

**TESIS**

**ANALISIS KUALITAS PEMBUBUTAN BAJA AISI 1045 TERHADAP  
PENAMBAHAN MASSA PASIF DAN VARIASI SUDUT POTONG PAHAT  
KARBIDA DENGAN PEMOTONGAN *OBLIQUE***

**TURNING QUALITY ANALYSIS OF AISI 1045 STEEL AGAINST  
PASSIVE MASS ADDITION AND CARBIDE TOOL CUTTING ANGLE  
VARIATION WITH OBLIQUE CUTTING**



**Oleh:**

**Angga Asteriasti Aji**

**D022 22 2003**

**MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2024**



**PENGAJUAN TESIS**

**ANALISIS KUALITAS PEMBUBUTAN BAJA AISI 1045 TERHADAP  
PENAMBAHAN MASSA PASIF DAN VARIASI SUDUT POTONG PAHAT  
KARBIDA DENGAN PEMOTONGAN *OBLIQUE***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister  
Program Studi Teknik Mesin

Disusun dan diajukan oleh

**ANGGA ASTERIASTI AJI  
D022222003**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**



# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISIS KUALITAS PEMBUBUTAN BAJA AISI 1045 TERHADAP PENAMBAHAN MASSA PASIF DAN VARIASI SUDUT POTONG PAHAT KARBIDA DENGAN PEMOTONGAN *OBLIQUE*

Disusun dan diajukan oleh

**ANGGA ASTERIASTI AJI**

**D022222003**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

pada tanggal 27 Februari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui  
Komisi Penasehat,

Pembimbing Utama



**Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, MT**  
NIP. 195809211986031003

Pembimbing Pendamping



**Fauzan, S.T., M.T., Ph.D**  
NIP. 197701032008011009

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Ir. Muhammad Isran Ramli,**  
**,IPM., ASEAN. Eng**  
9730926 200012 1 002

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Mesin



**Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST, MT**  
NIP. 197911122008122002



**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS  
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Angga Asteriasti Aji  
Nomor mahasiswa : D022222003  
Program studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “ Analisis Kualitas Pembubutan Baja AISI 1045 Terhadap Penambahan Massa Pasif dan Variasi Sudut Potong Pahat Karbida Dengan Pemotongan *Oblique*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. H. Ahmad Yusran Aminy, MT. sebagai Pembimbing Utama dan Fauzan, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebut dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah disetujui dalam Jurnal “The 1st International Conference on Research in Engineering and Science Technology (IC-REST) 2023”, ICR-950. Sebagai artikel dengan judul “Effects of Adding Passive Mass and Varying Cutting Angles of Carbide Chisels with Cutting Oblique In AISI 1045 Steel Turning”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin .

Gowa , 28 Februari 2024

Yang menyatakan



Angga Asteriasti Aji



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil alamin, puji syukur yang sedalam dalamnya penulis panjatkan kehadiran Allah, Tuhan yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan.

Ucapan terimakasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. H. Ahmad Yusran Aminy, MT. selaku pembimbing utama dan Bapak Fauzan, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing pendamping, yang penuh ketulusan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penelitian ini juga tidak lepas dari bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak, untuk itu izinkan penulis mengucapkan terimakasih kepada;

1. Bapak Prof. Dr. Ir Onny Sutresman., MT sebagai Penguji Pertama, Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng., MT sebagai Penguji Kedua, dan Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D. sebagai Penguji Ketiga atas masukan dan arahnya selama penelitian ini dilaksanakan.
2. Bapak Rektor Universitas Hasanuddin dan Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta jajarannya yang telah memfasilitasi penulis menempuh Program Magister serta para Dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.
3. Ibu Dr. Eng. Novriany Amaliah, ST., MT sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin beserta jajarannya yang telah memfasilitasi kami dengan baik sehingga penyelesaian tesis ini dapat terlaksana dengan tertib.

Melalui tesis ini perkenankan penulis menyampaikan rasa hormat kepada kedua orang tua saya cintai, Ayahanda M. Yamin Sultan S.pd dan Ibu Esti Ismayawati S.pd . yang selama ini menyayangi, mendidik, membesarkan penulis penuh kasih dan hati yang tulus, serta dukungan secara moril dan materi penulis menuntut ilmu Pengetahuan.



Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua serta mengharap saran yang membangun agar dapat menyempurnakan penelitian ini, dan mendapat ridha dari Allah SWT.

Gowa .....2024

Penulis

Angga Asteriasti Aji



## ABSTRAK

**ANGGA ASTERIASTI AJI.** *Analisis Kualitas Pembubutan Baja AISI 1045 Terhadap Penambahan Massa Pasif dan Variasi Sudut Potong Pahat Karbida Dengan Pemotongan Oblique* (dibimbing oleh **Ahmad Yusran Aminy, Fauzan**)

Pada era industri manufaktur yang berkembang sangat pesat sebuah produk hasil manufaktur harus memiliki kualitas produk yang tinggi, utamanya pada produk hasil permesinan seperti produk hasil pembubutan. Baja AISI 1045 merupakan salah satu dari jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar (0,43 – 0,50 %) yang sering digunakan dipasaran karena banyak memiliki keunggulan dan harganya yang lumayan terjangkau. Getaran yang terjadi pada proses pembubutan menimbulkan efek yang tidak dikehendaki; seperti ketidaknyamanan, ketidaktepatan dalam pengukuran dan hasil pembubutan yang tidak optimal. Kekasaran sangat bergantung dari jenis pahat dan geometri pahat. Pada penelitian ini digunakan pahat karbida dengan variasi pemotongan yaitu: variasi sudut potong ( $Kr$ ) dipilih  $80^\circ$ ,  $85^\circ$  dan  $90^\circ$ , putaran spindel ( $n$ ) 200 rpm, pemakanan ( $f$ ) 0.3 mm/put , kedalaman pemakanan ( $a$ ) 1 mm dan massa beban( $m$ ) 150 gram ,300 gram, 450 gram dan 600 gram. Saat melakukan pembubutan dilakukan pengukuran nilai amplitude dengan menggunakan alat Vibxpert II dan Setelah dilakukan pembubutan setiap satu set variabel permesinan dilakukan pengukuran kekasaran dengan menggunakan mesin Laser 3D Measuring Laser Microscope OLS4100. Data pengukuran yang diperoleh digrafikkan dengan hubungan Massa Beban & sudut potong dengan kekasaran dan nilai amplitudo. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek penmabahan massa pasif dan sudut potong Baja AISI 1045 terhadap terhadap nilai kekasaran dan amplitudo. Dari hasil analisis didapatkan massa beban paling optimal adalah 600 gram dan Sudut potong ( $Kr$ ) yang paling optimal adalah  $80^\circ$  dengan nilai kekasaran  $3,81 \mu\text{m}$  dan nilai amplitude  $0.14 \text{ mm/s}^2$ .

Kata kunci: amplitdo , Kekasaran permukaan, Laser 3D Measuring Laser Microscope OLS4100



## ABSTRACT

**ANGGA ASTERIASTI AJI.** Turning Quality Analysis of AISI 1045 Steel Against Passive Mass Addition and Carbide Chisel Cut Angle Variation With Oblique Cutting (supervised by **Ahmad Yusran Aminy, Fauzan**)

In the era of the manufacturing industry which is developing very rapidly, a manufactured product must have high product quality, especially machining products such as turning products. AISI 1045 steel is a type of low carbon steel with a carbon content of (0.43% – 0.50%) which is often used on the market because it has many advantages and the price is quite affordable. Vibrations that occur in the turning process cause undesirable effects; such as discomfort, inaccuracies in measurements and non-optimal turning results. Roughness really depends on the type of tool and tool geometry. In this study, carbide chisels were used with cutting variations, namely: variations in cutting angle ( $K_r$ ) selected  $80^\circ$ ,  $85^\circ$  and  $90^\circ$ , spindle rotation ( $n$ ) 200 rpm, feeding ( $f$ ) 0.3 mm/put, feeding depth ( $a$ ) 1 mm and load mass ( $m$ ) 150 grams, 300 grams, 450 grams and 600 grams. When turning, the amplitude value is measured using the Vibxpert toolII and After turning each set of machining variables, the roughness is measured using a machine Laser 3D Measuring Laser Microscope OLS4100. The measurement data obtained is graphed with the relationship of Load Mass & cut angle with roughness and amplitude value. The purpose of this research is to find out the effect of passive mass reduction and the cutting angle of AISI 1045 Steel on the roughness and amplitude values. From the results of the analysis, it was found that the most optimal load mass is 600 grams and the cutting angle ( $K_r$ ) the most optimal is  $80^\circ$  with a roughness value of  $3.81 \mu\text{m}$  and an amplitude value of  $0.14 \text{ mm/s}^2$ .

**Keywords:** amplitude, Surface roughness, OLS4100 Laser 3D Measuring Laser Microscope.





## DAFTAR ISI

TESIS.....	i
PENGAJUAN TESIS .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA ..	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Mesin Bubut .....	5
2.2. Bagian-bagian Mesin Bubut .....	6
2.2.1 Kepala tetap ( <i>Headstock</i> ).....	6
2.2.2 Meja Mesin ( <i>Bed</i> ).....	6
2.2.3 Eretan ( <i>Carriage</i> ).....	6
2.2.4 Kepala lepas ( <i>Tail stock</i> ).....	7
2.2.5 Penjepit pahat ( <i>Toolpost</i> ) .....	7
2.2.6 Pencekam ( <i>Chuck</i> ) .....	7
2.2.7 Kran pendingin.....	7
2.3. Getaran .....	7
2.3.1 Getaran Paksa satu Derajat Kebebasan .....	9
2.3.2 Getaran Paksa Dua Derajat Kebebasan.....	14
2.3.3 Karakteristik Penguatan Amplitudo Getaran .....	18
2.4. <i>Seismic Damper</i> .....	19
2.5. Pegas.....	21
Terminologi Pegas .....	22
Kemampuan Pegas .....	27
Geometri Pahat Bubut .....	28



