

ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP GETARAN PROSES SEKRAP PADA BAJA AISI 1037



SAMUEL SURYA KAROMA' LEBANG
D021 18 1510

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimization Software:
www.balesio.com

**ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP
GETARAN PROSES SEKRAP PADA BAJA AISI 1037**

**SAMUEL SURYA KAROMA' LEBANG
D021 18 1510**



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



**ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP
GETARAN PROSES SEKRAP PADA BAJA AISI 1037**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Sarjana Teknik Mesin

Disusun dan diajukan oleh

SAMUEL SURYA KAROMA' LEBANG

D021 18 1510

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



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP GETARAN
PROSES SEKRAP PADA BAJA AISI 1037

SAMUEL SURYA KAROMA' LEBANG
D021 18 1510

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada tanggal 27 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa

Mengesahkan,

Pembimbing Utama



Fauzan, ST., MT., Ph.D.
NIP . 197701032008011009

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Hairul Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 197503222002121001

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT
NIP. 19770707 200511 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Samuel Surya Karoma' Lebang
NIM : D021 18 1510
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP GETARAN PROSES SEKRAP PADA BAJA AISI 1037

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 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, 24 September 2024

Yang Menyatakan



Samuel Surya Karoma' Lebang

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mengambil judul: "ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP GETARAN PROSES SEKRAP PADA BAJA AISI 1037". Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Jurusan Mesin Prodi Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang sayahormati:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M. Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T, M.T. selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Fauzan, ST., MT., Ph.D selaku Sekertaris Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Fauzan, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Hairul Arsyad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun masukan selama penyusunan tugas akhir
7. Kak Minhajul selaku Plp Laboratorium Teknologi Mekanik Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff Civitas Akademika Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu Penulis dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas Penulis menuju Rektorat.
9. Kepada saudara(i) seperjuangan KMKO TEKNIK 2018 dan LANTANG (D
- 10) yang selalu ada dalam suka maupun duka.

Akram S.T selaku teman yang membantu Penulis dalam hasil penyekrapan spesimen.

a(i) seperjuangan REACTOR'18 yang selalu ada dalam suka khususnya kepada saudara Angga Asteriasti Aji S.T, M.T, dan serta teman-teman lain yang tidak sempat penulis sebutkan satu



12. Teristimewa kepada Orang Tua, Keluarga dan terkhusus kepada Saudara Penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moral, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
13. Kepada seseorang yang selalu menjadi Support System bagi penulis, WARGA TORAJA, Dwiayu Leony Layuk teman seperjuangan penulis yang membantu penulis sampai di Tugas Akhir.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa, 24 September 2024

Samuel Surya Karoma' Lebang



ABSTRAK

Proses sekrap pada dasarnya adalah proses permesinan yang menggunakan pahat mata potong tunggal dan hanya melakukan penyayat berbentuk garis lurus. Dengan adanya proses pemesian yang lain, sebenarnya proses sekrap ini adalah proses yang paling tidak efisien (waktu yang diperlukan lama) dan kurang efektif. Proses sekrap ada dua macam yaitu proses sekrap (shaper) dan Planer. Proses sekrap dilakukan untuk benda kerja yang relatif kecil, sedang proses planer untuk benda kerja yang besar. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel permesinan terhadap tingkat getaran proses sekrap pada baja AISI 1037. Getaran yang terjadi selama proses sekrap dapat memiliki dampak negatif terhadap kualitas permukaan dan umur alat potong. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel permesinan yang berpengaruh signifikan terhadap getaran proses sekrap pada baja AISI 1037, dengan harapan dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses sekrap. Hasil penelitian berdasarkan metode taguchi variabel yang paling berpengaruh pada proses penyekrapan tersusun sebagai berikut: Gerak makan (*feed*) dengan persen kontribusi sebesar 79,10%. Penyekrapan yang paling optimal dihasilkan pada parameter gerak makan (*feed*) 0,4 mm, kecepatan penyekrapan/eretan (*n*) 10 mm dan kedalaman potong (*a*) 1 mm dengan nilai getaran frekuensi 0,42 Hz dan amplitudo 0,16 m/s^2

Kata Kunci: Analisis, Pengaruh Variabel Permesinan, Getaran Proses Sekrap, Baja AISI 1037



ABSTRACT

The scrap process is basically a machining process that uses a single cutting blade and only makes cuts in straight lines. With the existence of other machining processes, this scrapping process is actually the most inefficient process (it takes a long time) and is less effective. There are two types of sekrap processes, namely the sekrap (shaper) and planer processes. The scrapping process is carried out for relatively small workpieces, while the planer process is for large workpieces. This final project aims to analyze the influence of machining variables on the vibration level of the scrapping process on AISI 1037 steel. Vibrations that occur during the scrapping process can have a negative impact on the quality surface and cutting tool life. Therefore, this research aims to identify machining variables that have a significant influence on the vibration of the scrapping process in AISI 1037 steel, with the hope of providing recommendations to improve the efficiency and quality of the scrapping process. The results of research based on the Taguchi method, the variables that have the most influence on the absorption process are arranged as follows: Feeding movement with a contribution percentage of 79.10%. The most optimal scrapping is produced at a feed parameter of 0.4 mm, scraping speed (n) of 10 mm and cutting depth (a) of 1 mm with a vibration frequency value of 0.42 Hz and an amplitude of 0.16 m/s^2

Keywords: Analysis, Influence of Machining Variables, Scrapping Process Vibration, AISI 1037 Steel



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Permesinan	4
2.2. Mesin Sekrap	6
2.3. Prinsip Pengerjaan Mesin Sekrap	6
2.3.1 Proses Sekrap Horizontal	6
2.3.2 Proses Sekrap Vertikal	7
2.4 Jenis Gerakan Mesin Sekrap	7
2.4.1 Gerakan Utama	7
2.4.2 Gerakan <i>Feeding</i> (Langkah Pemakanan).....	7
2.4.3 Pengaturan Dalamnya Pematangan.....	7
2.5 Prinsip Pengerjaan Mesin Sekrap	8
2.6 Jenis –Jenis Mesin Sekrap.....	9
2.6.1 Mesin Sekrap Horizontal (<i>Shaper</i>).....	9
2.6.2 Mesin Sekrap Vertikal (<i>Slotter</i>)	10
2.6.3 Mesin Sekrap Eretan V (<i>Planner</i>)	10
2.7 Mekanisme Kerja Mesin Sekrap.....	11
2.8 Macam – Macam Proses Penyekrapan.....	11
2.9 Pahat Sekrap	12
2.10 Material Pahat	12
2.11 Pahat HSS	13
2.12 Pahat <i>Aguchi</i>	13
2.13 Tahap Perencanaan	14
2.14 Tahap Pelaksanaan.....	16
2.15 Tahap Analisis	16
2.16 Tahap S/N.....	18
2.17 Tahap	18



BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3 Metode Penelitian	25
3.4 Variabel Penelitian	26
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	26
3.5.1 Prosedur Proses Sekrap.....	26
3.5.2 Prosedur Proses Pengukuran Getaran.....	26
3.5.3 Pengambilan Data	26
3.5.4 Flowchart Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Variasi Parameter.....	28
4.2 Hasil pengambilan data frekuensi getaran efek perubahan variabel permesinan pada proses penyekrapan	28
4.3 Menganalisis Variabel Paling Berpengaruh Terhadap Getaran Proses Sekrap Dengan Metode Taguchi.....	32
4.4 Analisis Of Varians (ANOVA)	34
BAB V PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses sekrap horizontal	6
Gambar 2.2 Proses sekrap vertikal	7
Gambar 2.3 Jenis Penyayatan Pada Proses Sekrap	7
Gambar 2.4 Komponen Mesin Sekrap	8
Gambar 2.5 Mesin sekrap horizontal (<i>shaper</i>)	9
Gambar 2.6 Mesin sekrap vertikal (<i>Slotter</i>)	10
Gambar 2.7 Gambar skematik mesin sekrap meja (<i>planner</i>) dua kolom.....	10
Gambar 2.8 Mekanisme Mesin Sekrap	11
Gambar 2.9 Sudut-sudut Pada Pahat	12
Gambar 3.1 Mesin Sekrap.....	20
Gambar 3.2 Parameter mesin (a) kedalaman potong, (b) kecepatan potong, (c) kecepatan makan	20
Gambar 3.3 Skema instalasi alat getar pada proses permesinan	21
Gambar 3.4 Kunci Ragum	21
Gambar 3.5 Kunci Penggerak Ram.....	22
Gambar 3.6 Jangka sorong	22
Gambar 3.7 Kuas	23
Gambar 3.8 Gurinda.....	23
Gambar 3.9 Pahat HSS.....	24
Gambar 3.10 Vibxpert II	24
Gambar 3.11 Baja AISI 1037.....	25
Gambar 3.12 Sketsa Benda Kerja	25
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> Penelitian	27
Gambar 4.1 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (1 mm),(10 mm) dan kedalaman potong (0,4 mm).....	28
Gambar 4.2 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (4 mm),(10 mm) dan kedalaman potong (0,8 mm).....	29
Gambar 4.3 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (7 mm),(10 mm) dan kedalaman potong (1,2 mm).....	29
Gambar 4.4 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (10 mm),(10 mm) dan kedalaman potong (1,6 mm).....	29
Gambar 4.5 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (1 mm),(15 mm) dan kedalaman potong (0,4 mm).....	30
Gambar 4.6 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (4 mm),(15 mm) dan kedalaman potong (0,8 mm).....	30
Gambar 4.7 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (7 mm),(15 mm) dan kedalaman potong (1,2 mm).....	30
Gambar 4.8 Grafik amplitudo mesin sekrap terhadap waktu pada <i>feed</i> (10 mm),(15 mm) dan kedalaman potong (1,6 mm)	31
Gambar 4.9 Plot Rata-rata Untuk S/N Ratios Nilai getaran permukaan (<i>smaller is better</i>) menggunakan Aplikasi Minitab 21	33



Gambar 4.10 Grafik Plot Rata-rata Untuk Nilai getaran permukaan (*smaller is better*)
menggunakan Aplikasi Minitab 21 34



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks Ortogonal	16
Tabel 2.2 Tabel Analisis Variansi (ANOVA)	17
Tabel 4.1 Variasi Parameter Permesinan Pada Penyekrapan Spesimen	28
Tabel 4.2 Variasi Penyekrapan dan Nilai Frekuensi Getaran	31
Tabel 4.3 Variabel Bebas Penelitian	32
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Rasio S/N (<i>Signal To Noise Rasio</i>)	32
Tabel 4.5 <i>Response Table for Means</i> Menggunakan Minitab 21	34
Table 4.6 Factor information.....	35
Table 4.7 Analysis of Variance	35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses penyekrapan dan Pengambilan Data Getaran dengan VIBExper II	39
Lampiran 2. Material Baja ST-37 Setelah Penyekrapan.....	40



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. (Azib, 2017)

Proses sekrap pada dasarnya adalah proses permesinan yang menggunakan pahat mata potong tunggal dan hanya melakukan penyayatan berbentuk garis lurus. Dengan adanya proses pemesian yang lain, sebenarnya proses sekrap ini adalah proses yang paling tidak efisien (waktu yang diperlukan lama) dan kurang efektif (hanya untuk pengerjaan pengasaran). Proses sekrap ada dua macam yaitu proses sekrap (shaper) dan Planer. Proses sekrap dilakukan untuk benda kerja yang relatif kecil, sedang proses planer untuk benda kerja yang besar. (Dwi Rahdiyanta, 2010).

Pada proses sekrap mesin perkakas dengan gerakan utama lurus bolak-balik secara vertikal maupun horizontal. Gerak potong pahat pada benda kerja merupakan gerakan lurus translasi. Dalam hal ini benda kerja dalam keadaan diam dan pahat bergerak lurus translasi. Pada saat pahat melakukan gerak balik, benda kerja juga melakukan gerak umpan (feeding). Sehingga punggung pahat akan tersangkut pada benda kerja yang sedang bergerak. Dalam dunia industri mesin sekrap digunakan untuk mengerjakan bidang-bidang yang rata, cembung, cekung, beratur, pada posisi mendatar, tegak, maupun miring, dll (Widarto, 2008).

