1, 2013)



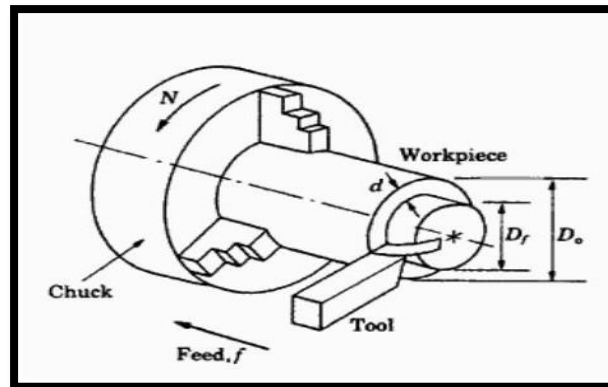
Gambar 1 Mesin Bubut Standar

Sumber : Laboratorium Teknologi Mekanik Teknik Mesin UNHAS

##### 2.1.1 Proses Pembubutan

Proses pembubutan merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Prinsip pemotongan logam dapat didefinisikan sebagai sebuah saksi

dari alat potong yang dikontakkan dengan sebuah benda kerja untuk membuang permukaan benda kerja tersebut dalam bentuk geram.



Gambar 2 Proses Pembubutan  
Sumber : (Gutowski, 2009)

### 2.1.2 Parameter Pemotongan

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

Kecepatan putaran (*speed*) selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute, rpm*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed* atau *V*) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja (lihat Gambar 2.5). Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau :

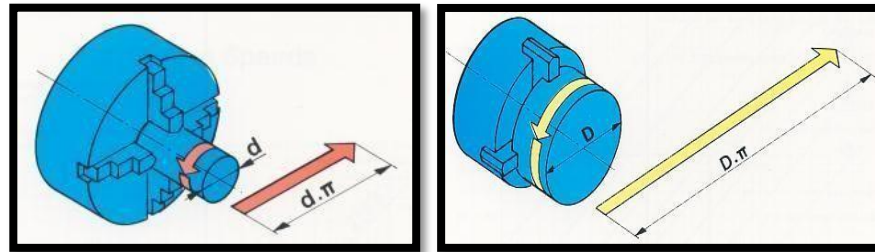
$$V = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

*V* = kecepatan potong (m/menit)

*d* = diameter benda kerja (mm)

$n$  = putaran benda kerja (putaran/menit)

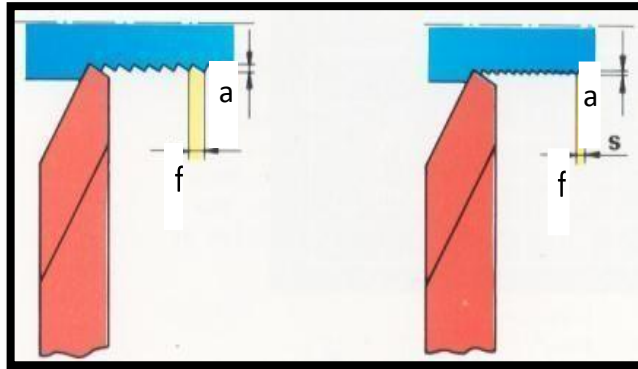


Gambar 3 Panjang Permukaan Benda Kerja Yang Dilalui Pahat Setiap Putaran  
Sumber : (Gutowski, 2009)

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu, misalnya untuk benda kerja *Mild Steel* dengan pahat dari HSS, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30 m/menit.

Gerak makan,  $f$  (*feed*), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali sehingga satuan  $f$  adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong  $a$ . Gerak makan tersebut berharga sekitar  $1/3$  sampai  $1/20 a$ , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

Kedalaman potong ( $a$ ) / (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antarpermukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong. Ketika pahat memotong sedalam ( $a$ ), maka diameter benda kerja akan berkurang  $2a$ , karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.



Gambar 4 Gerak Makan ( $f$ ) Dan Kedalaman Potong ( $a$ )  
Sumber : (Gutowski, 2009)

Parameter pemotongan tersebut dapat dicari dengan memperhatikan kondisi pemotongan pada gambar 2.5 Kondisi pemotongan dalam proses pemesinan mesin bubut ditentukan sebagai berikut.

a. Benda kerja;

$d_o$  = diameter mula; mm,

$d_m$  = diameter akhir; mm,

$l_t$  = panjang permesinan; mm,

b. pahat;

$\chi_r$  = sudut potong utama;  $^\circ$ ,

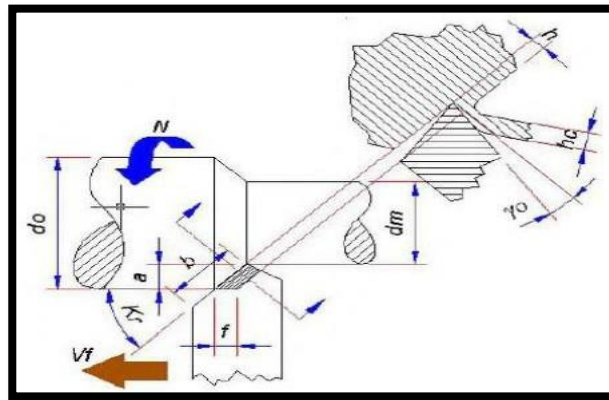
$\gamma_o$  = sudut geram;  $^\circ$ ,

c. mesin bubut;

$a$  = kedalaman potong; mm,

$f$  = gerak makan; mm/rev,

$n$  = putaran poros utama (benda kerja); rev/min



Gambar 5 Parameter proses bubut (Rochim, 1993)  
 Sumber : (Rochim, 1993)

Gambar 2.5 diperlihatkan sudut potong utama ( $\chi_r$ , *principal cutting edge angle*) yaitu merupakan sudut antara mata potong mayor (proyeksinya pada bidang referensi) dengan kecepatan makan  $v_f$  besarnya sudut tersebut ditentukan oleh geometri pahat dan cara pemasangan pahat pada mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk harga  $a$  dan  $f$  yang tetap maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan ( $b$ , *width of cut*) dan tebal geram sebelum terpotong ( $h$ , *undeformed chip thickness*) sebagai berikut:

- a. Lebar pemotongan:

$$b = a / \sin \chi_r; \text{ mm} \dots \dots \dots (2.2)$$

- b. Tebal geram sebelum terpotong:

$$h = f \sin \chi_r; \text{ mm} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan demikian, penampang geram sebelum terpotong dapat dituliskan sebagai berikut.

$$A = f \cdot a = b \cdot h; \text{ mm}^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut:

- a. Kecepatan potong :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \text{ m/min} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:  $d$  = diameter rata-rata yaitu:

$$(d_o + d_m) / 2 = d; \text{ mm} \dots \dots \dots (2.6)$$

- b. Kecepatan makan:



$$vf = f \cdot n; \text{ m/min} \dots \dots \dots (2.7)$$

c. Kedalaman potong:

$$a = (d_o - d_m) / 2; \text{ mm} \dots \dots \dots (2.8)$$

d. Waktu pemotongan:

$$t_c = l_t / vf; \text{ min} \dots \dots \dots (2.9)$$

e. Kecepatan penghasilan geram :  $Z = A \cdot V$  dimana, penampang geram sebelum terpotong

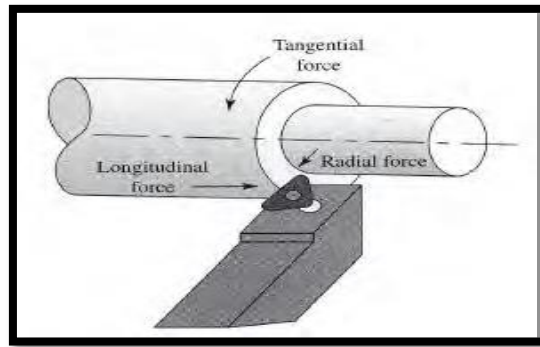
$$A = f \cdot a; \text{ mm}^2, \text{ maka:}$$

$$Z = f \cdot a \cdot v; \text{ cm}^3/\text{min} \dots \dots \dots (2.10)$$

Kecepatan potong dan kecepatan pemakanan berbeda-beda untuk tiap jenis material pahat dan jenis material yang mengalami proses bubut. Tabel kecepatan potong dan kecepatan pemakanan untuk pahat HSS dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