2.7	Baja Aisi 1045 .....	32
2.7.1	Penggunaan Baja Aisi 1045 .....	32
2.7.2	Unsur Baja Aisi 1045 .....	34
2.8	Pahat Karbida .....	34
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>37</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	37
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	37
3.3	Metode Penelitian.....	42
3.4	Variabel Penelitian .....	42
3.4.1	Variabel Proses.....	42
3.4.2	Variabel Respon .....	42
3.4.3	Variabel Konstan.....	42
3.5	Pelaksanaan Penelitian .....	43
3.5.1	Peredam Getaran .....	43
3.5.2	Skema Pengujian Bump Test .....	44
3.5.3	Prosedur Percobaan Bump Test .....	44
3.5.4	Skema Proses Bubut.....	45
3.5.5	Prosedur Proses Bubut .....	45
3.5.6	Flowchart Penelitian.....	46
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>47</b>
4.1	Analisis Getaran Satu Derajat Kebebasan .....	47
4.2	Analisa Getaran Dua Derajat Kebebasan .....	49
4.3	Analisa Data Getaran.....	51
4.4	Proses Pembubutan.....	51
4.4.1	Pemotongan Tanpa Menggunakan Sistem Peredam Massa.....	52
4.4.2	Pemotongan Tanpa Dan Menggunakan Sistem Peredam Massa Pada Sudut Potong 90 <sup>0</sup> .....	54
4.4.3	Pemotongan Tanpa Dan Menggunakan Sistem Peredam Massa Pada Sudut Potong 85 <sup>0</sup> .....	58
	Pemotongan Tanpa Dan Menggunakan Sistem Peredam Massa Pada Sudut Potong 80 <sup>0</sup> .....	61
	Menganalisis Nilai Amplitudo Terhadap Penambahan Massa Passif dan Sudut Potongan.....	65



4.6	Menganalisis Nilai Kekasaran Terhadap Penambahan Massa Passif dan Perubahan sudut Pemotongan.....	66
4.7	Menganalisis Variabel Yang Paling Berpengaruh Terhadap Amplitudo Pembubutan Baja AISI 1045 Menggunakan Minitab Statistical Software .....	68
4.8	Menganalisis Variabel Yang Paling Berpengaruh Terhadap Kekasaran Hasil Pembubutan Baja AISI 1045 Menggunakan Minitab Statistical Software	70
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran .....	72
DAFTAR PUSTAKA .....		73
LAMPIRAN .....		75



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada era industri manufaktur yang berkembang sangat pesat sebuah produk hasil manufaktur harus memiliki kualitas produk yang tinggi, utamanya pada produk hasil permesinan seperti produk hasil pembubutan.

Pada sejarahnya, mesin bubut pertama kali ditemukan 1800 M di Inggris. Pada saat itu mesin bubut masih sangat sederhana dan tidak begitu rumit untuk dioperasikan sehingga produk yang dihasilkan juga sangat sederhana seperti: baut, mur serta benda-benda berbentuk silindris lainnya.

Baja AISI 1045 merupakan salah satu dari jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar (0,43 – 0,50 %) yang sering digunakan dipasaran karena banyak memiliki keunggulan dan harganya yang lumayan terjangkau. Baja AISI 1045 banyak digunakan pada komponen mesin sebagai komponen roda gigi, poros, batang penghubung piston dan rantai, menurut penggunaan termasuk kedalam baja konstruksi. (Dwi, 2021)

Pahat karbida terdiri dari tungsten, tantalium, boron, cobalt, dan karbon. Karbida mampu bertahan pada suhu 900 °C tanpa kehilangan kekerasannya, keuntungan dari pahat karbida adalah waktu pengerjaan yang singkat, mutu permukaan yang bagus, dan cocok untuk berbagai macam material. (Rahdiyanta, 2014)

Laju pembuangan material atau material removal rate (MRR) dalam industri manufaktur seperti proses bubut tidak bisa terlepas dari kecepatan potong, kecepatan makan dan kedalaman potong. Salah satu cara yang banyak digunakan oleh operator dalam usaha meningkatkan produktifitas adalah dengan memaksimalkan kedalaman potong. Dengan menambah kedalaman pemotongan berlebihan pada kondisi tertentu bukan lagi akan meningkatkan produktifitas tetapi malah bisa menurunkan produktifitas karena adanya suatu yang harus dikerjakan ulang bahkan diganti karena terjadinya cacat pada an hasil pemotongan akibat chatter.



Proses pemesinan 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, 2007)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas permukaan suatu benda kerja pada proses permesinan diantaranya sudut dan ketajaman pisau potong dalam proses pembuatannya, variasi putaran mesin, kecepatan potong, posisi senter, getaran mesin, perlakuan panas yang kurang baik dan sebagainya (Munadi, 1998). Selain beberapa faktor tersebut, kedalaman pemotongan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja. (Kalpakjian & Steven, 2002) mengatakan bahwa parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kecepatan potong.

Getaran yang terjadi pada mesin – mesin biasanya menimbulkan efek yang tidak di hendaki: seperti ketidaknyamanan, ketidak tepatan dalam pengukuran atau rusaknya struktur mesin. Getaran yang terjadi karena adanya eksitasi baik yang berasal dari dalam maupun luar sistem akan tetapi efek getaran yang di timbulkannya sangat tergantung dari frekuensi eksitasi tersebut dan elemen – elemen dari sistem getaran itu sendiri. Untuk meredam getaran yang terjadi dapat dilakukan dengan cara memasang sistem peredam dinamik pada sistem yang bergetar atau memasang sistem tersebut pada tumpuan yang baik sesuai dengan frekuensi eksitasiya.

Peredam massa pasif telah dipelajari secara teoristik oleh (Ormondryod & Den Hartog,1928). Idenya adalah meletakkan suatu isolator kecil pada sistem yang akan dikendalikan responnya dan kemudian mengatur frekuensi osilator tersebut sedemikian sehingga energi getaran pada sistem utama ditransfer ke osilator. Pengaturan frekuensi osilator umumnya dilakukan dengan menyesuaikan massa osilator sehingga sistem peredam ini disebut tuned mass damper.

emotongan oblique merupakan penyayatan yang memiliki sudut buang memiliki kelebihan antara lain:waktu tempuh dalam pengerjaan benda kerja



lebih pendek, mampu menyayat dengan tebal, usia pahat lebih panjang, hasil penyayatan lebih baik dan kualitas geometris lebih baik. (Lefi & Wassila, 2016)

(Suhardjono, 2003), dalam penelitiannya tentang pengaruh kecepatan potong terhadap getaran dengan membandingkan kekasaran permukaan sebelum dan sesudah terjadi chatter, menyimpulkan bahwa pada putaran 155 rpm dan kecepatan potong  $V_c = 17.43$  m/min menunjukkan bahwa amplitude getaran hampir konstan dengan naiknya lebar geram dari 1.04 mm sampai dengan 4.14 mm, tetapi saat lebar geram kritis 4.35 mm terjadi loncatan amplitude empat kali lipat.

(Wahyudie, 2011), dalam penelitiannya tentang pengaruh penggunaan follower rest terhadap peningkatan batas stabilitas proses pemesinan, menyimpulkan bahwa pada pembubutan selinder bar  $L/D \geq 18$  dengan menggunakan pahat insert jenis carbide dengan sudut  $\kappa_r = 45^\circ$  pada putaran 425 rpm dan feeding 0.06 mm/putaran terjadi peningkatan batas stabilitas proses pemesinan dari 1,0 mm dengan amplitudo 10,713 m/s<sup>2</sup> menjadi 1,5 mm dengan amplitudo 1,292 m/s<sup>2</sup>.

(Husein, 2015), dalam penelitiannya tentang pengaruh variasi sudut potong dengan pemotongan orthogonal terhadap getaran pahat dan kekasaran permukaan pada proses bubut Mild Steel ST 42 menyimpulkan, bahwa nilai getaran terendah terdapat pada sudut potong utama  $65^\circ$  dengan nilai getaran 1,6554 Hz, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada sudut potong utama  $85^\circ$  dengan nilai getaran 3,6440 Hz.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti akan membahas tentang **“ANALISIS KUALITAS PEMBUBUTAN BAJA AISI 1045 TERHADAP PENAMBAHAN MASSA PASIF DAN VARIASI SUDUT POTONG PAHAT KARBIDA DENGAN PEMOTONGAN *OBLIQUE* ”** untuk membuktikan bahwa penambahan massa pasif variasi sudut potong memiliki pengaruh yang

terdapat pada batas stabilitas pembubutan.



## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan massa pasif dan variasi sudut potong terhadap kekasaran hasil pembubutan Baja Aisi 1045?
2. Bagaimana pengaruh penambahan massa pasif dan variasi sudut potong terhadap amplitudo getaran pada pembubutan Baja Aisi 1045 ?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan massa pasif dan variasi sudut potong terhadap kekasaran hasil pembubutan Baja Aisi 1045.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan massa pasif dan variasi sudut potong terhadap getaran pada pembubutan Baja Aisi 1045.

## 1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah baja AISI 1045 berbentuk silinder dengan permukaan rata.
2. Menggunakan pahat karbida dimana kondisi pahat dianggap selalu sama.
3. Proses pemotongan dilakukan tanpa cairan pendingin.
4. Panjang Baja AISI 1045: 13 cm.
5. Putaran spindle 300 rpm dan gerak makan 0,30 mm/put.
6. Sudut potong( $Kr^0$ ) yang digunakan:  $90^0$ ,  $85^0$ ,  $80^0$ .
7. Massa beban yang digunakan: 150 gram, 300 gram, 450 gram dan 600 gram

## 1.5. Manfaat Penelitian

Sebagai bahan referensi bagi penelitian yang sejenis dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang peningkatan kualitas benda kerja sebagai upaya untuk memperkecil waktu selama proses pembubutan.

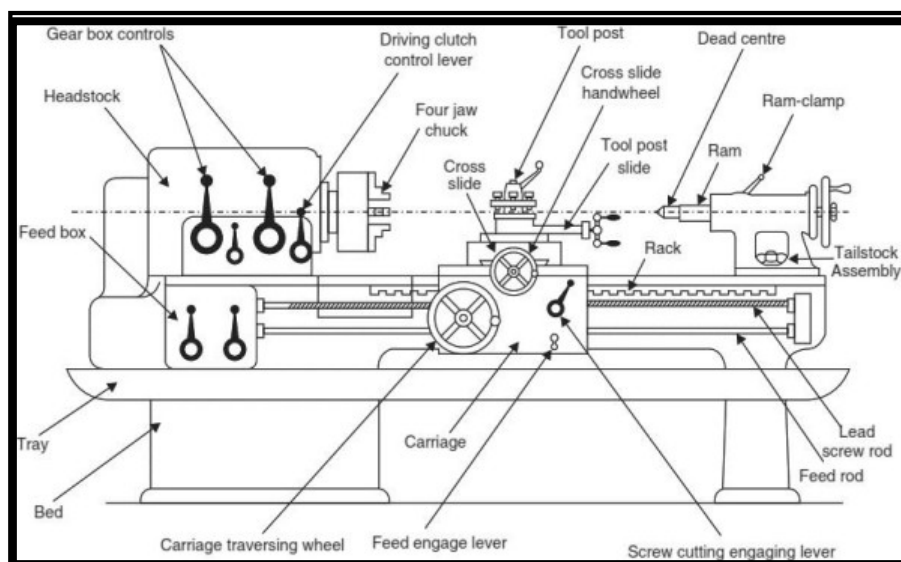


## BAB 2

### 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 pahat potong (*cutting 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* (penyekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian *spindel* dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan ditempelkan pada benda kerja yang berputar sehingga benda kerja terbentuk sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam.