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Rochim (1993) proses pengerjaan logam dengan mesin sekrap akan terjadi peristiwa tumbukan antara pahat dan benda kerja, yaitu pada saat bertemunya pahat dengan benda kerja. Tumbukan ini akan menimbulkan beban impact pada pahat dan benda kerja. Dengan adanya gaya potong yang terjadi pada saat pahat dan benda kerja bereaksi yang diteruskan

n-bagian tertentu mesin sekrap akan mengakibatkan
nturan. Meskipun kelenturan ini kecil tetapi sudah cukup
adi penyebab terjadinya kesalahan geometri produk
nber getaran yang dapat memperpendek umur pahat dan
uhi kualitas produk. Hermawan (1990) menyatakan bahwa
mempengaruhi getaran pada mesin sekrap yaitu semakin



keras benda kerja maka akan menimbulkan getaran yang tinggi, selain itu juga kecepatan potong dan tebal geram.

Dalam konteks yang paling sederhana bahwa gelombang adalah getaran yang merambat melalui medium, getaran dapat dianggap gerakan berulang dari suatu obyek disekitar suatu posisi kesetimbangan. Posisi kesetimbangan adalah posisi suatu objek dimana jumlah gaya yang dikenakan pada objek tersebut adalah sama dengan nol. Tipe getaran ini disebut *whole body motion*, yang berarti bahwa semua bagian dari objek tersebut bergerak bersamaan pada arah yang bersamaan disemua titik pada waktunya (Thomson, 1995).

Penggunaan baja telah mengalami peningkatan yang cukup pesat di industri manufaktur, dimana sebagaimana ditentukan oleh nilai ekonomisnya. Baja ST 37 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah yang memiliki sifat mudah di tempa dan mudah di proses permesinan. Pahat HSS (High Speed Steel) banyak digunakan untuk melakukan proses permesinan baja ST 37 dalam pembuatan roda gigi, poros dan baut (Surdia dan Saito, 1999).

Getaran adalah gerakan yang cepat dan berulang. Berasal dari Tingkat atau amplitudo getaran dapat direpresentasikan sebagai gerakan, yaitu parameter perpindahan, kecepatan, atau percepatan. Parameter perpindahan adalah nilai yang menentukan jarak pergerakan antara dua benda. Parameter kecepatan, sering disebut kecepatan, menentukan jarak yang ditempuh dalam jangka waktu tertentu. Parameter Percepatan adalah ukuran laju perubahan kecepatan terhadap waktu.

Baja adalah logam yang umum digunakan dalam aplikasi teknis. Berbagai faktor berkontribusi terhadap meluasnya penggunaan bahan ini oleh manusia, seperti Hal ini umumnya ditemukan di alam, biasanya sebagai bijih besi atau besi murni. Bahan tersebut memiliki sifat mekanik yang menguntungkan seperti kekuatan dan keuletan. Ini dapat dengan mudah dibuat menggunakan metode pengecoran atau pemesinan untuk memenuhi persyaratan tertentu. Selain itu, harganya relatif murah.

Sarkan uraian diatas, maka peneliti akan membahas **ANALISIS PENGARUH VARIABEL PERMESINAN P GETARAN PROSES SEKRAP PADA BAJA ST 37** buktikan bahwa parameter apa yang paling berpengaruh kualitas sekrap sesuai dengan parameter permesinan potong, Kedalaman potong (mm), dan Gerak makan].



1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengukuran pengaruh getaran proses sekrap baja ST 37 terhadap kecepatan potong, kedalaman potong, dan gerak makan?
2. Bagaimana hasil analisis pengaruh getaran proses sekrap baja ST 37 menggunakan metode *Taguchi*?
3. Bagaimana hasil pengaruh getaran yang paling optimal pada penyekrapan baja ST 37?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengukur pengaruh getaran proses sekrap baja ST 37 terhadap kecepatan potong, kedalaman potong, dan gerak makan.
2. Untuk menganalisis hasil pengaruh getaran proses sekrap baja ST 37 menggunakan metode *Taguchi*.
3. Untuk mengetahui hasil pengaruh getaran yang paling optimal pada proses penyekrapan baja ST 37.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah baja AISI 1037 berbentuk silinder dengan permukaan rata.
2. Menggunakan pahat HSS dimana kondisi pahat dianggap selalu sama.
3. Parameter permesinan yang divariasikan adalah (v) kecepatan potong (1 mm/menit, 2 mm/menit, 3 mm/menit, dan 4 mm/menit), (a) kedalaman potong (0,4 mm, 0,8 mm, 1,2 mm, dan 1,6 mm), dan (f) kecepatan makan (1 mm/menit, 4 mm/menit, 7 mm/menit, dan 10 mm/menit).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh parameter permesinan terhadap kualitas sekrap baja AISI 1037 .
2. Dapat memberikan informasi sebagai referensi tambahan dibidang Manufaktur.

...ai pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar S1 pada
...m studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Permesinan

Proses Permesinan adalah istilah yang mencakup banyak koleksi proses manufaktur yang dirancang untuk menghilangkan bahan yang tidak diinginkan, biasanya dalam bentuk *chip*, dari benda kerja. Proses Permesinan digunakan untuk merubah hasil coran, tempa, atau blok logam yang sudah terbentuk sebelumnya menjadi bentuk yang diinginkan, dengan ukuran dan hasil akhir yang ditentukan untuk memenuhi persyaratan desain. Hampir setiap produk yang diproduksi memiliki komponen yang memerlukan pemesinan, seringkali dengan presisi tinggi. Oleh karena itu, kumpulan proses ini adalah salah satu proses yang paling penting dari proses manufaktur dasar karena nilai tambah pada produk akhir. Dengan cara yang sama, proses pemesinan seringkali lebih mahal.

Sebagian besar aplikasi industri permesinan adalah logam. Meskipun proses pemotongan logam telah menolak analisis teoretis karena kerumitannya, penerapan proses ini di dunia industri tersebar luas. Proses pemesinan dilakukan pada berbagai peralatan mesin. Contoh lain dari peralatan mesin dasar adalah mesin giling, bor tekan, penggiling, pembentuk, mesin penggerek, dan gergaji. (ASM Internasional.Vol 16,1995)

Setiap jenis alat mesin dasar memiliki banyak konfigurasi yang berbeda. misalnya, mesin bubut turet mesin bubut, mesin pelacak roda, atau mesin sekrup otomatis. Mesin bubut telah mengikuti tren alat mesin lainnya, dan mesin bubut NC sekarang dapat dibeli secara mudah. Proses pembentukan *chip* utama tercantum di bawah ini, dengan versi alternatif dalam tanda kurung. Setiap proses adalah dilakukan pada satu atau lebih peralatan mesin dasar. Misalnya, pengeboran dapat dilakukan pada mesin bor, penggilingan mesin, mesin bubut, dan beberapa mesin diantaranya:

1. *Turning (boring, facing, cutoff, taper turning, form cutting, chamfering, Srecessing, thread cutting).*
2. *Shaping (planing, vertical shaping)*
3. *Milling (hobbing, generating, thread milling)*
4. *Drilling (reaming, tapping, spot facing, counterboring, countersinking)*
5. *Sawing (filing)*
6. *Abrasive machining (grinding, honing, lapping)*

Besi atau besi tempa sebagai bahan produk yang akan dibentuk melalui permesinan biasanya memiliki bentuk profil berupa bentuk dan ukuran standar misalnya, bentuk bulat "O", segi empat, segi enam "L", dan lain.