### 2.1.3 Gaya Potong

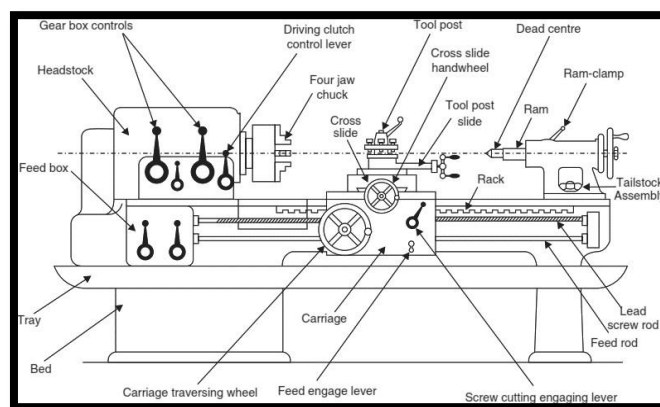
Proses pengerjaan bubut adalah merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengurangi diameter benda kerja dengan menggunakan pahat bermata tunggal. Selama proses pembubutan akan timbul gaya-gaya reaksi pada benda kerja. Gaya yang terjadi yaitu gaya tangensial, gaya radial dan gaya longitudinal seperti terlihat pada gambar 2.3. Gaya tangensial adalah merupakan suatu gaya yang datangnya searah dengan putaran benda kerja. Pada operasi normal gaya ini merupakan gaya terbesar dengan jumlah sekitar 98% dari total gaya yang diperlukan untuk operasi. Gaya longitudinal terjadi sejajar dengan sumbu benda kerja dan mewakili hambatan dari pemakanan mata pahat. Besarnya gaya ini biasanya 50% gaya tangensial. Namun jika kecepatan pemakanan rendah, hanya diperlukan sekitar 1% dari total gaya yang diperlukan. Gaya radial terjadi pada arah radial benda kerja dan gayanya paling kecil dibandingkan dengan dua gaya lainnya.



Gambar 6 Gaya-gaya pada proses bubut  
Sumber : ( Kalpakjian, 2008 )

#### 2.1.4 Bagian Utama Mesin Bubut Konvensional

Bagian-bagian utama dari setiap mesin bubut umumnya sama walaupun memiliki perbedaan merk dan pabrik pembuatnya, hanya saja hal yang menjadi pembeda adalah tuas (*handle*) pengatur kecepatan potong, tuas pengatur kecepatan pemakanan, tuas pengatur kecepatan putar *spindle*, tombol *turn on* dan *turn off*, tabel penunjuk proses pembubutan dan rangkaian roda gigi pengganti kecepatan. Dalam hal pengoperasiannya setiap mesin bubut juga tidak jauh berbeda. Berikut ini akan diuraikan dari mesin bubut sesuai dengan gambar 2.6.



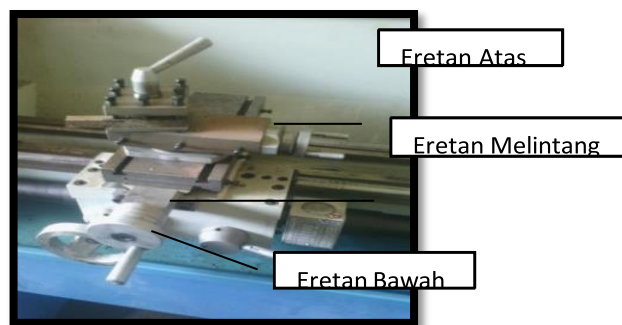
Gambar 7 Komponen Mesin Bubut  
Sumber: (Gupta, & Mittal, 2009)

##### 1. Motor penggerak

Motor penggerak merupakan sumber penggerak utama dari mesin bubut. Motor ini berfungsi untuk menggerakkan *spindle* yang nantinya akan memutar benda kerja. Motor penggerak yang biasa digunakan adalah motor penggerak arus searah (DC) dengan kecepatan putar yang variabel.

## 2. Eretan

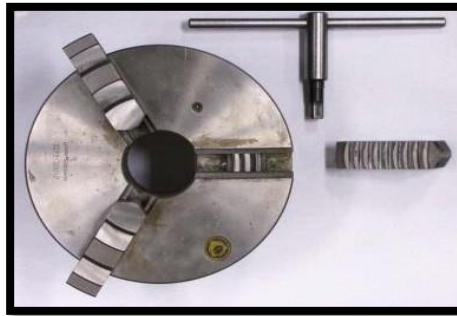
Eretan atau *carriage* adalah bagian yang digunakan untuk menggerakkan pahat sehingga pahat melakukan gerakan pemakanan terhadap benda kerja. Terdapat tiga buah eretan pada tiap mesin bubut konvensional yaitu, eretan memanjang (*longitudinal carriage*) berfungsi untuk menggerakkan eretan searah dengan meja mesin (*bed* mesin), eretan melintang (*cross carriage*) berfungsi untuk eretan melintang terhadap meja mesin atau tegak lurus dengan sumbu benda kerja dan eretan atas (*top carriage*) berfungsi untuk mengatur pergerakan eretan sesuai dengan sudut yang diinginkan.



Gambar 8 Eretan (carriage)  
Sumber : (Saddam, 2010)

## 3. Cekam (*chuck*)

Cekam adalah alat yang digunakan untuk memegang benda kerja saat proses pembubutan. Terdapat beberapa jenis cekam yang ada pada mesin bubut yaitu cekam dengan rahang tiga terpusat dan cekam dengan rahang tiga dan empat yang bergerak sendiri-sendiri. Cekam rahang tiga berfungsi untuk memegang benda kerja yang berbentuk silindris dan rahang pada cekam jenis ini bergerak secara bersamaan ketika dikunci atau ketika akan melepaskan benda kerja. Cekam dengan rahang tiga dan empat yang bergerak secara sendiri-sendiri biasa digunakan untuk memegang benda-benda yang tidak silindris. Rahang pada cekam jenis ini bergerak sendiri-sendiri saat mengunci benda kerja atau melepaskan benda kerja.



Gambar 9 Cekam (chuck)  
Sumber : (Saddam, 2010)

#### 4. Kepala lepas

Kepala lepas pada mesin bubut memiliki banyak fungsi. Fungsi utama dari kepala lepas adalah untuk memasang *center* yaitu alat yang digunakan untuk mengecek ketinggian dari mata pahat terhadap pusat dari benda kerja. Kepala lepas juga digunakan untuk menahan benda kerja yang memiliki dimensi yang panjang dan berfungsi dalam proses pengeboran. Kepala lepas ini berfungsi untuk memasang mata bor.



Gambar 10 Kepala Lepas  
Sumber : (Saddam, 2010)

#### 5. Kepala tetap

Kepala tetap berfungsi sebagai tempat dari transmisi penggerak mesin bubut. pada kepala tetap ini juga terdapat tuas-tuas pengatur kecepatan potong, kecepatan pemakanan dan kecepatan *spindle*. Tabel-tabel untuk proses pembubutan juga terdapat pada kepala tetap.



Gambar 11 Kepala Tetap  
Sumber : (Saddam, 2010)

#### 6. Rumah pahat (*tool post*)

Rumah pahat berfungsi sebagai tempat pemasangan pahat bubut. Gambar 2.12 adalah rumah pahat yang biasa digunakan pada mesin bubut konvensional. Rumah pahat jenis ini dapat memegang pahat sebanyak empat buah sekaligus.



Gambar 12 Rumah pahat (tool post)  
Sumber : (Saddam, 2010)

#### 7. Kran pendingin

Kran pendingin berfungsi untuk menyalurkan cairan pendingin (*coolant*) saat proses pembubutan. Pemberian cairan pendingin ini berfungsi untuk mendinginkan benda kerja dan pahat potong pada saat proses pembubutan sehingga pahat tidak mudah aus. Gambar 2.13 di bawah ini menunjukkan gambar dari kran pendingin.