Gambar 2. 1 Komponen Mesin Bubut

Sumber: (Gupta, Gupta, & Mittal, 2009)





## 2.2 Bagian-bagian Mesin Bubut

### 2.2.1 Kepala tetap (*Headstock*)

Kepala tetap (*Headstock*), adalah bagian dari mesin bubut yang merupakan tempat dari komponen-komponen utama penggerak dari sumbu utama (*main spindle*) yang berfungsi sebagai tempat dudukan pencekam (*Chuck*), plat pembawa, kolet, senter, pada sebuah sumbu utama (*Main spindle*) terpasang sebuah pencekam. Thermolectric Cooler (*Chuck*), di dalam box transmisi (*Gearbox Transmission*) terdapat susunan roda gigi yang dapat digeser-geser melalui tuas (*Handle*) berfungsi dapat mengoperasikan mesin sesuai dengan kebutuhan pembubut. (Segara, 2020)

### 2.2.2 Meja Mesin (*Bed*)

Meja mesin bubut juga berfungsi tempat dari dudukan kepala lepas, eretan lepas, penyangga diam (*Steady rest*) dan merupakan tumpuan dari gaya pemakanan saat pembubutan bentuk dari alas bermacam-macam, ada yang datar Permukaanya halus dan rata, sehingga gerakan dari kepala lepas bergerak lancar.

### 2.2.3 Eretan (*Carriage*)

Eretan (*Carriage*), adalah bagian dari komponen mesin yang digunakan untuk penyetelan dari posisi pahat HSS pada arah memanjang, ke kanan dan kiri baik secara manual dan otomatis. Eretan tersebut terdiri dari, yaitu :

#### 1) Eretan memanjang

Eretan memanjang digunakan untuk bisa menggerakkan atau menyetel pahat ke arah sumbu memanjang pada saat mesin beroperasi atau mesin dalam keadaan mati.

#### 2) Eretan melintang (*Cross carriage*)

Eretan melintang ditempatkan memanjang fungsinya agar dapat mengatur posisi pahat pada saat proses pembubutan sehingga dapat diatur mendekati atau menjauhi operator.

#### Eretan atas (*Top carriage*)



Eratan atas antara eretan melintang dan eratan atas juga dipasang support yang juga dilengkapi dengan skala serajat, juga berfungsi sebagai dudukan penjepit (*toolpost*) mata pahat pada mesin bubut.

#### 2.2.4 Kepala lepas (*Tail stock*)

Kepala Lepas merupakan bagian utama dari mesin bubut yang berfungsi sebagai penopang dalam membubut benda kerja yang panjang, agar benda kerja tetap berputar pada sumbunya, meletakkan mata bor, dan tap.

#### 2.2.5 Penjepit pahat (*Toolpost*)

Penjepit pahat (*Toolpost*) digunakan untuk menjepit atau memasag pahat, maka bisa menambahkan lempengan plat besi, agar posisi ujung pahat tingginya dapat satu sumbu (*senter*) dengan kepala lepas.

#### 2.2.6 Pencekam (*Chuck*)

Pencekam (*Chuck*), berfungsi digunakan untuk menjepit benda kerja pada mesin bubut. Jenis cekamnya ada yang berahang 3 (tiga) sepusat (*Self centering chuck*) dan ada juga yang berahang 3 (tiga) dan 4 (empat) tidak sepusat.

#### 2.2.7 Kran pendingin

Kran pendingin berfungsi untuk menyalurkan cairan pendingin (*bromus*) saat proses pembubutan. Pemberian cairan pendingin berfungsi untuk mendinginkan benda kerja baja karbon menengah AISI 1045 (HQ760) dan pahat potong HSS pada saat terjadinya proses pembubutan sehingga pahat tidak mudah aus.

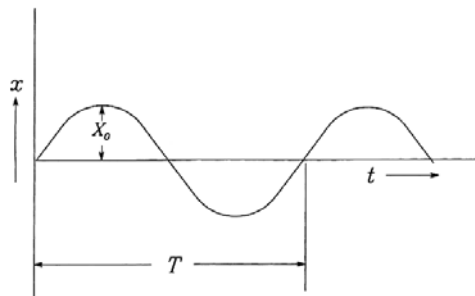
### 2.3 Getaran

Semua sistem mekanik memiliki massa dan elastisitas tertentu yang mampu secara relatif, sehingga hampir semua struktur mesin perkakas akan mengalami getaran. Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu. Gerakan bolak-balik dalam selang waktu tertentu disebut gerakan periodik.



Gerakan periodik ini selalu dapat dinyatakan dalam fungsi sinus dan cosinus, oleh sebab itu gerakan periodik disebut juga sebagai gerakan harmonik.

Ilustrasi gerakan periodik harmonik dalam domain waktu ditunjukkan pada gambar 2.2 Perpindahan jarak (*displacement*) digambarkan pada arah vertikal sedangkan waktu digambarkan pada arah horizontal.



Gambar 2.2 Gerakan periodik harmonik atau getaran dalam domain waktu

Sumber: (Mobley, 1999)

Pada gambar 2.2 terlihat bahwa nilai maksimum *displacement* adalah  $X_0$ . Nilai ini disebut amplitudo. Periode  $T$  biasanya diukur dalam satuan detik. Setiap satu kali gelombang naik dan turun dinamakan osilasi sedangkan gelombang bolak balik dalam satu periode  $T$  disebut frekuensi getaran ( $f$ ) yang besarnya diukur dalam satuan *cycles per second (cps)* atau Hertz (Hz). Secara matematis nilai frekuensi getaran adalah satu per periode  $f=1/T$ .

Sistem getaran mesin yang merupakan rangkaian dari komponen- komponen mesin memiliki kemungkinan untuk bergetar tidak hanya pada satu arah namun dapat pula bergetar keberbagai arah. Bila untuk menentukan kedudukan massa geometri sistem getaran mesin dalam ruang hanya diperlukan satu arah atau koordinat maka sistem getaran tersebut dinamakan sistem derajat kebebasan tunggal. Sedangkan bila dibutuhkan lebih dari satu arah dinamakan sistem derajat kebebasan banyak.

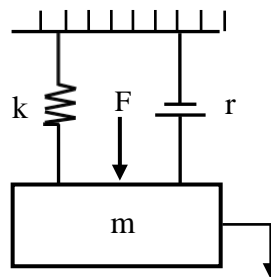
Mesin perkakas memiliki komponen yang bermacam-macam sehingga sistem

mesin perkakas merupakan sistem derajat kebebasan banyak. Untuk menganalisa, sistem getaran mesin perkakas dapat disederhanakan menjadi getaran dengan derajat kebebasan tertentu saja.



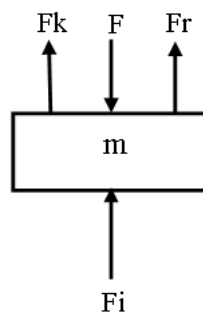
### 2.3.1 Getaran Paksa satu Derajat Kebebasan

Apabila suatu sistem beresilasi karena pengaruh gaya luar ( $F$ ) maka system tersebut dikatakan mengalami getaran paksa yang berakibat terjadinya penyimpangan (displacement). Sistem getaran paksa teredam dengan satu derajat kebebasan terdiri atas gaya luar, massa, pegas dan redaman sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

Diagram benda bebas dari gambar sistem getaran diatas dapat digambarkan seperti pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Diagram benda bebas sistem getaran paksa satu derajat kebebasan

Simbol-simbol diagram benda bebas pada gambar 2.4 diatas dijelaskan sebagai berikut:



$F$  = Gaya eksitasi (gaya luar)

$F_i$  = Gaya inersia

$m$  = Massa benda kerja

$F_r$  = Gaya redaman

$F_k$  = Gaya pegas

$y$  = Arah gerak benda kerja

Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan gaya yang bekerja pada system  $\sum F = F$  maka persamaan tersebut menjadi:

$$F_i + F_r + F_k = F \quad (2.1)$$

karena penyimpangan ( $y$ ) dapat diturunkan menjadi kecepatan dan percepatan, dengan memberikan simbol notasi titik maka diperoleh:

$$m\ddot{y} + r\dot{y} + ky = F \quad (2.2)$$

dengan asumsi bahwa gaya eksitasi yang terjadi adalah harmonic, maka  $F = \dot{F}e^{i\Omega t}$  dan asumsi bahwa getaran yang terjadi adalah harmonik dan  $i = \sqrt{-1}$  maka:

$$\left. \begin{aligned} y &= \hat{y}e^{i\Omega t} \\ \dot{y} &= i\Omega \hat{y}e^{i\Omega t} \\ \ddot{y} &= -\Omega^2 \hat{y}e^{i\Omega t} \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

substitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.2) maka didapatkan:

$$(-m\Omega^2 + ir\Omega + k)\hat{y}e^{i\Omega t} = \dot{F}e^{i\Omega t} \quad (2.4)$$

dengan mengalikan persamaan (2.4) dengan  $(1/m)$  maka didapatkan:

$$\left(-\Omega^2 + \frac{r}{m} i\Omega + \frac{k}{m}\right)\hat{y}e^{i\Omega t} = \dot{F}e^{i\Omega t} \quad (2.5)$$

dengan mengikuti ketentuan  $\frac{r}{m} = 2D\omega_0$  dan  $\frac{k}{m} = \omega_0^2$  maka didapatkan:

$$(-\Omega^2 + 2D\omega_0 i\Omega + \omega_0^2)\hat{y}e^{i\Omega t} = \dot{F}e^{i\Omega t} \quad (2.6)$$

dengan mengalikan persamaan (2.6) dengan  $(1/\omega_0^2)$  maka didapatkan:



$$\left(-\frac{\Omega^2}{\omega_0^2} + \frac{\omega_0}{\omega_0^2} 2D\Omega + 1\right)\hat{y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.7)$$

dengan mengikuti ketentuan  $\eta = \frac{\Omega}{\omega_0}$  maka didapatkan:

$$(1 - \eta^2 + 2D\eta)\hat{y}e^{i\Omega t} = \hat{F}e^{i\Omega t} \quad (2.8)$$

Frekuensi pribadi angular dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.9)$$

Rasio redaman dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$D = \zeta = \frac{r}{rc} = \frac{r}{2\sqrt{km}} \quad (2.10)$$

dimana  $rc$  adalah critical damping.