Proses permesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam terbagi menjadi tiga kelompok dasar, yaitu: proses pemotongan dengan mesin pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses



pemotongan non konvensional. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (*shearing*), pengepresan (*pressing*) dan penarikan (*drawing elongating*). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (*turning*), proses frais (*milling*), sekrap (*shaping*). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi beram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja. Proses pemesinan adalah proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam. Diperkirakan sekitar 60% sampai 80% dari seluruh proses pembuatan suatu mesin yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan.

Berikut ini adalah klasifikasi proses pemesinan yaitu:

1. Berdasarkan Gerak Relatif Pahat

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua komponen gerakan yaitu:

- a. Gerak potong (*cutting movement*), Dimana gerak potong adalah gerak yang menghasilkan permukaan baru pada benda kerja.
- b. Gerak makan (*feeding movement*), Gerak makan adalah gerak yang menyelesaikan permukaan baru yang telah di potong oleh gerak potong.

2. Berdasarkan Jumlah Mata Pahat yang digunakan

Pahat yang dipasangkan pada suatu jenis mesin perkakas memiliki mata pahat yang berbeda-beda. Jenis pahat/perkakas potong disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk akhir dari produk. Adapun pahat dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis pahat yaitu pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tools*) dan pahat bermata potong jamak (*multiple point cuttings tools*).

3. Berdasarkan Orientasi Permukaan

Selain ditinjau dari segi orientasi permukaan maka poses pemesinan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya permukaan (proses generasi permukaan; *surface generation*). Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan dalam dua garis besar proses yaitu:

- a. Generasi permukaan silindrik atau konis dan
- b. Generasi permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda

ja
 arkan Mesin yang Digunakan
 dalam proses pemesinan jika kita ingin melakukan suatu pekerjaan, perlu kita ketahui terlebih dahulu dengan mesin apa yang tentunya kita gunakan sehingga produk yang kita buat sesuai dengan diinginkan. Beberapa jenis proses mungkin dapat dilakukan pada



satu mesin perkakas. Misalnya, mesin bubut tidak selalu digunakan sebagai untuk membubut saja melainkan dapat pula digunakan untuk mengkurdi, memotong dan melebarkan lubang (*boring*) dengan cara mengganti pahat dengan yang sesuai. Bahkan dapat digunakan untuk mengfreis, menggerinda atau mengasah halus asalkan pada mesin bubut yang bersangkutan dapat dipasangkan peralatan tambahan (*attachments*) yang khusus. (Kencanawati, 2017)

2.2. Mesin Sekrap

Mesin sekrap (*shap machine*) disebut pula mesin ketam atau serut. Mesin ini digunakan untuk mengerjakan bidang-bidang yang rata, cembung, cekung, beralur, dll dalam kedudukan mendatar, tegak ataupun miring. Mesin sekrap adalah suatu mesin perkakas dengan gerakan utama lurus bolak-balik secara vertikal maupun horisontal.

Mesin sekrap adalah mesin yang relatif sederhana. Biasanya digunakan dalam ruang alat atau mengerjakan pemesinan benda kerja yang jumlahnya satu atau dua buah untuk *prototype* (benda contoh). Pahat yang digunakan sama dengan pahat bubut. Proses sekrap tidak terlalu memerlukan perhatian/konsentrasi bagi operatornya ketika melakukan penyayatan.

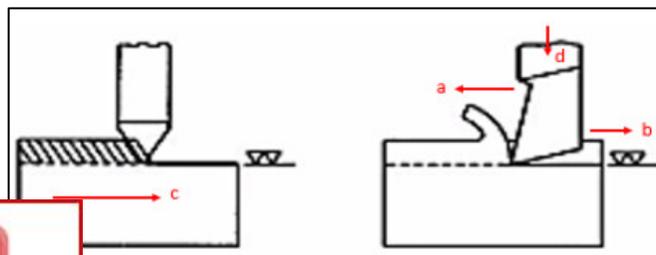
2.3. Prinsip Pengerjaan Mesin Sekrap

Prinsip pengerjaan pada mesin sekrap adalah benda yang disayat atau dipotong dalam keadaan diam (dijepit pada ragum) kemudian pahat bergerak lurus bolak-balik atau maju mundur melakukan penyayatan (gerak translasi).

Berdasarkan gerakan pahat dan benda kerja, proses sekrap dapat dilakukan secara horisontal dan vertikal.

2.3.1 Proses Sekrap Horizontal

- a. langkah maju
- b. langkah mundur
- c. gerak pemakanan mendatar
- d. kedalaman pemakanan



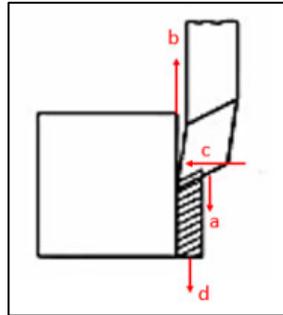
Gambar 2.1 Proses sekrap horizontal

umber : <http://mesinperkakas.com/mesin-sekrap>



2.3.2 Proses Sekrap Vertikal

- langkah maju
- langkah mundur
- gerak pemakanan vertikal
- lebar pemakanan



Gambar 2.2 Proses sekrap vertikal

Sumber : <http://mesinperkakas.com/mesin-sekrap>

2.4 Jenis Gerakan Mesin Sekrap

2.4.1 Gerakan Utama

Merupakan gerakan pahat maju dan mundur. Gerak maju disebut langkah kerja, gerak mundur disebut langkah tidak kerja.