Gambar 13 Kran pendingin  
Sumber : (Saddam, 2010)

## ***2.2 Predictive maintenance***

Predictive maintenance adalah salah satu teknik perawatan yang bersifat prediksi. Predictive maintenance atau pemeliharaan prediktif adalah teknik yang dirancang untuk membantu menentukan kondisi peralatan untuk memprediksi kapan pemeliharaan harus dilakukan. Perawatan ini menjanjikan penghematan biaya lebih dari pemeliharaan rutin atau berbasis waktu, karena tugas dilakukan hanya bila dilakukan sesuai data prediksi. Keuntungan predictive maintenance adalah untuk memungkinkan penjadwalan pemeliharaan korektif, dan untuk mencegah kegagalan peralatan yang tak terduga. Dengan mengetahui peralatan butuh pemeliharaan, pekerjaan pemeliharaan dapat lebih terencana sehingga meningkatkan ketersediaan industry. Keuntungan potensial lainnya termasuk peningkatan umur hidup penggunaan alat, peningkatan keselamatan instalasi, menurunkan tingkat kecelakaan kerja, dan meningkatkan produktivitas kerja.

Predictive maintenance berbeda dari preventive maintenance terutama pada kebutuhan pemeliharaannya, jika predictive maintenance berdasarkan kondisi mesin yang sebenarnya, sedangkan preventive maintenance berdasarkan jadwal yang telah ditetapkan. Pada industri yang memiliki banyak mesin penting dan sebagian besar tidak memiliki mesin cadangan atau jika terjadi terhentinya produksi yang tidak terjadwal akan menimbulkan kerugian yang besar, predictive maintenance dengan pola condition-based maintenance (CBM) dianggap lebih efektif dan efisien pada karena pemeliharaan dilakukan berdasarkan hasil pengamatan (monitoring) dan analisa untuk menentukan kondisi dan kapan pemeliharaan akan dilaksanakan.

Berbeda dengan pola pemeliharaan time-based maintenance (TBM) yang pemeliharaannya dilakukan berdasarkan pada jam operasi peralatan / komponen tanpa mempertimbangkan peralatan / komponen tersebut masih baik atau tidak, contohnya : mesin dilakukakn pemeliharaan setiap 3000 jam operasi/sekali setahun).

Pemeliharaan Berbasis Kondisi (CBM) adalah perawatan yang digunakan oleh industri secara aktif mengelola kondisi kesehatan aset untuk melakukan pemeliharaan ketika dibutuhkan dan paling tepat waktu. CBM dapat mengurangi biaya perawatan dan meningkatkan keamanan aset yang membutuhkan pemeliharaan. Pemeliharaan korektif / reaktif dapat dilakukan dengan pencegahan / pemeliharaan terjadwal menggantikan bagian sebelumnya akhir dari masa manfaatnya. CBM mengoptimalkan tradeoff antara biaya pemeliharaan dan biaya kinerja dengan meningkatkan ketersediaan dan keandalan sambil menghilangkan yang tidak perlu kegiatan pemeliharaan.

### **2.2.1 Manfaat dan Tujuan *Predictive Maintenance***

Manfaat dari predictive maintenance adalah :

1. Memperpanjang umur operasi mesin Dengan mengetahui kerusakan mesin sejak dini melalui predictive maintenance, maka perawatan dapat dilakukan jauh sebelum kondisi mesin turun. Ketika kondisi mesin sudah jauh dari kondisi normalnya dapat mempengaruhi produktifitas yang dihasilkan.
2. Menjaga kualitas produksi Dengan menjaga kondisi mesin secara kontinyu kegiatan produksi dapat berjalan dengan baik,dengan peralatan produksi yang baik maka kualitas produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan standar yang ditentukan.
3. Mengurangi potensi kecelakaan kerja Kondisi mesin yang tidak dalam kondisi terbaik dapat membahayakan operatuor yang mengoperasikan mesin. Dengan adanya perawatan secara baik dapat mengurangi potensi bahaya terhadap keselamatan operator.

### **2.2.2 Metode dalam *Predictive Maintenance***

Upaya untuk mendeteksi timbulnya awal degradasi dengan tujuan menganalisa degradasi tersebut sebelum terjadi kegagalan pada komponen. Untuk itu predictive maintenance memiliki beberapa metode yaitu :

1. Vibration Monitoring (Pemantauan terhadap getaran)

2. Thermography (Pemantauan terhadap temperatur)
3. Oil Analysis (Pemantauan terhadap minyak)
4. Ultrasonic Analysis (Pemantauan terhadap suara)
5. Motor Analysis (Pemantauan terhadap motor listrik)
6. Performance Trending (Pemantauan terhadap tren performa)

## **2.3 Analisa Getaran**

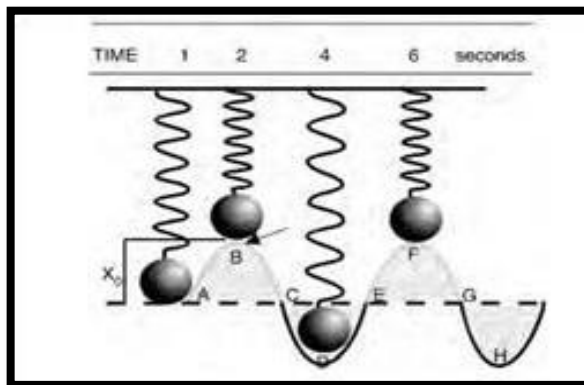
### **2.3.1 Pengertian Getaran**

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran berhubungan bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu *engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya. Getaran adalah gerak bolak balik atau gerak osilasi suatu benda yang mempunyai massa dan mempunyai elastisitas seperti sistem pegas massa.

Pada dasarnya setiap komponen atau mesin yang beroperasi akan menghasilkan getaran. Namun pada sebagian besar mesin, getaran dengan level yang tinggi ini tidak diinginkan karena selain meningkatkan tegangan juga mengurangi energi yang seharusnya digunakan untuk kefungsiian mesin itu sendiri.

Pada dasarnya setiap komponen atau mesin yang beroperasi akan menghasilkan getaran. Namun pada sebagian besar mesin, getaran dengan level yang tinggi ini tidak diinginkan karena selain meningkatkan tegangan juga mengurangi energi yang seharusnya digunakan untuk kefungsiian mesin itu sendiri. Getaran dapat dilihat dimana-mana, misalnya sebuah pegas dimana ujung atasnya dilekatkan pada benda diam dan ujung bawahnya diberikan beban seperti pada gambar 2.14 dibawah ini.





Gambar 14 Getaran per Waktu  
Sumber : (Hermawan. 1990)

Secara umum, gerak getaran merupakan suatu fungsi periodik di mana fungsi periodik tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan 2.14. Secara umum, gerak getaran merupakan suatu fungsi periodik. Fungsi periodik dapat dinyatakan sebagai :

$$X(t) = X(t+T) \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

Getaran juga memiliki 3 ukuran yang dijadikan sebagai parameter dari pengukuran suatu getaran. Ketiga parameter itu ialah sebagai berikut:

#### 1. Amplitudo

Amplitudo juga diartikan sebagai jarak atau simpangan terjauh dari titik keseimbangan dalam sinusoidal. Amplitudo ialah nilai besar sinyal vibrasi yang dihasilkan dari pengukuran vibrasi yang menunjukkan besar gangguan atau vibrasi yang terjadi. Makin besar amplitudo maka makin besar getaran atau gangguan pada suatu benda atau media.

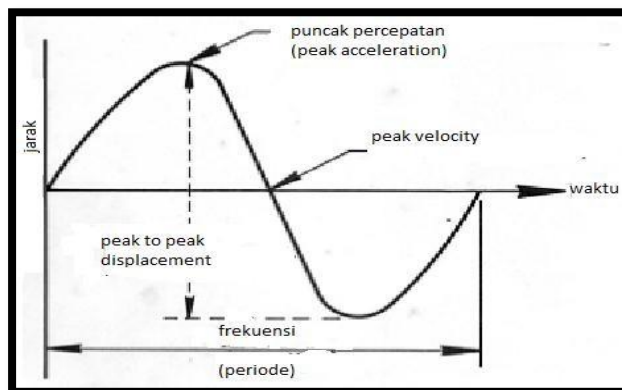
#### 2. Frekuensi

Frekuensi yaitu banyaknya jumlah getaran gelombang dalam satu putaran waktu. Frekuensi dari pengukuran vibrasi dapat mengartikan jenis gangguan yang terjadi. Frekuensi juga biasanya ditunjukkan dalam satuan *hertz*(Hz).