Rasio redaman ( $D$ ) dapat ditentukan pula dengan menggunakan persamaan berikut:  $D = \frac{f_2 - f_1}{2f_r}$  (2.11)

dimana  $f_r$  frekuensi resonansi.

Nilai  $f_1$  dan  $f_2$  didapat dari perpotongan grafik pada daerah frekuensi pribadi dengan nilai:

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot a \quad (2.12)$$

dimana  $a$  adalah harga amplitudo pada frekuensi pribadi sistem.

Nilai redaman dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

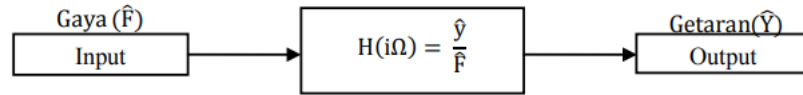
$$r = 2D\sqrt{km} \quad (2.13)$$

Nilai redaman sistem dapat pula ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$r = 2 \cdot D \cdot \omega_0 \cdot r \quad (2.14)$$



Analisis untuk system getaran paksa ditentukan dari hubungan inputoutput fungsi frekuensi dari fungsi transfer  $H(i\Omega)$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.5 Sistem analisis getaran

Fungsi respon frekuensi adalah rasio respon getaran ( $\hat{y}$ ) dengan gaya eksitasi ( $\hat{F}$ ) sebagai karakteristik penguatan amplitudo getaran sehingga perbandingan amplitudo getaran dan gaya eksitasi adalah sebagai berikut:

$$H(i\Omega) = \frac{\hat{y}e^{i\Omega t}}{\hat{F}e^{i\Omega t}} = \frac{\hat{y}}{\hat{F}} \quad (2.15)$$

dengan demikian maka fungsi transfer persamaan (2.15) antara getaran dan gaya eksitasi adalah sebagai berikut:

$$H(i\Omega) = \frac{\hat{y}}{\hat{F}} = \frac{1}{1-\eta^2 + i2D\eta} \quad (2.16)$$

dengan mengalikan persamaan (2.16) dengan bilangan kompleks konjugasinya maka diperoleh persamaan berikut:

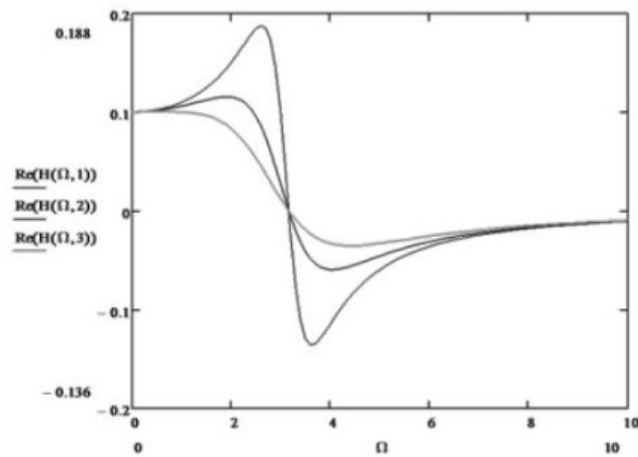
$$\begin{aligned} H(i\Omega) &= \frac{1}{1-\eta^2 + i2D\eta} \times \frac{1-\eta^2 - i2D\eta}{1-\eta^2 - i2D\eta} \\ &= \frac{1-\eta^2}{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2} - \frac{2Di\eta}{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Dengan demikian maka komponen real dari fungsi transfer tersebut adalah:

$$Re [H(\Omega)] = \frac{1-\eta^2}{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2} \quad (2.18)$$

Contoh gambar grafik komponen real dari fungsi transfer ditunjukkan pada gambar 2.6 berikut ini



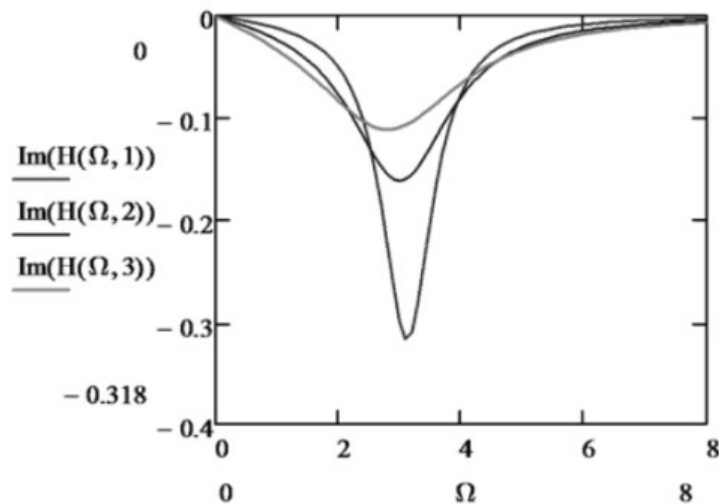


Gambar 2.6 Grafik komponen real dari suatu fungsi transfer

Komponen imajiner dari fungsi transfer tersebut adalah:

$$Im[H(\Omega)] = \frac{-2D\eta}{(1-\eta^2)^2 + 4D^2\eta^2} \quad (2.19)$$

Contoh gambar grafik komponen imajiner ditunjukkan pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Grafik komponen imajiner dari suatu fungsi transfer

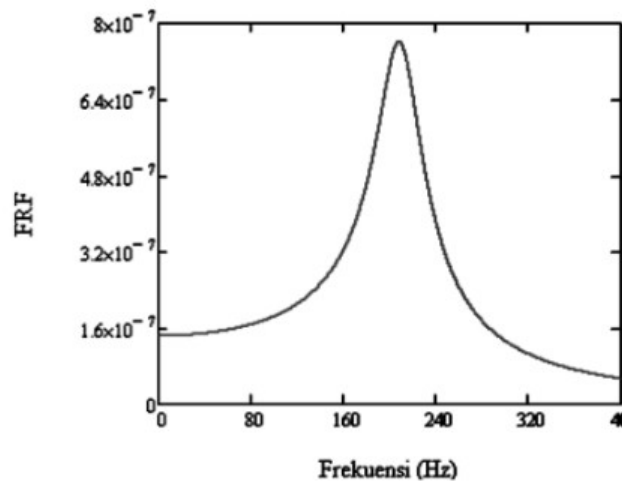


Untuk harga absolut dari fungsi transfer memiliki persamaan umum sebagai berikut:

$$|H(i\Omega)| = \sqrt{[Re\{H(i\Omega)\}]^2 + [Im\{H(i\Omega)\}]^2} \quad (2.20)$$



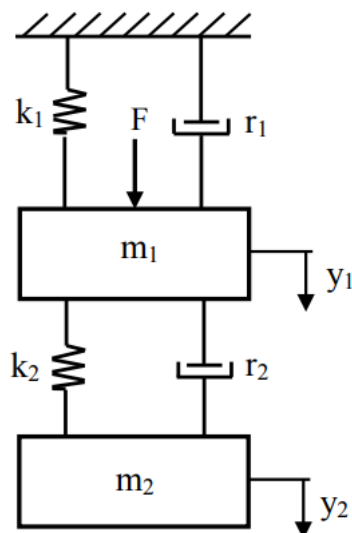
Contoh grafik fungsi transfer yang merupakan karakteristik penguatan amplitudo getaran satu derajat kebebasan ditunjukkan pada gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Grafik karakteristik penguatan amplitudo getaran satu derajat kebebasan

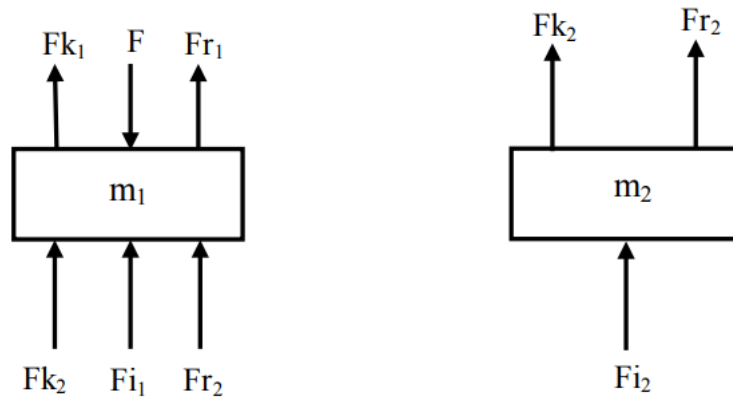
### 2.3.2 Getaran Paksa Dua Derajat Kebebasan

Sistem getaran paksa teredam dengan dua derajat kebebasan terdiri atas gaya eksitasi, massa, pegas dan redaman sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Sistem getaran paksa dua derajat kebebasan

Diagram benda bebas dari gambar sistem getaran diatas dapat digambarkan seperti pada gambar 2.10 berikut:



Gambar 2.10 Diagram benda bebas sistem getaran paksa dua derajat kebebasan

Simbol-simbol diagram benda bebas pada gambar 2.10 diatas dijelaskan sebagai berikut:

- F = Gaya eksitasi
- m1 = Massa-1
- Fk1 = Gaya pegas-1
- Fi1 = Gaya inersia massa-1
- Fr1 = Gaya redaman-1
- y1 = Arah gerak massa-1
- m2 = Massa-2
- Fk2 = Gaya pegas-2
- Fi2 = Gaya inersia massa-2
- Fr2 = Gaya redaman-2
- y2 = Arah gerak massa-2

Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan gaya yang bekerja pada system  $\Sigma F = F$  untuk massa-1 dan  $\Sigma F = 0$  massa-2 maka persamaan pada gambar 2.13 menjadi:

$$m_1 \ddot{y}_1 + Fr_1 + Fk_1 + Fr_2 + Fk_2 = F \tag{2.21}$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + Fr_2 + Fk_2 = 0 \tag{2.22}$$



karena penyimpangan (y) dapat diturunkan menjadi kecepatan dan percepatan, dengan memberikan simbol notasi titik maka diperoleh:

Persamaan gerak sistem untuk massa-1 dapat ditulis sebagai berikut:

$$m_1 \ddot{y}_1 + r_1 \dot{y}_1 + k_1 y_1 + r_2 (\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + k_2 (y_1 - y_2) = F$$

$$m_1 \ddot{y}_1 + (r_1 + r_2) \dot{y}_1 - r_2 \dot{y}_2 + (k_1 + k_2) y_1 - k_2 y_2 = F \quad (2.23)$$