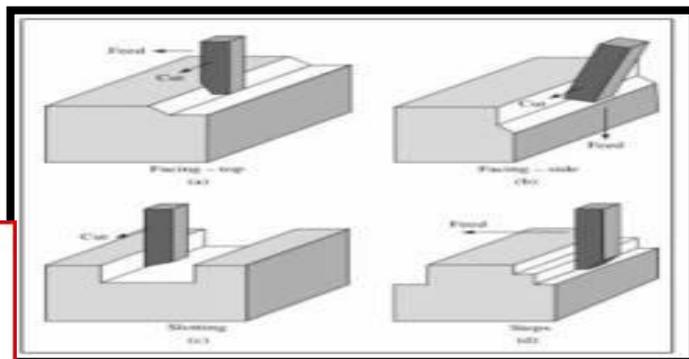
2.4.2 Gerakan *Feeding* (Langkah Pemakanan)

Gerakan ini menghasilkan ketebalan material yang terpotong.

2.4.3 Pengaturan Dalamnya Pemotongan

Pengaturan ini menghasilkan kedalaman pemotongan yang keratkaitannya dengan perencanaan waktu pemesinan.

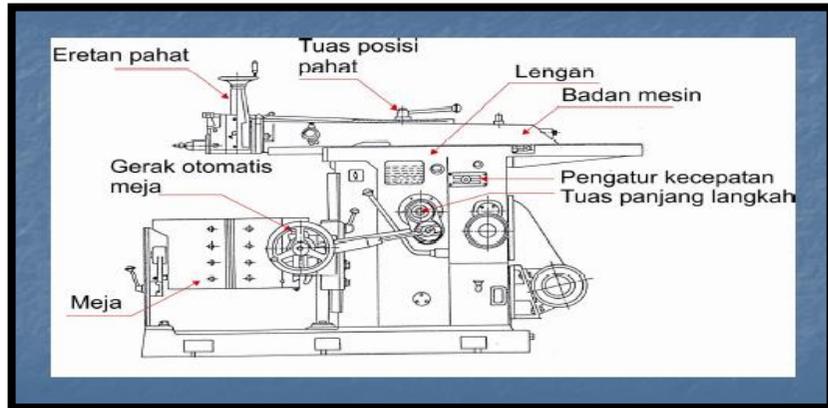
Jenis-jenis penyayatan yang bisa dilakukan untuk proses sekrap (Gambar 2.3) yaitu penyayatan permukaan (*facing*), alur (*slotting*) dan tangga (*steps*).



Gambar 2.3 Jenis Penyayatan Pada Proses Sekrap



2.5 Prinsip Pengerjaan Mesin Sekrap



Gambar 2.4 Komponen Mesin Sekrap

Sumber: <http://mesinperkakas.com/mesin-sekrap>

Badan mesin merupakan keseluruhan mesin tempat mekanik penggerak dan tuas pengatur.

1. Meja Mesin
Fungsinya merupakan tempat kedudukan benda kerja atau penjepit benda kerja. Meja mesin didukung dan digerakkan oleh eretan lintang dan eretan tegak, eretan lintang dapat diatur otomatis.
2. Lengan
Fungsinya untuk menggerakkan pahat maju mundur lengan diikat dengan engkol menggunakan pengikat lengan. Kedudukan lengan diatas badan dan dijepit pelindung lengan agar gerakannya lurus.
3. Eretan Pahat
Fungsinya untuk mengatur ketebalan pemakanan pahat. Dengan memutar roda pemutar maka pahat akan turun atau naik ketebalan pemakanan dapat dibaca pada dial eretan dapat dimiringkan untuk penyekrapan bidang bersudut atau miring. Kemiringan eretan dapat dibaca pada pengukur sudut eretan.
4. Pengatur Kecepatan
Fungsinya untuk mengatur atau memilih jumlah langkah lengan mesin per menit, untuk pemakanan tipis dapat dipercepat, pengaturan arus pada saat mesin berhenti.
5. Tuas Panjang Langkah
Fungsi mengatur panjang pendeknya langkah pahat atau lengan panjang benda yang disekrap. Pengaturan dengan memutar tap ke kanan atau kiri tuas posisi pahat.



Tuas pengatur gerakan otomatis meja melintang untuk menyekrap secara otomatis diperlukan pengaturan-pengaturan panjang engkol yang mengubah gerakan putar mesin pada roda gigi menjadi gerakan lurus meja. Dengan demikian meja melakukan gerak insutan (*Feeding*).

2.6 Jenis –Jenis Mesin Sekrap

Mesin sekrap yang sering digunakan adalah mesin sekrap horizontal. Selain itu ada mesin sekrap vertikal yang biasanya dinamakan mesin *Slotting/ slotter*.

2.6.1 Mesin Sekrap Horizontal (*Shaper*)

Mesin jenis ini umum dipakai untuk produksi dan pekerjaan serbaguna terdiri atas rangka dasar dan rangka yang mendukung lengan horizontal. Benda kerja didukung pada rel silang sehingga memungkinkan benda kerja untuk digerakkan ke arah menyilang atau vertikal dengan tangan atau penggerak daya.

Pada mesin ini pahat melakukan gerakan bolak-balik, sedangkan benda kerja melakukan gerakan insutan. Panjang langkah maksimum sampai 1.000 mm, cocok untuk benda pendek dan tidak terlalu berat.



Gambar 2.5 Mesin sekrap horizontal (*shaper*)

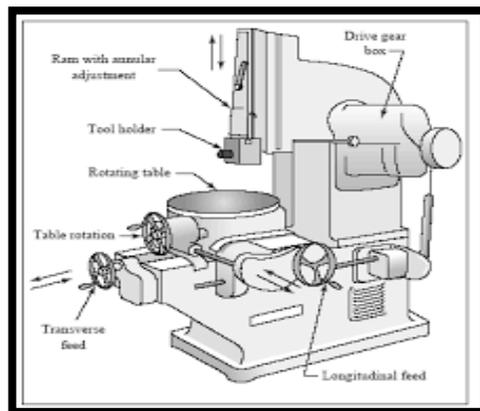
Sumber :

[www.y.ac.id/sites/default/files/PROSES%20SEKRAP%20\(BUKU%205\).pdf](http://www.y.ac.id/sites/default/files/PROSES%20SEKRAP%20(BUKU%205).pdf)