#### 3. Fase Vibrasi

Phase merupakan penggambaran akhir dari karakteristik suatu getaran atau vibrasi pada suatu benda atau mesin yang sedang bekerja. Phase merupakan perpindahan posisi dari bagian-bagian yang bergetar secara relative untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar

Karakteristik getaran digunakan untuk mengetahui masalah dari pengukuran getaran suatu benda atau media seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 15 Karakteristik Getaran  
Sumber : (Hermawan. 1990)

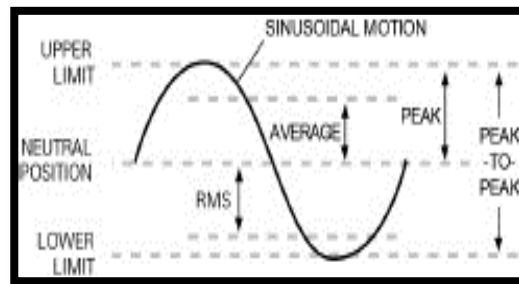
### 2.3.2 Jenis Getaran

Getaran dibagi menjadi dua klasifikasi, antara lain:

1. Getaran bebas didefinisikan sebagai getaran yang terjadi pada suatu sistem (mekanisme) tanpa adanya pengaruh gaya luar (eksitasi) yang memengaruhinya. Dengan kata lain, eksitasi diberikan pada awal saja, setelah itu benda akan berosilasi. Contohnya adalah gerakan pendulum pada.
2. Getaran paksa dapat didefinisikan sebagai getaran yang terjadi pada suatu sistem karena adanya rangsangan gaya luar (eksitasi). Sebagai contoh adalah getaran pada motor diesel. Jika rangsangan tersebut berosilasi maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem maka akan didapat keadaan resonansi, dan osilasi besar dapat menimbulkan balnya. Kerusakan struktur yang terjadi pada gedung, jembatan, turbin, dan sayap pesawat berhubungan dengan fenomena resonansi ini.

### 2.3.3 Amplitudo Getaran

Didefinisikan sebagai besaran simpangan maksimum dari benda yang bergetar. Amplitudo memiliki elemen-elemen yang digunakan sebagai hasil pembacaan pengukuran, antara lain adalah seperti pada gambar 2.16.



Gambar 16 Elemen-elemen pada amplitudo getaran  
Sumber : (Hermawan. 1990)

Elemen-elemen ini dapat dikonversikan antara satu dengan lainnya berdasarkan tabel 2.3 berikut:

Tabel 1 Konversi Antar Elemen Amplitudo

	Peak - to peak X	Peak X	RMS x	Average X
Peak-to-peak =	1	2	2.828	3.142
Peak =	0.5	1	1.414	1.571
RMS =	0.354	0.707	1	1.5
Average =	0.318	0.636	0.9	1

Sumber : (Hermawan. 1990)

Kebanyakan gelombang getaran tidak berbentuk sinusoidal pada prakteknya sehingga elemen *peak-to-peak* menjadi kurang valid untuk pembacaan data. Perlu diketahui juga bahwa jika waktu pengukuran tidak sama antara pengukuran berikutnya, serta pengukuran yang dilakukan secara berulang juga tidak akan mendapatkan hasil yang sama persis bahkan saat menjaga semua prosedur pengukuran yang benar. Ini adalah fakta bahwa nilai dari RMS (*root mean square*) yang akan dihitung dari bentuk gelombang acak pada setiap pengukuran dan digunakan sebagai hasil pembacaan pengukuran.

Amplitudo getaran dapat dinyatakan sebagai *displacement*, *velocity*, ataupun *acceleration* berikut pengertian dari ketiga karakteristik tersebut:

#### 1. *Displacement* (x)

*Displacement* atau bisa disebut perpindahan adalah perubahan aktual dalam jarak atau posisi suatu objek yang relatif terhadap titik referensi. Satuan SI yang digunakan yaitu  $\mu\text{m}$ .

## 2. *Velocity*

*Velocity* atau kecepatan adalah laju perubahan perpindahan terhadap waktu, atau seberapa cepat suatu komponen bergerak untuk menempuh suatu perpindahan (*displacement*). Satuan SI yang digunakan yaitu mm/s.

## 3. *Acceleration*

*Acceleration* atau akselerasi adalah laju perubahan kecepatan terhadap waktu. Akselerasi umumnya dinyatakan dalam konstanta gravitasi (g) dengan 1 g adalah 32,17 ft/s atau 9.81 m/s<sup>2</sup>.

Untuk pengukuran nilai getaran yang biasa digunakan adalah *velocity* dengan interval frekuensi 10 – 1.000 Hz, sedangkan *displacement* digunakan untuk frekuensi <10 Hz dan *acceleration* digunakan pada frekuensi >1.000 Hz (ALENA BILOŠOVÁ, 2012).

### 2.3.4 Pengukuran Getaran

Dalam suatu pengukuran getaran mesin tujuan utama adalah untuk mendapatkan data dimana dengan melalui pemantulan sinyal getaran secara berkala maka kita dapat mengetahui kondisi mesin yang sebenarnya. Data-data tersebut merupakan sumber informasi yang sangat berharga tentang kelainan atau kerusakan yang diketahui beserta spectrum getarannya. Dengan demikian kerusakan dan kelainan yang sama yang pernah terjadi akan dapat diidentifikasi dengan cepat. Selain itu data-data tersebut dapat juga dimanfaatkan untuk mengubah spesifikasi rancangan sehingga tingkat keandalan mesin dapat dinaikkan.

Pengukuran getaran permesinan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

#### 1) Pengukuran untuk mengetahui level getaran

Pengukuran ini umumnya melibatkan data sinyal getaran dalam domain waktu. Dari pengukuran tersebut diperoleh informasi level getaran yang stabil dalam besaran rms (root mean square). Hasil pengukuran level getaran umumnya untuk dibandingkan dengan besaran standar (standar ISO) sehingga dapat diketahui getaran mesin tersebut dalam batas aman atau tidak.

#### 2) Pengukuran untuk analisis getaran.

Pengukuran ini lebih rumit daripada pengukuran level getaran karena melibatkan sinyal getaran dalam domain waktu maupun dalam domain

frekuensi. Alat ukur yang digunakan adalah jenis CSI (Computational System Incorporated) sehingga dapat dilakukan proses konversi dari data domain waktu ke domain frekuensi. CSI ini dapat juga dilakukan untuk pengolahan data lebih lanjut yang mananantinya berguna untuk analisis sinyal getaran untuk memperoleh keperluan diagnosa kemungkinan kegagalan dalam mesin tersebut. Pengukuran ini biasanya dilakukan untuk mencari kerusakan secara detail.

### 3) Teknik Pengukuran Getaran Mesin

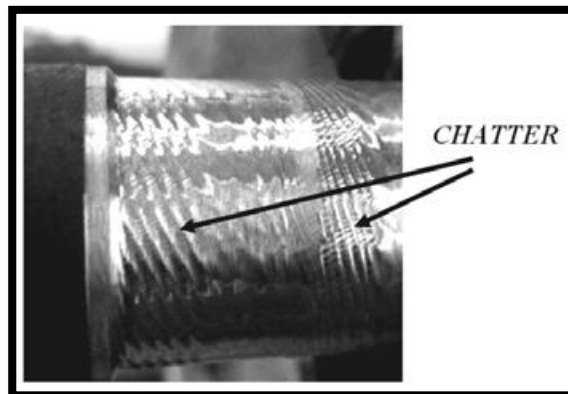
Posisi dan Arah Pengukuran getaran pada suatu mesin secara normal diambil pada bearing dari mesin tersebut. Tranduser sebaiknya harus ditempatkan sedekat mungkin dengan bearing mesin karena melalui bearing tersebut gaya getaran dari mesin ditransmisikan. Gerakan bearing adalah merupakan hasil reaksi gaya dari mesin tersebut. Disamping karakteristik getaran seperti Amplitudo, frekuensi dan phase ada karakteistik lain dari getaran yang juga mempunyai arti yang sangat penting yaitu arah dari gerakan getaran, hingga perlu bagi kita untuk mengukur getaran dari berbagai arah.