Persamaan gerak sistem untuk massa-2 dapat ditulis sebagai berikut:

$$m_2 \ddot{y}_2 + r_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_2 (y_2 - y_1) = 0$$

$$m_2 \ddot{y}_2 - r_2 \dot{y}_1 + r_2 \dot{y}_2 - k_2 y_1 + k_2 y_2 = 0 \quad (2.24)$$

Persamaan gerak sistem untuk dua derajat kebebasan diatas dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} r_1 + r_2 & -r_2 \\ -r_2 & r_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (2.25)$$

dimana:

$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix}$	= Matriks massa	$\begin{Bmatrix} F \\ 0 \end{Bmatrix}$	= Matriks gaya
$\begin{bmatrix} r_1 + r_2 & -r_2 \\ -r_2 & r_2 \end{bmatrix}$	= Matriks redaman	$\begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \end{Bmatrix}$	= Matriks percepatan
$\begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix}$	= Matriks kekakuan	$\begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{Bmatrix}$	= Matriks kecepatan
		$\begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{Bmatrix}$	= Matriks displacement

dengan asumsi bahwa gaya eksitasi yang bekerja adalah harmonik, maka

$$F = \hat{F} e^{i\Omega t}$$

an respon getaran yang terjadi adalah harmonik dan  $i = \sqrt{-1}$  maka:



$$\left. \begin{aligned} y &= \hat{y}e^{i\Omega t} \\ \dot{y} &= i\Omega \hat{y}e^{i\Omega t} \\ \ddot{y} &= -\Omega^2 \hat{y}e^{i\Omega t} \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

Substitusi persamaan (2.26) ke persamaan (2.25) maka didapatkan:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} (-\Omega^2) + \begin{bmatrix} r_1 + r_2 & -r_2 \\ -r_2 & r_2 \end{bmatrix} (i\Omega) + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \end{Bmatrix} e^{i\Omega t} = \\ & \begin{Bmatrix} \dot{F}_1 \\ 0 \end{Bmatrix} e^{i\Omega t} \\ & \begin{bmatrix} m_1\Omega^2 + i\Omega(r_1 + r_2) + (k_1 + k_2) & -i\Omega r_2 - k_2 \\ -i\Omega r_2 - k_2 & -m_2\Omega^2 + i\Omega r_2 + k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \end{Bmatrix} e^{i\Omega t} = \\ & \begin{Bmatrix} \dot{F}_1 \\ 0 \end{Bmatrix} e^{i\Omega t} \end{aligned} \quad (2.27)$$

untuk mencari karakteristik sistem getaran untuk forced vibration, maka gaya eksitasi sebagai input harus diketahui (diukur) dan respon getaran yang terjadi juga harus diketahui (diukur). Sehingga karakteristik getaran tersebut memperoleh fungsi transfer seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.

untuk fungsi transfer dimana getaran di massa satu akibat dari gaya eksitasi di massa satu juga disebut  $H_{11}(\Omega)$  jadi:

$$H_{11}(\Omega) = \frac{\hat{y}_1 e^{i\Omega t}}{\dot{F}_1 e^{i\Omega t}} = \frac{\hat{y}_1}{\dot{F}_1} \quad (2.28)$$

$\hat{y}_1$  dapat dihitung berdasarkan metoda cramer dengan mengganti kolom-1 dengan matriks gaya sehingga:

$$\hat{y}_1 = \frac{\begin{vmatrix} \dot{F}_1 & -ir_2\Omega - k_2 \\ 0 & -m_2\Omega^2 + ir_2\Omega + k_2 \end{vmatrix}}{|C|} = \frac{\dot{F}_1(-m_2\Omega^2 + ir_2\Omega + k_2)}{|C|} \quad (2.29)$$

dimana  $|C|$  adalah determinasi dari matriks karakteristik, dengan demikian:

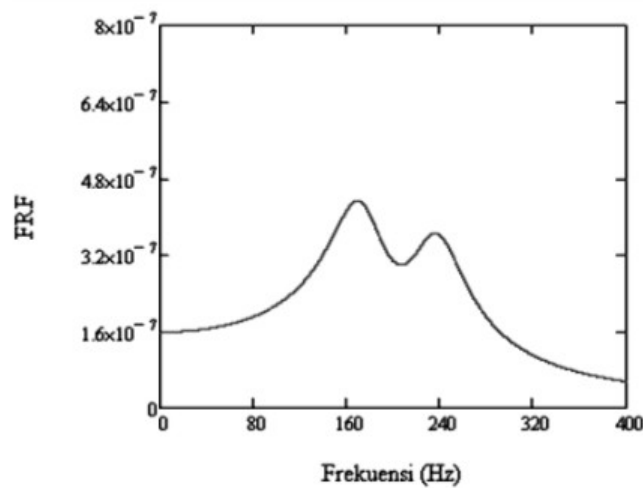
$$H_{11}(\Omega) = \frac{\hat{y}_1}{\dot{F}_1} = \frac{-m_2\Omega^2 + ir_2\Omega + k_2}{|C|} \quad (2.30)$$

eterangan:



$$|C| = (m_1\Omega^2 + i\Omega(r_1 + r_2) + (k_1 + k_2))(-m_2\Omega^2 + ir_2\Omega + k_2) - (i\Omega r_2 - k_2)^2 \quad (2.31)$$

Contoh grafik fungsi transfer yang merupakan karakteristik penguatan amplitudo getaran dua derajat kebebasan ditunjukkan pada gambar 2.11 berikut ini.

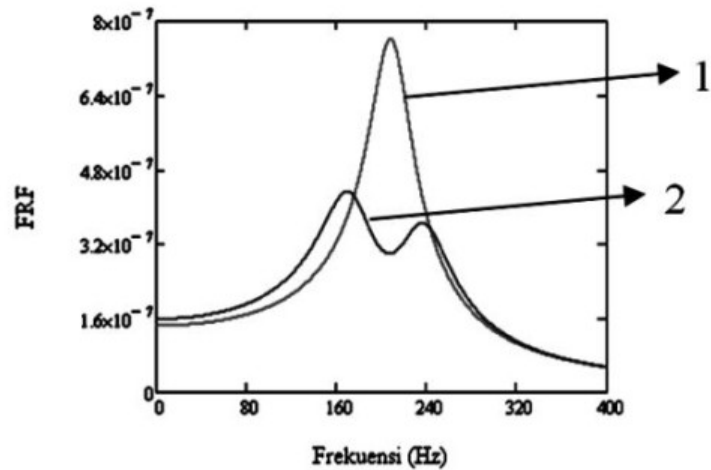


Gambar 2.11 Grafik karakteristik penguatan amplitudo getaran dua derajat kebebasan

### 2.3.3 Karakteristik Penguatan Amplitudo Getaran

Untuk memperjelas perbedaan karakteristik penguatan amplitudo getaran antara sistem getaran satu derajat kebebasan dengan dua derajat kebebasan pada gambar 2.12 berikut ini ditampilkan perbandingan grafik karakteristik penguatan amplitudo getaran tersebut.





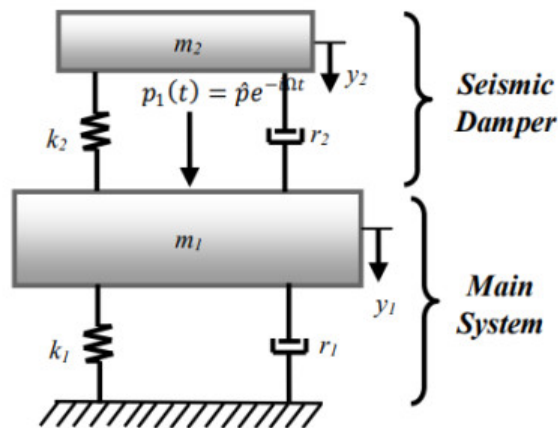
Gambar 2.12 Perbandingan karakteristik penguatan amplitudo

Pada Gambar 2.12 diatas, grafik yang bernomor satu adalah grafik karakteristik sistem getaran satu derajat kebebasan sedangkan grafik yang bernomor dua adalah grafik karakteristik sistem getaran dua derajat kebebasan. Dengan menggunakan dua derajat kebebasan terlihat bahwa amplitudo dapat direduksi sehingga getaran yang terjadi akan memiliki fungsi respon frekuensi yang rendah dibandingkan dengan menggunakan sistem satu derajat kebebasan.

#### 2.4 *Seismic Damper*

Fenomena seismic damping dapat dijelaskan sebagai berikut: sebuah mesin bila diberi struktur tambahan tertentu maka getaran mesin akan berkurang dan sebaliknya bila struktur tambahan tersebut dilepas maka getaran mesin akan kembali tinggi seperti semula. Dengan kata lain bahwa dengan penambahan struktur tertentu maka getaran mesin akan berkurang. Struktur tertentu tersebut dinamakan sebagai seismic damper. Dengan demikian dapat digambarkan pendekatan sistem getaran dua derajat kebebasan yang terjadi pada mesin bubut tersebut seperti pada gambar 2.13 berikut ini: (Priadi, 2004)

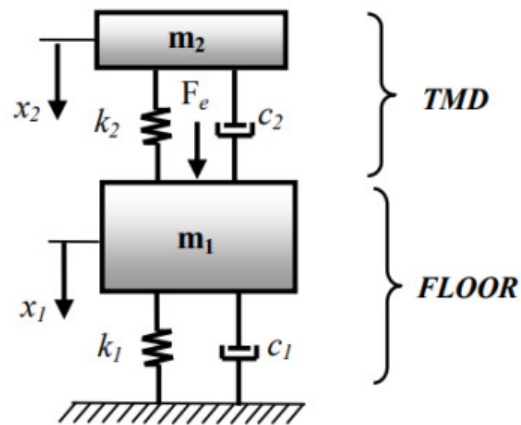




Gambar 2.13 Model sistem getaran dua derajat kebebasan

Prinsip kerja seismic damper memiliki kemiripan dengan Tuned Mass Damper (TMD). Ide dasar TMD dijelaskan secara teoritis oleh (Hartog, 1947) dalam bukunya yang berjudul mechanical vibration. Andaikan terdapat suatu sistem massa-pegas menerima gaya harmonis, lalu kepada sistem itu ditambahkan sistem getaran lain (osilator) dengan massa  $m$  dan konstanta pegas  $k$  yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan sistem utamanya. Jika frekuensi alami dari osilator itu  $\sqrt{k/m}$  diatur sedemikian rupa sehingga sama dengan frekuensi getar dari gaya harmonis, maka dapat diperlihatkan secara teoritis bahwa massa utama menjadi tidak bergetar sama sekali. Pengaturan frekuensi osilator umumnya dilakukan dengan menyesuaikan massa osilator sehingga disebut tuned mass damper. Sistem tersebut memiliki prinsip absorber. Absorber adalah sebuah alat perlengkapan mesin yang berfungsi untuk meredam getaran mesin. Absorber merupakan alat perlengkapan yang sudah lama atau tradisional namun sangat efektif untuk mengurangi getaran pada suatu mesin (C.C. Cheng dkk, 2009). Pada gambar 2.14 dibawah ini dapat dilihat bahwa sistem tuned mass damper (TMD) memiliki kemiripan dengan seismic damper yang digambarkan pada gambar 2.13 diatas.