2.6.2 Mesin Sekrap Vertikal (*Slotter*)

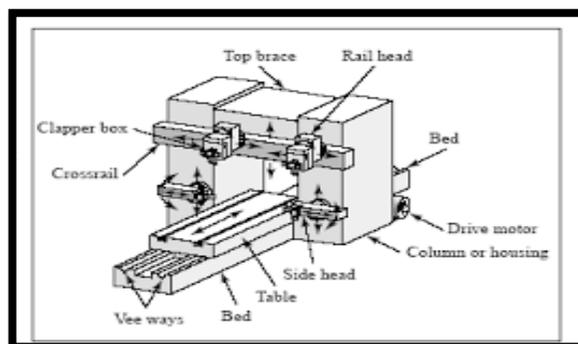
Mesin Sekrap jenis ini digunakan untuk pemotongan dalam, menyerut dan bersudut serta untuk pengerjaan permukaan-permukaan yang sukar dijangkau. Gerakan pahat dari mesin ini naik turun secara vertikal, sedangkan benda kerja bisa bergeser ke arah memanjang dan melintang. Mesin jenis ini juga dilengkapi dengan meja putar, sehingga dengan mesin ini bisa dilakukan pengerjaan pembagian bidang yang sama besar.



Gambar 2.6 Mesin sekrap vertikal (*Slotter*)

2.6.3 Mesin Sekrap Eretan V (*Planner*)

Selain mesin tersebut di atas ada mesin yang identik dengan mesin sekrap yaitu mesin *planner*. Mesin ini bagian yang melakukan pemakanan (*feeding*) adalah benda kerja yang dicekam di meja. Dengan konstruksi demikian maka benda kerja yang dikerjakan adalah benda kerja yang sangat besar.



Gambar 2.7 Gambar skematik mesin sekrap meja (*planner*) dua kolom

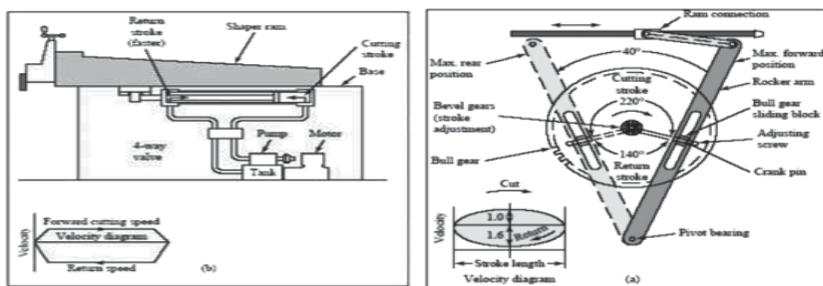
Sumber :

[y.ac.id/sites/default/files/PROSES%20SEKRAP%20\(BUKU%205\).pdf](http://www.y.ac.id/sites/default/files/PROSES%20SEKRAP%20(BUKU%205).pdf)



2.7 Mekanisme Kerja Mesin Sekrap

Mekanisme yang mengendalikan Mesin Sekrap ada dua macam yaitu mekanik dan hidrolik. Pada mekanisme mekanik digunakan crank mechanism. Pada mekanisme ini roda gigi utama (*bull gear*) digerakkan oleh sebuah pinion yang disambung pada poros motor listrik melalui gear box dengan empat, delapan, atau lebih variasi kecepatan. RPM dari roda gigi utama tersebut menjadi langkah per menit (*strokes per minute, SPM*). Gambar skematik mekanisme dengan sistem hidrolik dapat dilihat pada Gambar 2.8. Mesin dengan mekanisme sistem hidrolik kecepatan sayatnya dapat diukur tanpa bertingkat, tetap sama sepanjang langkahnya. Pada tiap saat dari langkah kerja, langkahnya dapat dibalikkan sehingga jika mesin macet lengannya dapat ditarik kembali. Kerugiannya yaitu penyetelan panjang langkah tidak teliti.



Gambar 2.8 Mekanisme Mesin Sekrap

Sumber: <http://mesinperkakas.com/mesin-sekrap>

2.8 Macam – Macam Proses Penyekrapan

Proses penyekrapan dapat dilakukan dengan berbagai cara, berikut penjelasannya:

a. Penyekrapan datar

Penyekrapan bidang rata adalah penyekrapan benda kerja agar menghasilkan permukaan yang rata. Penyekrapan bidang rata dapat dilakukan dengan cara mendatar (*horizontal*) dan cara tegak (*vertikal*). Pada penyekrapan arah mendatar yang bergerak adalah benda kerja atau meja ke arah kiri kanan. Pahat melakukan langkah penyayatan dan ketebalan diatur dengan menggeser eretan pahat.

b. Penyekrapan tegak

Pengaturan ketebalan dilakukan dengan menggeser meja. Pahat harus diatur sedemikian rupa (menyudut) sehingga hanya bagian ujung saja yang menyentuh bagian sisi dalam keadaan bebas. Tebal pemakanan diatur tipis untuk langkah kerja penyekrapan tegak sesuai dengan penyekrapan yang



penyekrapan menyudut

Penyekrapan bidang menyudut adalah penyekrapan benda kerja agar menghasilkan permukaan yang miring/sudut. Pada penyekrapan ini yang

bergerak adalah eretan pahat maju mundur. Pengaturan ketebalan dilakukan dengan memutar ereten pahat sesuai dengan kebutuhan sudut pemakanan.

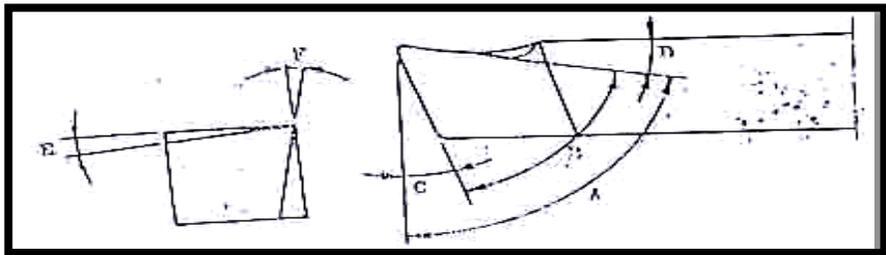
d. Penyekrapan alur

Menurut alur penyekrapan, mesin sekrap dapat digunakan untuk membuat alur:

- 1) Alur terus luar
- 2) Alur terus buntu.
- 3) Alur terus dalam
- 4) Alur terus tembus.