Berdasarkan fungsinya arah pengukuran menunjukkan bahwa ada tiga arah pengukuran yang sangat penting yaitu horizontal, vertikal, dan axial. Arah horizontal dan vertikal bearing disebut dengan arah radial. Arah pengukuran ini biasanya didasarkan pada posisi sumbu tranduser terhadap sumbu putaran dari shaft mesin. Arah ini juga sangat penting artinya dalam analisa suatu getaran

#### **2.3.5 Chatter**

*Chatter* adalah fenomena terjadinya getaran yang berlebihan pada saat proses pemesinan sedang berlangsung, dimana proses tersebut masuk dalam daerah terlarang yaitu daerah tidak stabil (*unstable*). *Chatter* ini disebabkan oleh perubahan tebal geram dan perubahan ini proporsional dengan perubahan gaya potong yang mengeksitasi sistem getaran mesin perkakas. Getaran yang berlebihan tidak hanya terjadi antara pahat dan benda kerja saja tetapi juga pada seluruh struktur mesin perkakas seperti *spindle head*, bantalan, poros penggerak, ulir penggerak dan lain-lain (Suhardjono, 2000).

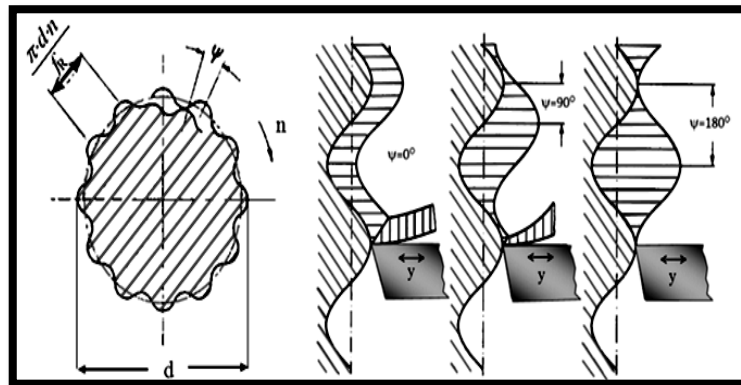
*Chatter* adalah merupakan sesuatu yang harus dihindari dalam proses pembubutan karena dapat menyebabkan timbulnya gelombang yang berlebihan pada permukaan hasil pemotongan sehingga menurunkan kualitas suatu produk. Kerugian lain yang bias ditimbulkan oleh *chatter* adalah meningkatnya kecepatan keausan pahat, timbulnya suara bising yang dapat mengganggu pendengaran operator dan penurunan umur mesin perkakas. Karena banyaknya kerugian yang dapat disebabkan oleh *chatter* baik pada produk, pahat, operator maupun pada mesin perkakas maka sebaiknya *chatter* harus dihindari selama proses pembubutan. Beberapa upaya yang mungkin dilakukan untuk menghindari terjadinya *chatter* selama pemotongan adalah dengan mengetahui batas stabilitas proses pemotongan dari suatu mesin perkakas dan dengan menggunakan alat bantu sistem peredam untuk mengurangi terjadinya getaran selama proses pemotongan berlangsung. Contoh permukaan produk hasil bubutan yang mengalami *chatter* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 17 Permukaan benda kerja yang mengalami chatter

Secara umum *chatter* yang terjadi pada proses bubut disebabkan oleh efek regeneratif selama proses pembubutan berlangsung. *Chatter* karena efek regeneratif adalah bahwa energi yang diberikan ke sistem akibat modulasi tebal geram oleh pengaruh permukaan yang bergelombang dari proses pemotongan sebelumnya. Modulasi tebal geram ini disebabkan oleh adanya pergeseran fasa antara gelombang dari proses pemotongan sebelumnya dengan gelombang permukaan pada saat pemotongan sedang berlangsung.

Gambar fluktuasi tebal geram akibat beda fasa dapat dilihat pada gambar 2.18 berikut ini.



Gambar 18 Fluktuasi tebal geram akibat beda fasa  
Sumber : (Suhardjono, 2000)

Pada Gambar 2.18 diatas terlihat bahwa, ketika sudut fasa  $\phi = 0^\circ$  gelombang permukaan saat proses pemotongan berlangsung tepat pada gelombang permukaan putaran sebelumnya. Pada fasa ini tebal geram tetap sehingga gaya potong konstan (tidak berfluktuasi) akibatnya pada fasa ini tidak terjadi *chatter*. Pada sudut fasa  $\phi = 90^\circ$  terjadi pergeseran fasa antara gelombang permukaan saat proses pemotongan berlangsung dan gelombang permukaan dari proses pemotongan sebelumnya sejauh  $90^\circ$ . Pada fasa ini terjadi perubahan tebal geram sehingga gaya potong berfluktuasi. Dengan gaya potong yang berfluktuasi akan menimbulkan *chatter*. Fluktuasi gaya potong terbesar akan terjadi pada beda fasa  $\phi = 180^\circ$ .

## 2.4 Alat Ukur Getaran

Dalam pengambilan data suatu getaran agar supaya informasi mengenai data getaran tersebut mempunyai arti, maka kita harus mengenal dengan baik alat yang akan kita gunakan. Ada beberapa alat standard yang biasanya digunakan dalam suatu pengukuran getaran. Pemilihan dari tipe instrumen-instrumen tersebut bergantung pada kemampuan dari instrumen itu terhadap tujuan kita melakukan pengukuran dan persyaratan personal yang menggunakannya.

### 1. Vibration meter

Vibration meter biasanya bentuknya kecil dan ringan sehingga mudah dibawa dan dioperasikan dengan battery serta dapat mengambil data getaran pada suatu mesin dengan cepat. Pada umumnya terdiri dari sebuah probe, kabel dan meter

untuk menampilkan harga getaran. Alat ini juga dilengkapi dengan switch selector untuk memilih parameter getaran yang akan diukur. Vibration meter ini hanya membaca harga overall (besarnya level getaran) tanpa memberikan informasi mengenai frekuensi dari getaran tersebut. Pemakaian alat ini cukup mudah sehingga tidak diperlukan seorang operator yang harus ahli dalam bidang getaran. Pada umumnya alat ini digunakan untuk memonitor “trend getaran” dari suatu mesin. Jika trend getaran suatu mesin menunjukkan kenaikan melebihi level getaran yang diperbolehkan, maka akan dilakukan analisa lebih lanjut dengan menggunakan alat yang lebih lengkap.

## 2. Vibration Analyzer

Alat ini mempunyai kemampuan untuk mengukur amplitudo dan frekuensi getaran yang akan dianalisa. Karena biasanya sebuah mesin mempunyai lebih dari satu frekuensi getaran yang ditimbulkan, frekuensi getaran yang timbul tersebut akan sesuai dengan kerusakan yang terjadi pada mesin tersebut. Alat ini biasanya dilengkapi dengan meter untuk membaca amplitudo getaran yang biasanya juga menyediakan beberapa pilihan skala. Alat ini juga memberikan informasi mengenai data spektrum dari getaran yang terjadi, yaitu data amplitudo terhadap frekuensinya, data ini sangat berguna untuk analisa kerusakan suatu mesin. Dalam pengoperasiannya vibration analyzer ini membutuhkan seorang operator yang sedikit mengerti mengenai analisa vibrasi.