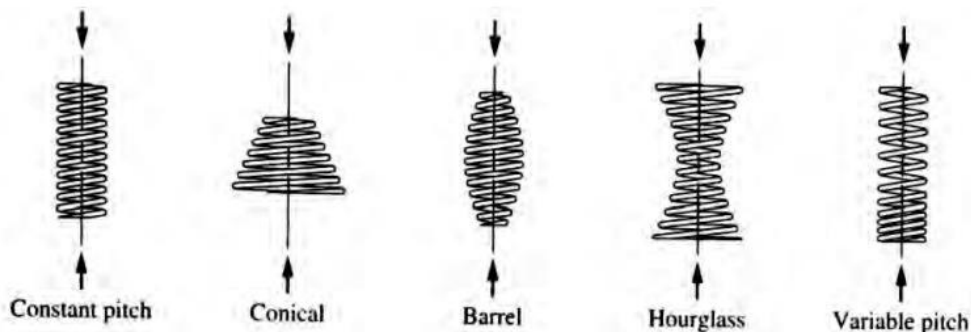
Gambar 2.14 Skema representasi sistem dua derajat kebebasan

Sumber: (Saidi, 2007)

Pada umumnya absorber dapat dianggap sebagai sistem spring–mass–damper (SMD) dan memiliki performansi yang paling baik dalam mengurangi getaran saat frekuensi eksitasi sama dengan frekuensi pribadinya (C.C. Cheng dkk, 2009).

## 2.5 Pegas

Pegas tekan spiral terdiri dari beberapa tipe, yaitu constant pitch, conical, barrel, hourglass, dan variable pitch. Pegas tekan spiral yang umum digunakan adalah tipe constant pitch. Gambar 2.15 berikut ini adalah gambar tipe pegas tekan spiral.



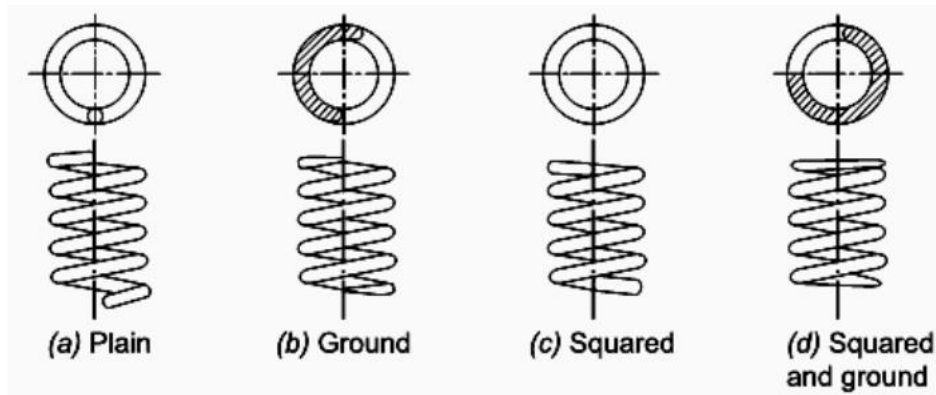
Gambar 2.15 Tipe pegas tekan spiral

Sumber: (Mott, 2004)





Tipe ujung pegas dibedakan menjadi empat jenis yaitu plain ends coiled, ground coiled, squared or closed ends not ground coiled, squared and ground ends coiled seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.16 berikut ini.

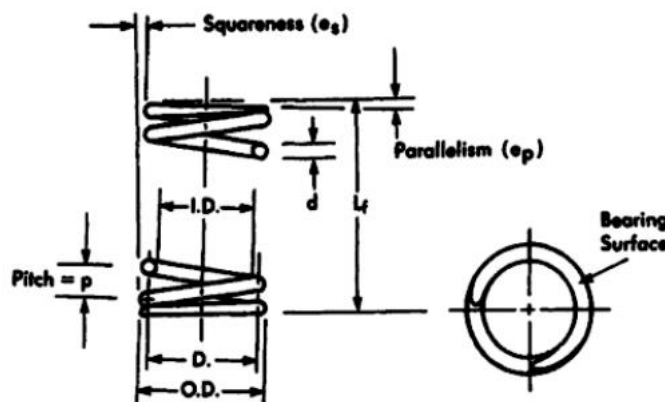


Gambar 2.16 Tipe ujung pegas tekan spiral

Sumber: (Liangah, 2003)

### 2.5.1 Terminologi Pegas

Pegas spiral memiliki notasi tertentu, gambar 2.17 dibawah ini adalah gambar dan notasi pegas spiral.

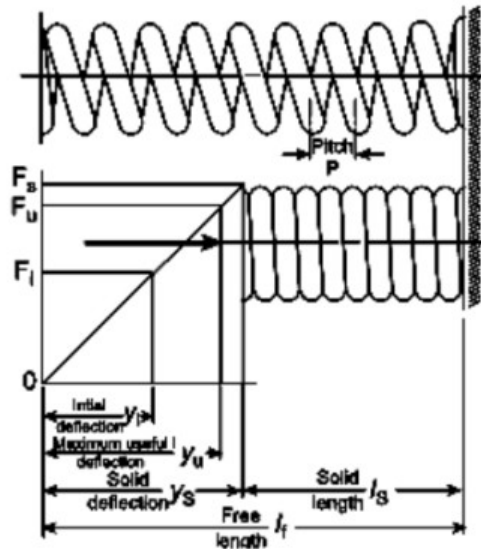


Gambar 2.17 Notasi pegas spiral – Associated spring, Barnes group inc

Sumber; (Shigley, dkk. 2004)

Notasi panjang dan gaya pada sebuah pegas spiral ditunjukkan pada gambar 2.18 dibawah ini.





Gambar 2.18 Notasi panjang dan gaya pada pegas spiral

Sumber: (Liangah, 2003)

Terminologi dan definisi notasi yang disepakati pada sebuah pegas seperti yang digambarkan pada gambar 2.17 dan 2.18 adalah sebagai berikut:

1. Kawat pegas dapat berupa kawat bulat maupun segi empat. Kawat pegas bulat lebih umum digunakan karena lebih ekonomis sedangkan kawat segi empat digunakan misalnya pada metal stamping dies dan mold injeksi plastik. Diameter kawat pegas disimbolkan dengan huruf “d”.
2. Indeks Pegas (C) adalah rasio diameter rata-rata (D) terhadap diameter kawat pegas (d).

$$C = \frac{D}{d} \quad (2.32)$$

Rentang indeks antara 3 hingga 15 secara komersial layak diproduksi namun yang direkomendasikan adalah lebih besar dari 5. Nilai indeks pegas dibawah 5, bentuk pegas sangat sulit dibuat dan akibat deformasi banyak terjadi retakan pada kawat pegas sedangkan nilai indeks diatas 15 sulit untuk diproduksi dan membutuhkan teknik khusus. Nilai indeks (C) sangat mempengaruhi defleksi dan tegangan pada pegas. Nilai C yang besar akan mengurangi kemungkinan pegas melengkung.



3. Panjang bebas ( $L_f$ ) adalah panjang pegas secara keseluruhan yang diukur secara paralel terhadap sumbu aksis saat pegas tanpa beban. Panjang pegas bebas adalah panjang referensi untuk menentukan kebutuhan besar gaya yang bekerja pada pegas.

4. Jumlah lilitan kawat pegas yaitu jumlah total lilitan kawat ( $N_t$ ) atau jumlah lilitan kawat aktif ( $N_a$ ). Perbedaan antara  $N_t$  dan  $N_a$  adalah pada kawat yang tidak aktif yaitu pada kedua ujung pegas yang tidak terdefleksi selama menerima gaya.

5. Panjang solid ( $L_s$ ) adalah panjang kawat pegas minimum saat menerima gaya. Pada pegas tipe ground, nilai panjang solid dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$L_s = N_t \cdot d \quad (2.33)$$

6. Spring rate atau nilai kekakuan pegas ( $k$ ) adalah hubungan antara perubahan gaya yang diterima pegas dengan perubahan defleksi yang terjadi. Persamaan untuk menentukan kekakuan pegas adalah:

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta L} \quad (2.34)$$

Atau

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot N_a} \quad (2.35)$$

Dimana:

G: shear modulus

d: diameter kawat

D: diameter rata-rata

$N_a$  : jumlah lilitan kawat aktif

7. Tegangan geser (shear stress) maksimum yang terjadi pada pegas akibat gaya tekan yang diberikan searah sumbu aksial pegas. Nilai maksimum tegangan geser yang terjadi pada permukaan pegas dapat

hitung menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{K \cdot F \cdot C}{\pi \cdot d^2} \quad (2.36)$$

dimana:



K = Faktor Wahl

F = Gaya yang diberikan

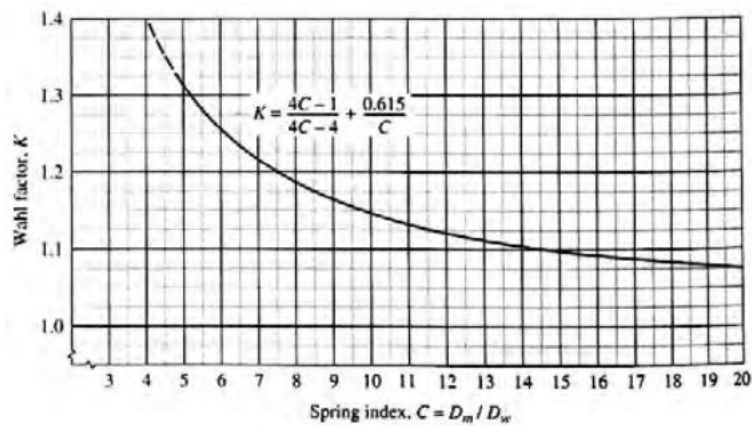
C = Indek pegas

d = Diameter kawat

Faktor Wahl (K) adalah faktor lengkungan kawat pegas dengan tegangan geser. Faktor tersebut dapat dihitung secara analitis menggunakan persamaan:

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0,615}{C} \quad (2.37)$$

Gambar 2.24 dibawah ini menunjukkan plot faktor wahl (K) dengan indeks pegas (C) untuk pegas bulat. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa rekomendasi nilai C minimum adalah 5.