2.9 Pahat Sekrap

Pahat Sekrap mempunyai bermacam-macam sudut kegunaan. Sudut-sudut pahat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.9 Sudut-sudut Pada Pahat

Sumber: <http://google/indoteknik.com>,2011

1. Sudut potong (*cutting angle*)
2. Sudut bibir potong (*lip angle*)
3. Sudut bebas ujung/muka (*end relief*)
4. Sudut tatal belakang (*back rack angle*)
5. Sudut sisi sayat (*side rack angle*)
6. Sudut sisi bebas (*side clearance*)

2.10 Material Pahat

Material Pahat Dalam proses permesinan pahat memegang peranan penting dalam penyekrapan. 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 berlangsung dengan mempertemukan dua jenis material. Untuk berlangsung proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang daripada material benda kerja. Keunggulan tersebut dilihat dari (, 1993):



- a. Kekerasan: Melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur 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 kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.
- e. 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):

1. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel; Carbon Tool Steels*)
2. HSS (*High Speed Steels; Tool Steels*)
3. Paduan Cor Nonferro (*Cast Nonferrous Alloys; Cast Carbides*)
4. Karbida (*Cemented Carbides; Hardmetals*)
5. Keramik (*Ceramics*)
6. CBN (*Cubic Boron Nitrides*)
7. Intan (*Sintered Diamonds dan Natural Diamond*)

2.11 Pahat HSS

Pahat bubut merupakan alat potong yang digunakan untuk memotong atau menyayat benda kerja yang dikerjakan pada mesin bubut. Pahat bubut dipasang di dalam rumah pahat pada mesin bubut. Pahat bubut dibedakan menjadi 2 jenis material, yaitu material HSS (*High Speed Steel*) dan material karbida. (Patriadicka, 2021)

Pahat Bubut HSS Sebagian besar pahat potong yang terbuat dari baja termasuk dalam kategori baja kecepatan tinggi atau HSS (*High Speed Steel*). Dua kelompok utama dari kategori ini adalah *molibden* (M1, M2 dan seterusnya, biasanya dengan 0.8%C, 4%Cr, 5-8%Mo, 0,6%W dan 1-2%V) dan jenis *tungsten* dengan 0,7C-4Cr-18W-1V) .(A. Schey John, 2000)



Taguchi

Genichi Taguchi (1940) memperkenalkan metode *Taguchi* yang metodologi baru dalam bidang teknik dengan tujuan untuk kualitas produk dan proses, serta bertujuan menekan biaya dan

resources seminimal mungkin. Soejanto (2009) menyatakan bahwa metode *Taguchi* menjadikan produk dan proses tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*). Metode *Taguchi* menjadikan produk dan proses memiliki sifat robust terhadap faktor-faktor gangguan tersebut, sehingga disebut sebagai *robust design*.

Metode *Taguchi* memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan metode desain eksperimen lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain (Soejanto, 2009):

1. Lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan level faktor.
2. Dapat memperoleh proses yang menghasilkan produk secara konsisten dan robust terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Menghasilkan kesimpulan mengenai level dari faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Oleh karena metode *Taguchi* memiliki struktur rancangan yang sangat kompleks, maka metode ini juga memiliki rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, pemilihan rancangan percobaan harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Desain eksperimen dengan menggunakan metode *Taguchi* dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen, yaitu sebagai berikut:

2.12.1 Tahap Perencanaan

Tahap ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Perumusan Masalah harus dirumuskan secara spesifik. Perumusan masalah harus jelas secara teknis sehingga dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.
- b. Penentuan Tujuan Eksperimen Tujuan eksperimen yang ditentukan harus dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan.
- c. Penentuan Respon memiliki nilai yang tergantung pada faktor-faktor lain yang disebut variabel bebas.
- d. Pengidentifikasi Faktor/Variabel Bebas Faktor adalah variabel yang berubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada langkah ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap respon yang bersangkutan. Dalam suatu eksperimen, tidak semua faktor yang diperkirakan mempengaruhi respon harus diselidiki. Dengan demikian,

eksperimen dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

Pada Tahap Perencanaan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan Faktor-faktor yang dapat dibagi menjadi faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam eksperimen *Taguchi*, keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol



adalah faktor yang nilainya dapat dikendalikan sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak dapat dikendalikan.

- f. Penentuan Jumlah dan Nilai Level Faktor Pemilihan jumlah level akan mempengaruhi ketelitian hasil dan biaya pelaksanaan eksperimen. Semakin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen yang diperoleh akan semakin akurat, tetapi biaya yang harus dikeluarkan akan semakin banyak.
- g. Penentuan Matriks Ortogonal Matriks ortogonal merupakan matriks eksperimen yang memuat 28 beberapa faktor-faktor dan level-level dari faktor tersebut. Matriks ini adalah matriks yang seimbang antara faktor dan level, sehingga pengaruh suatu faktor atau level tidak tercampur dengan pengaruh faktor atau level yang lain (Soejanto, 2009).

Dalam matriks ortogonal, elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom pada matriks tersebut berisi faktor-faktor atau kondisi-kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris berisikan keadaan (level) dari faktor yang terdapat pada kolom. Matriks disebut ortogonal karena level-level dari faktor-faktor berimbang jumlahnya.

Penggunaan matriks ortogonal bertujuan untuk mengefisiensikan dan meminimalkan biaya eksperimen serta memperhatikan faktor gangguan (sehingga disebut *Robust Design*). Hal ini sangat bermanfaat dalam penelitian khususnya penelitian industri, karena dalam penelitian tersebut banyak faktor yang saling berpengaruh dan berinteraksi, serta adanya faktor gangguan yang sangat mahal untuk dikendalikan.

Penentuan matriks ortogonal digunakan untuk menentukan menentukan jumlah eksperimen yang akan dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Matriks ortogonal yang tepat dapat ditentukan apabila jumlah derajat kebebasan eksperimen telah dihitung. Derajat kebebasan dapat didefinisikan sebagai jumlah perbandingan antara faktor atau parameter yang dibuat untuk menentukan level mana yang lebih baik dan seberapa jauh parameter tersebut lebih baik (Lin, 2002).

Jadi langkah awal dalam penentuan matriks ortogonal adalah penentuan jumlah faktor dan levelnya agar jumlah derajat kebebasan dapat ditentukan. Derajat kebebasan dari matriks ortogonal (umo) dapat ditentukan dengan menjumlahkan derajat kebebasan dari faktor dan level (ufl).