## 3. Shock Pulse Meter

Shock pulse meter adalah alat yang khusus untuk memonitoring kondisi antifricition bearing yang biasanya sulit dideteksi dengan metode analisa getaran yang konvensional. Prinsip kerja dari shock pulse meter ini adalah mengukur gelombang kejut akibat terjadi gaya impact pada suatu benda, intensitas gelombang kejut itulah yang mengindikasikan besarnya kerusakan dari bearing tersebut. Pada sistem SPM ini biasanya memakai transducer piezo-electric yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai frekuensi resonansi sekitar 32 KHz. Dengan menggunakan probe tersebut maka SPM ini dapat mengurangi pengaruh getaran terhadap pengukuran besarnya impact yang terjadi. Pemilihan titik ukur pada rumah bearing adalah sangat penting karena gelombang kejut ditransmisikan dari bearing ke transducer melalui dinding dari rumah bearing,



sehingga sinyal tersebut bisa berkurang karena terjadi pelemahan pada saat perjalanan sinyal tersebut. Beberapa prinsip yang secara umum bisa dipakai sebagai acuan dalam menentukan titik ukur sebagai berikut:

1. Jejak sinyal antara bearing dengan probe harus sedekat mungkin.
2. Probe harus ditempatkan sedekat mungkin terhadap daerah beban dari bearing.
3. Lintasan sinyal harus terdiri dari satu sistem mekanis antara bearing dengan rumah bearing. Sebagai contoh, apabila pada rumah bearing digunakan cover sebagai sistem mekanis kedua, maka titik ukur tidak boleh diambil pada posisi ini.
4. Osciloskop

Osciloskop adalah salah satu peralatan yang berguna untuk melengkapi data getaran yang akan dianalisa. Sebuah osciloskop dapat memberikan sebuah informasi mengenai bentuk gelombang dari getaran suatu mesin. Beberapa kerusakan mesin dapat diidentifikasi dengan melihat bentuk gelombang getaran yang dihasilkan, sebagai contoh, kerusakan akibat unbalance atau misalignment akan menghasilkan bentuk gelombang yang spesifik, begitu juga apabila terjadi kelonggaran mekanis (mechanical looseness), oil whirl atau kerusakan pada anti friction bearing dapat menghasilkan gelombang dengan bentuk-bentuk tertentu. Osciloskop juga dapat memberikan informasi tambahan yaitu : untuk mengevaluasi data yang diperoleh dari transduser non- contact (proximitor). Data ini dapat memberikan informasi pada kita mengenai posisi dan getaran shaft relatif terhadap rumah bearing, ini biasanya digunakan pada mesin- mesin yang besar dan menggunakan sleeve bearing (bantalan luncur) Disamping itu dengan menggunakan dual oscilloscop (yang memberikan fasilitas pembacaan vertikal maupun horizontal), dan minimal dua transduser non-contact pada posisi vertikal dan horizontal maka kita dapat menganalisa kerusakan suatu mesin ditinjau dari bentuk “orbit”nya.

## **2.5 VIBXPert II**

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini untuk menganalisa getaran pada mesin bubut adalah *VIBXpert II* yang dimana merupakan kolektor data all-in-one analyzer. Hasil pengukuran yang didapat yaitu berupa frekuensi dan amplitudo

getaran. Alat ini mampu untuk mengukur frekuensi dan amplitudo getaran yang akan dianalisa. Selain dilengkapi dengan berbagai pilihan parameter pengukuran, alat ini juga mampu memberikan informasi mengenai data spektrum dari getaran dan shock pulse yang terjadi, dimana data ini sangat berguna untuk menganalisa kerusakan suatu mesin didalam kegiatan predictive maintenance. Pada alat ukur ini sensor yang digunakan adalah sensor transduser magnet dengan limit 5000 Hz.

VIBXPERT mencatat semua jenis getaran mesin, kondisi bantalan serta data proses dan inspeksi visual, dan mentransfer informasi ini ke perangkat lunak pemeliharaan OMNITREND untuk evaluasi, pengarsipan, dan dokumentasi. VIBXPERT II menggabungkan fitur yang terbukti handal dengan keunggulan prosesor cepat dan layar warna jernih terang dengan energi efisien, Ini menunjukkan penggunaan komponen pintar yang tidak mengesampingkan konsumsi daya rendah.

Kombinasi beragam fitur dan pengoperasian yang mudah menjadikan VIBXPERT pilihan efektif untuk berbagai aplikasi:

1. Akurasi pengukuran tinggi dan pengumpulan data berkecepatan tinggi.
2. Mode pengoperasian rute pengumpulan data rutin untuk pemeliharaan berbasis kondisi keuangan,
3. Multimode untuk pengukuran individual untuk diagnosis mesin 'Penyeimbangan' dalam satu atau dua bidang (opsional).
4. Templat mesin' untuk tugas pengukuran berulang dalam lingkup pengukuran penerimaan atau layanan.
5. Hampir setiap jenis sensor dapat dihubungkan, satu atau dua saluran pengukuran (analog).

Perangkat Keras;

1. Dua saluran pengukuran sinkron untuk diagnosis kompleks pengukuran (misalnya getaran poros).
2. Kapasitas penyimpanan tidak terbatas (Standar: CompactFlash 2 GB).
3. Tahan debu dan tahan cipratan air (IP65) - ideal untuk digunakan di lingkungan yang berat pada lingkungan industry
4. Teknologi konektor yang kompatibel dengan VIBSCANNER (kabel yang sama)

- Konektor untuk termokopel NiCrNi
- Konektor untuk headphone

Pengumpulan data dan analisis data sebagai berikut:

Nilai keseluruhan :

1. Akselerasi getaran, kecepatan, perpindahan
2. Arus & tegangan (parameter proses)
3. Pulsa kejut (kondisi bantalan)
4. Suhu
5. RPM

Sinyal:

1. Pengumpulan data berbasis frekuensi dan berdasarkan pesanan
2. Amplitudo, amplop, spektrum pesanan
3. Lambang
4. Bentuk gelombang waktu
5. Pengukuran fase (sinkron, lintas saluran)
6. Pergerakan poros dinamis (Perpindahan orbit dan poros)

Analisis struktural:

1. Analisis coast down / run up (frekuensi natural, mesin)
2. Uji impak (frekuensi alami, komponen mesin)

Pengukuran lanjutan

1. 1+1 pengukuran ganda (pengukuran 2 saluran secara bersamaan)
2. Multitask (mengukur beberapa tugas pengukuran secara berurutan)
3. Penyeimbangan di lokasi dalam satu atau dua bidang - TrendingSpectrum (pengukuran memberikan sinyal waktu, spektrum, dan beberapa nilai keseluruhan karakteristik, dalam mode rutedan templat).
4. Rekaman



Gambar 19 VIBXpert II

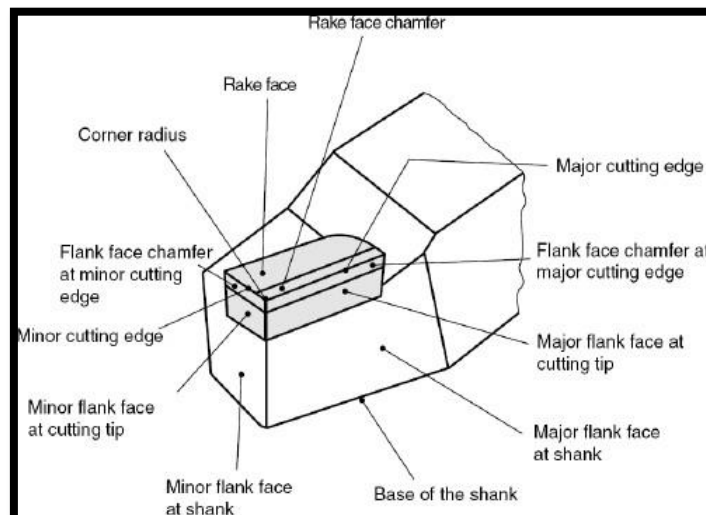
Sumber : Laboratorium Teknologi Mekanik Teknik Mesin UNHAS

## 2.6 Materi Pahat Potong

Perkakas atau pahat potong yang digunakan pada mesin perkakas untuk proses pemesinan merupakan komponen yang utama. Menurut bentuk keseluruhan, pahat potong dapat dikenali dengan nama yang dikaitkan dengan proses pemesinan seperti, pahat bubut (*turning tools*), pahat gurdi (*drilling tools*), pahat pelubang (pelebar dan penghalus lubang, *boring tools*), pahat ulir (*threading tools*), pahat freis (*milling cutter*), pahat sekrap (*shaping tools*) dan pahat gergaji (*saw*) (Rochim, 2007). Dalam penelitian kali ini dikhususkan untuk meneliti pahat bubut. Fungsi utama dari pahat bubut adalah mengurangi dimensi dari benda kerja. Pahat bubut berperan sangat penting dalam proses pemesinan terutama dalam proses bubut, oleh karena dimensi dan geometri dari pahat bubut harus diperhatikan agar benda kerja yang dihasilkan sesuai dengan ketentuan yang ada yaitu dari dimensi dan kekasaran benda kerja.