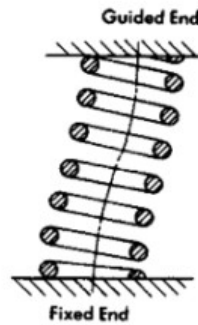


Gambar 2.19 Faktor tegangan pegas spiral

Sumber: (Mott, 2004)

8. Buckling atau kondisi tertekuk umumnya dapat terjadi jika pegas tekan memiliki panjang bebas ( $L_f$ ) sebesar 4 kali diameter rata-rata ( $D$ ) kawat pegas (rasio  $L_f/D \geq 4$ ). Pengarah pegas misalnya selongsong atau batang pengarah dapat mereduksi kemungkinan pegas tertekuk namun hal ini akan menambah gesekan dan akan berpengaruh pula pada gaya. Contoh kondisi buckling pada sebuah pegas tekan spiral ditunjukkan pada gambar 20 berikut ini.





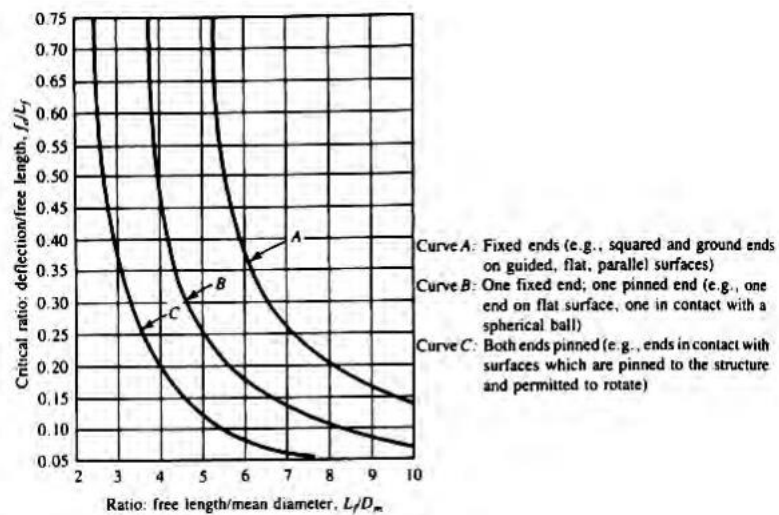
Gambar 2.20 Pegas tekan spiral kondisi tertekuk

Sumber: (Shigley, dkk. 2004)

Prediksi kondisi buckling pada suatu pegas tekan dapat dihitung menggunakan persamaan rasio panjang bebas ( $L_f$ ) terhadap diameter rata-rata pegas ( $D$ ) menggunakan persamaan:

$$\frac{L_f}{D} \tag{2.38}$$

Selanjutnya tentukan rasio defleksi kritis yaitu rasio antara defleksi ( $f_0$ ) terhadap panjang bebas ( $L_f$ ) menggunakan grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.21 dibawah ini



Gambar 2.21 Kriteria buckling pegas tekan

Sumber: (Shigley, dkk. 2004)

Setelah mendapatkan nilai rasio defleksi sesuai dengan kurva bentuk ung pegas, berikutnya dapat ditentukan prediksi defleksi kritis ( $f_0$ ) menggunakan persamaan:



$$\frac{f_0}{L_f} \quad (2.39)$$

9. Resonansi dapat terjadi pada sebuah pegas ketika frekuensi yang bekerja mendekati daerah frekuensi pribadi pegas. Nilai frekuensi pribadi pegas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$n = \frac{14(10^3)d}{D^2N_a} \quad (2.40)$$

Dimana:

n: frekuensi dalam hertz (hz)

### 2.5.2 Kemampuan Pegas

Kemampuan setiap benda atau material akan menurun seiring dengan usia pakai dan besar beban yang diterima oleh benda tersebut. Selain usia pakai yang terpenting adalah beban yang diterima oleh benda atau material tersebut harus tetap berada dibawah beban yang diizinkan agar usia pakai sesuai dengan yang direncanakan. Jika beban yang diterima sering atau selalu berada diatas beban maksimum yang diizinkan maka sudah dapat dipastikan material tersebut akan cepat rusak. Untuk suatu pegas tekan, dikatakan aman jika tegangan geser maksimum yang terjadi tidak lebih dari tegangan luluhnya (torsional tensile stress). Pendekatan perhitungan secara teoritis digunakan beberapa rumus sebagai berikut: Tegangan geser ( $\tau$ ) yang terjadi dihitung menggunakan persamaan (2.48). Sedangkan tegangan geser yang terjadi harus lebih kecil dari yang diizinkan.

$$\tau \leq \frac{S_{sy}}{sf} \quad (2.41)$$

Torsional tensile stress:

$$S_{sy} = 0,45 \cdot S_{ut} \quad (2.42)$$

Ultimate tensile stress:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (2.43)$$



Nilai  $m$  adalah konstanta tensile strength expression yang besarnya seperti ditunjukkan pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Konstanta Tensile Strength Expression (m)

Material	m	A	
		kpsi	Mpa
Music wire	0.163	186	2060
oil-tempered wire	0.193	146	1610
Hard-drawn wire	0.201	137	1510
Chrome vanadium	0.155	173	1790
Chrome silicon	0.091	218	1960

(J.E.Shigley & C.R. Mischke, 1989)

## 2.6 Geometri Pahat Bubut

Proses pemesinan menggunakan pahat sebagai perkakas potong dan geometri pahat tersebut merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses pemesinan. Geometri pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan terhadap jenis material benda kerja, material pahat, dan kondisi pemotongan. Sehingga salah satu atau beberapa objektif seperti tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusness permukaan, dan ketelitian geometri produk dapat tercapai. Untuk itu akan dibahas optimisasi geometri pahat bubut yaitu sudut-sudut pahat.

### 1. Sudut Bebas atau *clearance angle* ( $\alpha$ )

Fungsinya adalah mengurangi gesekan antara bidang utama dengan bidang transien dari benda kerja, sehingga temperatur tinggi akibat gesekan dapat dihindari dan keausan tepi pahat tidak cepat terjadi.

Gerak makan akan menentukan harga sudut bebas, semakin besar gerak makan maka gaya pemotongan akan semakin besar sehingga untuk memperkuat pahat dibutuhkan sudut penampang  $\beta_0$  yang besar, yaitu dengan memperkecil sudut bebas  $\alpha$  bila sudut

ramnya tetap. Sebagai petunjuk umum dalam pemesinan baja, harga sudut

entukan sesuai dengan gerak makan, yaitu:

m/Rev, maka  $\alpha = 12^\circ$



$f > 0,2 \text{ mm/Rev}$ , maka  $\alpha = 8^\circ$

## 2. Sudut Geram atau *rake angle* ( $\gamma$ 0)

Sudut geram adalah sudut kiri bidang geram terhadap bidang normal sama seperti sudut bebas, sudut geram juga memiliki harga optimum. Untuk kecepatan potong tertentu, sudut geram yang besar akan menurunkan rasio penempatan tebal geram ( $\gamma$  h) yang mengakibatkan kenaikan sudut geser ( $\phi$ ) yang besar akan menurunkan penampang bidang geser (Ashi) sehingga gaya potong menurun, tapi sudut geram ( $\gamma$  0) yang terlalu besar akan mengakibatkan proses perambatan panas sehingga temperatur naik, hal ini mengakibatkan menurunnya umur pahat.

Jenis material benda kerja juga mempengaruhi pemilihan sudut geram. Pada prinsipnya untuk material lunak dan ulet memerlukan sudut geram yang besar (untuk mempermudah proses pembentukan geram). Bagi material yang keras dan rapuh (*hard & brittle*) dibutuhkan sudut geram yang lebih kecil atau negatif (untuk memperkuat pahat). Sebagai petunjuk umum untuk menentukan sudut geram dapat digunakan dengan catatan bahwa pahat karbida selalu digunakan pada kecepatan potong yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan potong untuk pahat HSS.

Tabel 2.3 Sudut Geram Optimum Bagi Pahat Bubut

Benda Kerja	$^\circ$ (derajat)	
	HSS	Karbida
Baja karbon & baja paduan $\delta u < 480$ N/mm <sup>2</sup>	25	5 s.d 10
Kuningan ulet ( <i>ductile brass</i> )	25	5 s.d10
Baja karbon & baja paduan $\delta u = 480$ s/d 770 N/mm <sup>2</sup>	18	-5
Baja tuang malleable $< 160$ BHN	18	-5
Baja Karbon / Paduan & Baja Tuang s.d 1170 N/mm <sup>2</sup>	12	-10





Besi Tuang Kelabu & Malleable	12	-5 s.d 0
Kuningan & Perunggu Getas ( <i>brittle brass &amp; bronze</i> )	12	-5 s.d 0
Besi Tuang ( <i>cast iron</i> ) > 220 BHN	5	-10 s.d -5

Sumber: (Rochim, 2007)

### 3. Sudut Miring ( $\lambda$ )

Sudut miring mempunyai arah aliran geram, bila berharga nol maka aliran geramnya tegak lurus mata potong. Dengan adanya sudut miring, maka panjang kontak antara pahat dan benda kerja menjadi lebih diperpanjang. Temperatur bidang kontak akan mencapai harga minimum bila  $\lambda = +5^\circ$  untuk proses penghalusan (*finishing*) dan  $-5^\circ$  untuk proses pengasaran (*roughing*).

### 4. Sudut Potong utama (Kr)

Sudut potong utama memiliki peran antara lain, yaitu:

- Menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong (b dan h).
- Menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat.
- Menentukan besarnya gaya radial.