Derajat kebebasan dari faktor dan level (ufl) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$ufl = \text{Jumlah level faktor} - 1 \quad (2.1)$$

Jumlah eksperimen minimal yang digunakan untuk penentuan matriks ortogonal dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah eksperimen} (n) = umo + 1 \quad (2.2)$$

Jumlah matriks ortogonal yang tersedia secara standar dapat dilihat pada Tabel 2.3. Matriks ortogonal L4 (23) berarti jumlah eksperimen yang dilakukan adalah empat, jumlah derajat kebebasan dari matriks ortogonal



(umo) maksimal adalah tiga, serta matriks tersebut dapat digunakan untuk jumlah faktor maksimal 3 dengan masing-masing memiliki 2 level.

Tabel 2.1 Matriks Ortogonal

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
L4 (2^3)	L9 (3^4)	L16 (4^3)	L25 (5^6)	L18 ($2^1 \times 3^7$)
L8 (2^7)	L27 (3^{13})	L64 (4^{21})		L32 ($2^1 \times 4^9$)
L12 (2^{11})	L81 (3^{40})			L36 ($2^{11} \times 3^{12}$)
L16 (2^{13})				L36 ($2^3 \times 3^{13}$)
L32 (2^{31})				L54 ($2^1 \times 3^{25}$)
L54 (2^{63})				L50 ($2^1 \times 5^{11}$)

Sumber: (Soejanto, 2009)

2.12.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan terdiri dari 2 hal, yaitu penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

- Jumlah Replikasi Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama pada kondisi yang sama dalam sebuah percobaan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi, mengurangi tingkat kesalahan serta memperoleh harga taksiran dari kesalahan.
- Randomisasi Pengaruh faktor-faktor lain yang tidak diinginkan atau tidak dapat dikendalikan selalu ada dalam sebuah eksperimen. Pengaruh itu dapat diperkecil dengan menyebarkan faktor-faktor tersebut melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Randomisasi dilakukan bertujuan untuk menyebarkan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen serta memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan sehingga ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama. Selain itu, randomisasi juga bertujuan mendapatkan hasil eksperimen yang bebas satu sama lain. Jika replikasi bertujuan untuk memungkinkan dilakukannya uji signifikansi, maka randomisasi bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikansi tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

2.12.3 Tahap Analisis

Pada tahap ini, pengolahan data dilakukan. Selain itu, juga dilakukan analisis variansi dan pengujian data statistik pada data hasil eksperimen. Analisis variansi (ANOVA) digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun secara statistik. Analisis ini dilakukan dengan menguraikan variansi atas bagian-bagian yang diteliti. ANOVA pada matriks ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing faktor. Analisis variansi digunakan untuk menganalisis data percobaan



yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua level atau lebih. Tabel ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS) dan kuadrat tengah (*mean of square*, MS) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Tabel Analisis Variansi (ANOVA)

Sumber Variansi	db	SS	MS
Faktor A	ν_A	SSA	MSA
Faktor B	ν_B	SSB	MSB
Faktor C	ν_C	SSC	MSC
Faktor D	ν_D	SSD	MSD
Faktor E	ν_E	SSE	MSE
Faktor F	ν_F	SSF	MSF
Error	ν_{error}	SSerror	MSerror
Total	ν_T	SST	

Sumber : (Soejanto, 2009)

Dimana:

$$\begin{aligned} \nu_T &= \text{derajat bebas total} \\ &= N - 1 \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \nu_A &= \text{derajat bebas faktor A} \\ &= k_A - 1 \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \nu_B &= \text{derajat bebas faktor B} \\ &= k_B - 1 \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \nu_C &= \text{derajat bebas faktor C} \\ &= k_C - 1 \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \nu_{error} &= \text{derajat bebas error} \\ &= \nu_T - \nu_A - \nu_B - \nu_C - \nu_D - \nu_E - \nu_F \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} T &= \text{jumlah keseluruhan} \\ &= \sum_{i=1}^n y_i \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} CF &= \text{faktor koreksi} \\ &= \frac{T^2}{N} \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} SS_T &= \text{jumlah kuadrat total} \\ &= \sum_{i=1}^n y_i^2 - CF \end{aligned} \quad (2.10)$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^n (y_{1i} - T)^2 \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} SS_B &= \text{jumlah kuadrat faktor B} \\ &= \left[\sum_{i=0}^{k_A} \binom{A_1^2}{n_{A_1}} \right] - CF \end{aligned} \quad (2.12)$$



$$SS_C = [\sum_{i=0}^{k_B} \binom{B_i^2}{n_{B_1}}] - CF \quad (2.13)$$

$$SS_C = \text{jumlah kuadrat faktor C} \\ = [\sum_{i=0}^{k_C} \binom{C_i^2}{n_{C_1}}] - CF \quad (2.14)$$

$$SS_E = \text{jumlah kuadrat error} \\ = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F \quad (2.15)$$

$$MS_A = \text{kuadrat tengah faktor A} \\ = SS_A - U_A \quad (2.16)$$

$$MS_B = \text{kuadrat tengah faktor B} \\ = SS_B - U_B \quad (2.17)$$

$$MS_C = \text{kuadrat tengah faktor C} \\ = SS_C - U_C \quad (2.18)$$

$$MS_E = \text{kuadrat tengah faktor error} \\ = SS_E - U_E \quad (2.19)$$

2.12.4 Rasio S/N

Rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*) digunakan untuk memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Penggunaan Rasio S/N dilakukan untuk meminimalkan karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Perhitungan rasio S/N tergantung dari jenis karakteristik kualitas, yaitu: (Soejanto, 2009)

1. Semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non-negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \quad (2.20)$$

2. Tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai target tidak nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{(y_i^2 - y)^2}{n} \right] \quad (2.21)$$

3. Semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non-negatif sehingga nilai yang semakin besar adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2.22)$$



upakan gerakan teratur suatu benda bolak-balik dari posisi diam g. Getaran juga dapat diartikan sebagai gerakan osilasi terhadap g disebabkan oleh getaran yang berada di udara ataupun getaran

yang bersifat mekanis yang berasal dari berbagai mesin mekanis yang sedang beroperasi baik berotasi ataupun bertranslasi.

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

Fase merupakan penggambaran akhir dari karakteristik suatu getaran atau vibrasi pada suatu benda atau mesin yang sedang bekerja. Phase 19 merupakan perpindahan posisi dari bagian-bagian yang bergetar secara relative untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar.