### 2.4.1 Geometri Pahat

Dalam bidang pemesinan, geometri alat potong biasanya didefinisikan sesuai dengan standar DIN 6580 dan 6581. Gambar pahat bubut yang sesuai dengan standar DIN 6581 dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 20 Geometri pahat bubut sesuai dengan DIN 6581  
Sumber : (Sutopo, 2007)

### 1. Permukaan *Flank* (*flank faces*)

Permukaan *Flank* adalah area pada sisi potong yang sejajar dengan permukaan potong (*cut surfaces*). Jika permukaan *flank* ini diberi *chamfer*, selanjutnya disebut bagian ini disebut *flank face chamfer*.

### 2. Permukaan *Rake* (*rake faces*)

Permukaan *Rake* adalah permukaan di mana tatal (*chip*) bergerak dan menggesek bidang tersebut. Jika permukaan atau bidang *rake* juga diberi *chamfer* kemudian disebut *rake face chamfer*.

### 3. Sisi potong

#### a. Sisi potong utama (*major cutting edges*)

Didefinisikan sebagai sisi pemotong, ketika dilihat dari area bidang kerja pada arah gerak makan yang sesuai.

#### b. Sisi potong minor

Didefinisikan sebagai sisi pemotong tetapi jika dipandang dari area bidang kerja bukanlah berbentuk titik pada arah yang sesuai dengan gerak makan.

### 4. Pojok alat potong (*corners*)

#### a. Pojok sisi potong

Didefinisikan sebagai titik bertemunya sisi potong mayor dan sisipotong minor.

#### b. Radius pahat (*corner radius*)

Adalah bentuk radius pada ujung alat potong (pojok). Radius pahat diukur dalam bidang referensi pahat (*tool reference plane*) (Sutopo, 2007).

#### **2.4.2 Definisi Pahat**

Material Pahat Dalam proses permesinan pahat memegang peranan penting dalam pembubutan. Pemilihan material yang benar akan memperpanjang umur pahat dan menentukan hasil suatu proses. Untuk membuat bearing tentu membutuhkan jenis pahat yang berbeda dengan membuat shaft pompa sentrifugal dan lain sebagainya. Oleh karena itu dikenal berbagai material penyusun pahat. Proses pembentukan geram dengan cara permesinan berlangsung dengan mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja. Keunggulan tersebut dilihat dari segi (Rochim, 1993):

a. Kekerasan

Melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperature ruang melainkan juga pada temperatur tinggi saat proses pembentukan gera berlangsung.

b. Keuletan

Cukup untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu permesinan dengan interupsi maupun sewaktu memotong benda kerja yang mengandung pertikel / bagian yang keras.

c. Ketahanan beban kejut termal: Keunggulan yang dibutuhkan jika terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala.

d. Sifat adhesi yang rendah: Sifat ini mengurangi afinitas benda

e. kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.

f. Daya larut elemen / komponen material pahat yang rendah:

Kemampuan yang dibutuhkan demi memperkecil keausan akibat mekanisme difusi.

Kekerasan yang rendah dan daya adhesi yang tinggi tidak diinginkan sebab mata potong akan terdeformasi, terjadi keausan flank dan crater yang besar. Keuletan yang rendah serta ketahanan beban kejut termal yang kecil

mengakibatkan rusaknya mata potong maupun retak mikro yang menimbulkan kerusakan fatal.

Berikut merupakan urutan material pahat dari yang paling lunak tetapi ulet sampai paling keras tetapi getas (Rochim, 1993):

- a. Baja Karbon Tinggi (High Carbon Steel; Carbon Tool Steels)
- b. HSS (High Speed Steels; Tool Steels)
- c. Paduan Cor Nonferro (Cast Nonferrous Alloys; Cast Carbides)
- d. Karbida (Cemented Carbides; Hardmetals)
- e. Keramik (Ceramics)
- f. CBN (Cubic Boron Nitrides)
- g. Intan (Sintered Diamonds dan Natural Diamond )

### 2.4.3 Pahat Karbide

*Cemented carbide* atau karbida yang disemen merupakan material pahat yang dibuat melalui sintering serbuk karbida yang terdiri dari nitrida dan oksida dengan bahan pengikat berupa Cobalt (Co). Melalui carburizing masing-masing serbuk Tungsten, Titanium, Tantalum dibuat menjadi Karbida yang kemudian digiling dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk Karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat Co dan dicetak dengan memakai bahan pelumas. Setelah itu dilakukan presintering (10000C pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas) dan kemudian sintering (16000C) sehingga bentuk sisipan hasil proses cetak tekan akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula. Semakin besar prosentase pengikat Co maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Tiga jenis utama pahat karbida sisipan, yaitu: (Rochim, 1993).

- 1) Karbida Tungsten (WC+Co).

Merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (cast iron cutting grade).

- 2) Karbida Tungsten Paduan (WC-TiC+Co; WC-TiC-TaC-Co; WC TaC+Co; WC-TiC-TiN+Co; TiC+Ni,Mo).

Merupakan jenis pahat karbida untuk pemotongan baja (steel cutting grade) dan ada beberapa jenis jenis karbida paduan antara lain:

a) Karbida Tungsten (WC+Co).

Karbida Tungsten Murni yang merupakan jenis yang paling sederhana terdiri dari Karbida Tungsten (WC) dan pengikat (Co) Cobalt. Jenis yang cocok untuk permesinan dimana mekanisme keausan pahat terutama disebabkan oleh proses abrasi seperti terjadi pada berbagai besi tuang, apabila digunakan untuk baja maka akan terjadi keausan kawah yang berlebihan. Untuk pemmesinan baja digunakan jenis karbida tungsten paduan (Rochim, 1993).

b) Karbida (WC-TiC+Co)

Pengaruh utama dari TiC adalah mengurangi tendensi dari geram untuk melekat pada muka pahat (BUE: Built Up Edge) serta menaikkan daya 46 keausan kawah (Rochim, 1993).

c) Karbida (WC-TiC-TaC-Co)

Penambahan TaC menambah efek samping TiC yang menurunkan Transverse Rupture Strength, Hot Hardness dan Compressive Strength dipertinggi sehingga ujung pahat tahan terhadap deformasi plastik (Rochim 1993).

d) Karbida (WC-TaC+Co)

Pengaruh TaC adalah hampir serupa dengan pengaruh TiC, akan tetapi TaC lebih lunak dibandingkan dengan TiC. Jenis ini lebih tahan terhadap Thermal Shock cocok untuk pembuatan alur (Rochim, 1993).

e) Karbida Lapis (Cemented Carbide)

Merupakan jenis karbida tungsten yang dilapisi karbida, nitrida atau oksida lain. Umumnya sebagai material dasar menggunakan karbida tungsten (WC+Co) yang dilapisi dengan bahan keramik (karbida, nitrida, dan oksida yang tahan temperatur tinggi serta non adhesif). (Rochim 1993).

Karbida merupakan bahan yang paling keras dan mempunyai kekuatan kompresi yang sangat tinggi. namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap kondisi kerja panas. Untuk pengerjaan dengan mesin pada yang memiliki laju potong lebih tinggi, perkakas karbida dikembangkan di tahun 1930 (Kalpakjian,1997).



## 2.7 Baja ST 41

Baja adalah salah satu logam ferro yang banyak digunakan dalam dunia teknik dan industri. Kandungan baja yang utama diantaranya yaitu besi dan karbon. Kandungan besi (Fe) pada baja sekitar 97% dan karbon (C) sekitar 0,2% hingga 2,1% sesuai grade-nya. Selain unsur besi (Fe) dan karbon (C), baja mengandung unsur lain seperti mangan (Mn) dengan kadar maksimal 1,65%, silikon (Si) dengan kadar maksimal 0,6%, tembaga (Cu) dengan kadar maksimal 0,6%, sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbedabeda. Sifat dan produksi baja tersebut banyak dipengaruhi oleh sifat kimia dan proses pembuatannya. Untuk keperluan industri baja dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan beberapa karakteristik umum. (Nofri, Taryana,2017)

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur paduan lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian, atau penempaan unsur karbon dalam baja merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan keuletan baja tersebut, sebagai bahan produk, baja sering dijumpai dalam bentuk plat, batang, profil, dan sebagainya.