Gaya radial akan membesar dengan pengecilan, hal ini akan menyebabkan lenturan yang besar ataupun getaran sehingga menurunkan ketelitian geometri dan hasil pemotongan terlalu besar. Untuk kedalaman potong dan gerak makan yang tetap, dan dengan memperkecil sudut potong utama akan menurunkan tebal geram sebelum terpotong dan menaikkan lebar geram, sebagai rumus berikut:

$$h = f \sin Kr \quad (2.44)$$

$$b = a / \sin Kr \quad (2.45)$$

dimana:

h = tebal geram



$f$  = gerak makan

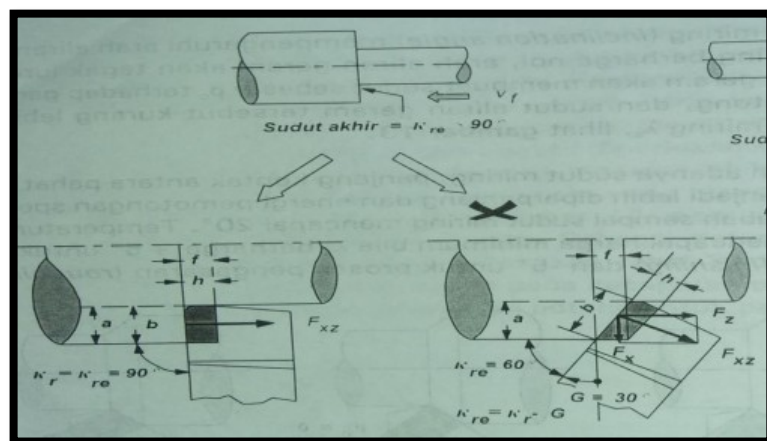
$K_r$  = sudut potong utama

$b$  = harga lebar

$a$  = kedalaman pemakanan

Tebal geram yang kecil secara langsung akan menurunkan temperatur pemotongan. Sehingga temperatur pahat akan relatif rendah. Dengan demikian umur pahat akan lebih tinggi, dengan kata lain kecepatan potong dapat lebih dipertinggi untuk menaikkan kecepatan produksi. Akan tetapi, pemakaian sudut potong utama yang kecil tidak akan selalu menguntungkan sebab akan menaikkan gaya radial.

Gaya radial yang besar mungkin menyebabkan lenturan yang terlalu besar ataupun getaran, sehingga menurunkan ketelitian geometrik produksi dan hasil pemotongan terlalu kasar. Tergantung pada kekakuan benda kerja dan pahat serta metode pencekam benda kerja serta sudut akhir atau geometri benda kerja, maka operator mesin dapat memilih pahat dengan sudut yang cocok.



Gambar 2.22 Variasi Sudut Potong Utama  $K_r$

Sumber: (Rochim, 2007)

## 5. Sudut Potong Bantu ( $K^1_r$ )

ada prinsipnya sudut potong bantu dapat dipilih sekecil mungkin karena memperkuat ujung pahat, maka kehalusan produk dapat dipertinggi. Yang masalah adalah kekakuan sistem pemotongan karena sudut potong bantu



yang kecil akan mempertinggi gaya radial ( $F_x$ ), sebagai petunjuk:

Sistem pemotongan yang kaku,  $(K^1 r) = 5^\circ$  s.d  $10^\circ$

Sistem pemotongan yang lemah,  $(K^1 r) = 10^\circ$  s.d  $20^\circ$

## 6. Radius Pojok ( $r\epsilon$ )

Radius pojok berfungsi untuk memperkuat ujung pertemuan antara mata potong utama ( $S$ ) dengan mata potong minor ( $S'$ ), selain itu menentukan kehalusan permukaan hasil pemotongan. Untuk yang relatif besar, maka bersama-sama dengan gerak makan yang dipilih sehingga mempengaruhi kehalusan permukaan produk.

Tabel 2.4 Radius Pojok Pahat

a = mm	$r\epsilon$ = mm
0 s.d. 3	0.5 s.d. 0.8
3 s.d. 10	0.8 s.d. 1.5
10 s.d. 20	1.5 s.d. 2.0

Sumber: (Rochim, 2007)

## 2.7 Baja Aisi 1045

Baja AISI 1045 merupakan salah satu dari jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar ( 0,43 – 0,50 % C berat ) yang sering digunakan dipasaran karena banyak memiliki keunggulan dan harganya yang lumayan terjangkau. AISI sendiri merupakan kepanjangan dari ( American Iron and Steel Institute ) angka 10 merupakan kode yang menunjukkan plain carbon dan kode xxx setelahnya merupakan besar dari komposisi karbon.

Baja AISI 1045 juga memiliki beberapa karakteristik diantaranya sifat mampu mesin yang baik, Wear resistance-nya baik dan sifat mekaniknya menengah. (Widyatama &Suprpty, 2018)

### 2.7.1 Penggunaan Baja Aisi 1045

Baja AISI 1045 digunakan sebagai bahan utama pembuatan suku cadang atau komponen mesin, seperti poros, roda gigi, bantalan, batang



penghubung piston dan rantai. Menurut (Pramono, 2011) spesifikasi baja ini banyak digunakan sebagai komponen otomotif, seperti komponen roda gigi, poros dan bantalan yang digunakan pada kendaraan bermotor. Menurut (Yusman, 2018) penggunaan baja AISI 1045 secara umum dapat digunakan sebagai material pembuatan suku cadang mesin alat-alat perkakas. (Rahmat Dwi, Subhan, & Pratiwi, 2021)



Gambar 2.23 Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 banyak digunakan pada komponen mesin sebagai komponen roda gigi, poros, batang penghubung piston dan rantai, menurut penggunaan termasuk kedalam baja konstruksi. Fungsi komponen mesin yang terbuat dari baja AISI 1045 yaitu sebagai berikut:

1. Roda gigi berfungsi sebagai komponen untuk meneruskan atau mentransmisikan daya.
2. Poros berfungsi sebagai meneruskan tenaga bersama dengan putaran. - Batang penghubung piston berfungsi untuk mentransmisi daya.
3. Rantai berfungsi untuk mentransmisi daya dan putaran. Pada pengaplikasiannya baja AISI 1045 harus mempunyai ketahanan aus yang baik, hal ini dikarenakan sesuai dengan fungsi dari komponen tersebut agar mampu menahan keausan terhadap pengurangan dimensi yang terjadi akibat gesekan pada bagian komponen tersebut. (Rahmat Dwi, Subhan, & Pratiwi, 2021)



## 2.7.2 Unsur Baja Aisi 1045

Adapun kandungan unsur yang terdapat pada baja karbon AISI 1045 menurut standar ASTM A 827-85 dapat dilihat dari Tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.5 Unsur Baja Karbon AISI 1045

Unsur	%	Sifat Mekanik Lainnya
Karbon	0,42-0,50	<i>Tensile strenght</i>
Mangan	0,60-0,90	<i>Yield strenght</i>
Sulfur	Maks. 0,035	<i>Elongation</i>
Fosfor	Maks. 0,040	<i>Reduktion in area</i>
Silican	0,15-0,40	<i>Hardness</i>

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

Material baja AISI 1045 memiliki sifat mekanik sebagai berikut:

Tabel 2.6 Sifat-Sifat Mekanik Baja AISI 1045

Kekuatan Tarik, $\sigma_u$	580 kg/mm <sup>2</sup>
Kekuatan Luluh, $\sigma_y$	305 kg/mm <sup>2</sup>
Perpanjangan ( <i>elongation</i> )	16%

Sumber: (Erick Wiratama, 2021)

## 2.8 Pahat Karbida

Pahat dari karbida dibagi dalam dua kelompok tergantung penggunaannya. Bila digunakan untuk benda kerja besi tuang yang tidak liat dinamakan *cast iron cutting grade*. Pahat jenis ini diberi kode huruf K dan kode warna merah. Apabila digunakan untuk menyayat baja yang liat dinamakan *steel cutting grade*. Pahat jenis ini diberi kode huruf P dan kode warna biru. Selain kedua jenis tersebut ada pahat karbida yang diberi kode huruf M, dan kode warna kuning. Pahat karbida ini digunakan untuk menyayat berbagai jenis baja, besi tuang dan non ferro yang

memiliki sifat keternesinan yang baik. (Rahdiyanta D. , 2010)

Pahat karbida memiliki kelas dari bahan keras, tahan aus, tahan api di mana partikel diikat menjadi satu, atau disemen, oleh pengikat logam yang



lunak dan ulet. Bahan-bahan ini pertama kali dikembangkan di Jerman pada awal 1920-an menanggapi permintaan untuk bahan cetakan yang memiliki ketahanan aus yang cukup untuk menggambar kabel filamen pijar tungsten untuk menggantikan berlian yang mahal kemudian digunakan. Karbida yang disemen pertama diproduksi adalah tungsten karbida (WC) dengan pengikat kobalt.

Penggunaan tungsten sebagai elemen paduan memberi baja penahan yang baik kekerasan pada suhu tinggi dari 900°C hingga 1000°C. Karbida dibuat dengan cara mencampur bubuk logam tungsten dengan karbon dan memanaskan campuran ke sekitar 1600°C di atmosfer hidrogen sampai kedua zat itu hilang zat kimianya. Saat ini, tiga kelompok karbida berikut secara luas diterapkan untuk elemen alat potong:

- a. WC + Co + (WC-TiC-TaC-NiC) untuk digunakan dalam pemesinan baja.
- b. WC + Co untuk digunakan dalam permesinan besi cor dan logam *non ferro*.
- c. TiC + Ni + Mo untuk digunakan dalam pemesinan logam kekuatan tinggi suhu tinggi.

Karbida semen memiliki kekerasan yang sangat tinggi (hanya setelah berlian) dan keausan tinggi resistensi terhadap abrasi. Mereka tidak kehilangan sifat pemotongannya, kekerasan melebihi suhu hingga 900°C- 1000°C. Karenanya alat berujung karbida mampu mengolah logam yang paling keras secara efisien, termasuk baja yang dikeraskan pada kecepatan potong tinggi. Alat tersebut dapat beroperasi pada kecepatan potong dari 16 hingga 25 Kali lipat yang diizinkan untuk alat yang terbuat dari baja perkakas karbon. Satu kelemahan dari semen karbida adalah kerapuhannya. Kekakuan sangat tinggi (modulus Young sekitar tiga kali dari baja) dari karbida yang disemen mensyaratkan bahwa mereka didukung dengan ketebalan yang cukup, bahkan untuk sejumlah kecil deformasi ikatan dalam pada bahan kekakuan ini dapat menyebabkan tegangan tarik yang sangat tinggi. Karbida

lebih lemah pada tegangan daripada kompresi. Mereka memiliki kecenderungan untuk membentuk las tekanan pada kecepatan potong rendah. Dalam pandangan ini, mereka harus dioperasikan dengan kecepatan jauh lebih banyak dari yang



digunakan dengan alat baja kecepatan tinggi. Ini disebabkan untuk peralatan mesin dari peningkatan daya. Karbida yang memperoleh persentase kobalt tinggi adalah lebih keras dan lebih kuat dari yang mengandung kobalt rendah. Karenanya mereka digunakan untuk pemotongan kasar, pemotongan terputus dan untuk penggilingan. Varietas kobalt rendah digunakan untuk jadi operasi seperti berputar dengan penampang chip yang halus dan pemotongan kontinu. Disarankan untuk menjaga braze metal setipis mungkin. (Singh,R., 2006)