Klasifikasi Baja Karbon terdiri baja karbon rendah (Low Carbon Steel), baja karbon sedang (Medium Carbon Steel) dan baja karbon tinggi (High Carbon Steel). Baja Paduan terdiri dari Baja paduan rendah (Low Alloy Steel), Baja paduan menengah (Medium Alloy Steel) dan Baja paduan tinggi (High Alloy Steel). Diagram Fasa Fe-C Fasa didefinisikan sebagai bagian dari bahan yang memiliki struktur atau komposisi tersendiri. Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya.

Konsep dasar dari diagram fasa adalah mempelajari bagaimana hubungan antara besi dan paduannya dalam keadaan setimbang. Hubungan ini dinyatakan dalam suhu dan komposisi, setiap perubahan komposisi dan perubahan suhu akan mempengaruhi struktur mikro. Pada diagram fasa Fe-C yang ditampilkan muncul larutan padat ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) atau disebut besi delta ( $\delta$ ), austenit ( $\gamma$ ) dan ferit ( $\alpha$ ). Ferit mempunyai struktur Kristal BCC (Body Centered Cubic) dan austenit mempunyai struktur kristal FCC (Face Centered Cubic) sedangkan besi delta ( $\delta$ ) mempunyai struktur kristal FCC pada suhu tinggi. Apabila kandungan karbon melebihi batas daya larut, maka akan

membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi atau sementit. Karbida besi mempunyai komposisi kimia  $Fe_3C$  yang sifatnya keras dan getas. Peningkatan kadar karbon pada baja akan meningkatkan sifat mekanik baja tersebut, terutama kekerasan karena sifat yang dimiliki oleh endapan sementit yang keras. Diagram fasa menunjukkan hubungan struktur mikro dengan sifat-sifat mekanis suatu material, yang semuanya berhubungan dengan karakteristik diagram fasanya seperti terlihat pada gambar berikut. (Nofri,taryana,2017).

Ferit atau besi Alfa ( $\alpha$ ) Ferit merupakan suatu larutan padat karbon dalam struktur besi murni yang memiliki struktur BCC dengan sifat lunak dan ulet. Karena ferit memiliki struktur BCC (Body Centered Cubic), maka ruang antar atom-atomnya adalah kecil dan padat sehingga atom karbon yang dapat tertampung hanya sedikit sekali sekitar 0,02% C. Fasa Ferit mulai terbentuk pada temperatur antara  $300^{\circ}C$  hingga mencapai temperatur  $727^{\circ}C$ . Perlit Perlit merupakan campuran antara Ferit dan Sementit yang berbentuk seperti pelat-pelat yang disusun secara bergantian antara Sementit dan Ferit. Fasa Perlit ini terbentuk pada saat kandungan karbon mencapai 0,76% C, besi pada fase Perlit akan memiliki sifat keras, ulet dan kuat.

Martensit Adalah suatu fasa yang terjadi karena pendinginan yang sangat cepat sekali, dan terjadi pada suhu dibawah eutektoid tetapi masih diatas suhu kamar. Karena struktur Austenit FCC tidak stabil maka akan berubah menjadi struktur BCT secara serentak. Pada reaksi ini tidak terjadi difusi tetapi terjadi pengerasan (dislokasi)/ semula atom bergerak serentak dan perubahan ini langsung dengan sangat cepat dimana semua atom yang tinggal tetap berada pada larutan padat karena terperangkap dalam kisi sehingga sukar menjadi slip, maka Martensit akan menjadi kuat dan keras tetapi sifat getas dan rapuh menjadi tinggi. Martensit dapat terjadi bila Austenit didinginkan dengan cepat sekali (dicelup) hingga temperatur dibawah pembentukkan bainit.

Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan memiliki kadar karbon hingga 2,14%. Kandungan karbon pada baja memiliki peran penting dalam sifat mekanik baja.

Tabel 2 Klasifikasi Baja Karbon

NO	Jenis Baja Karbon	Presentase Unsur Karbon
1	Baja Karbon Rendah	$\leq 0,25 \%C$
2	Baja Karbon Medium	0,25-0,55 %C
3	Baja Karbon Tinggi	$\geq 0,55 \%C$

Sumber : (Joko Wahyono, 2005)

Oleh karena itu baja karbon dapat dibagi menjadi 3 bagian dengan kadar karbon yang berbeda-beda, yaitu:

#### 1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah mengandung kurang dari 0,3 % karbon. Kandungan karbonnya yang rendah dan mikrostrukturnya yang terdiri dari fasa ferit dan pearlit menjadikan baja karbon rendah bersifat lunak dan kekuatannya lemah namun keuletan dan ketangguhannya sangat baik. Baja karbon rendah kurang responsif terhadap perlakuan panas untuk mendapatkan mikrostruktur martensit maka dari itu untuk meningkatkan kekuatan dari baja karbon rendah dapat dilakukan dengan proses roll dingin maupun karburisasi. Baja karbon rendah mengandung 0,04 % C digunakan untuk plat-plat strip. Baja karbon rendah mengandung 0,05 % C digunakan untuk badan kendaraan. Baja karbon rendah mengandung 0,05 – 0,25 % C digunakan untuk konstruksi jembatan dan bangunan. Baja karbon rendah mengandung 0,05 – 0,3 % digunakan untuk baut paku keling, karena kepalanya harus di bentuk.

#### 2. Baja Karbon Menengah

Baja ini mengandung karbon antara 0,25% – 0,60 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, porosengkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain. Sifat dari baja ini yaitu lebih kuat dan keras dari pada baja karbon rendah, tidak mudah di bentuk dengan mesin, lebih sulit di lakukan untuk pengelasan, dapat dikeraskan (quenching) dengan baik.

#### 3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi ialah baja yang mengandung karbon antara 0,6% – 1,4%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi. Sifat dari baja karbon tinggi yaitu: kuat, sangat keras dan getas/rapuh, sulit dibentuk ST-41 adalah baja karbon rendah sebesar 0,08% - 0,20%,

ST memiliki makna baja atau disebut dengan stell, sedangkan 41 memiliki makna kekuatan tarik (tensile strength) sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ST-41 merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini mempunyai karakteristik dan peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, sifat keuletan yang tinggi, ketangguhan dan mudah dibentuk namun kekerasannya rendah (Setyawan dkk, 2018).

Baja ST 41 adalah salah satu dari baja karbon rendah. Bahan ini termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena dalam komposisinya mengandung karbon sebesar 0,08%-0,20%. Baja karbon rendah sering digunakan dalam komponen mesin-mesin industri seperti gear, rantai, skrup dan poros. Selain itu juga baja ST 41 juga digunakan sebagai handle rem sepeda motor, bodi mobil, pipa saluran, konstruksi jembatan, rivet. Baja ST 41 juga merupakan baja struktur sifat-sifat yang dimiliki oleh baja ST 41 mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, mempunyai nilai kekerasan yang cukup, stabilitas dimensi yang baik.

Dimana baja ini memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik seperti : kekerasan, keuletan, dan ketangguhan yang baik. Baja karbon rendah sering digunakan untuk bagian-bagian mesin seperti: gear, rantai, skrup dan poros, dan lain-lain.

Tabel 3 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Baja St 41

Code	No.	Unsure	Result (wt %)
ST 41	1	Fe	99,158
	2	C	0,084
	3	Si	0,135
	4	Mn	0,278
	5	P	0,007
	6	S	0,0035
	7	Cr	0,298
	8	Mo	0,008
	9	Ni	0,005
	10	Al	0,016
	11	Cu	0,004
	12	Nb	0,001

	13	Ti	0,001
	14	V	0,001

Sumber: (Nofri,taryana,2017).

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian komposisi kimia yang dilakukan pada material baja ST 41 mempunyai komposisi kimia seperti yang ditunjukkan pada table terlihat bahwa material baja ST 41 mempunyai kandungan Fe sebesar 99,158%, C 0,08%, Si 0,135%, Mn 0,278%, Cr 0,298%. (Nofri,taryana,2017).