

**ANALISA PENGARUH VARIASI GERAK MAKAN DAN
KOMPOSISI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING*
PROSES BUBUT BAJA AISI 4140**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Srata Satu
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas IBA**

Disusun Oleh :

**THORIK ALFAJRI
20320008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA
2025**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Thorik Alfajri
NPM : 20320008
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Gerak Makan Dan
Komposisi Media Pendingin Terhadap Kekasaran
Permukaan *Finishing* Proses Bubut baja AISI 4140

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang saya buat ini merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila dikemudian hari ternyata penulisan Skripsi ini merupakan plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib Universitas IBA.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Palembang, 13 Januari 2025



Thorik Alfajri

ANALISA PENGARUH VARIASI GERAK MAKAN DAN
KOMPOSISI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING*
PROSES BUBUT BAJA AISI 4140



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi syarat Ujian Sarjana Strata Satu Pada Program
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas IBA

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik,



Dr. Ir. Handayani Haruno, MT.
NIK. 01 84 928

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Reny Affiany, S.T., M.Eng.
NIK. 02 05 171

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IRA

AGENDA NO
DITERIMA TGL :
PARAF :

**ANALISA PENGARUH VARIASI GERAK MAKAN DAN
KOMPOSISI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING*
PROSES BUBUT BAJA AISI 4140**

NAMA : Thorik Alfajri
NPM : 20320008
SPESIFIKASI : A. Baja AISI 4140, Proses Bubut
B. Gerak makan (*f*), Kekasaran Permukaan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Yeny Pusvyta, S.T., M.T.
NIK. 02 05 170

Pembimbing Pendamping



Reny Afriany, S.T., M.Eng
NIK. 02 05 171

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Reny Afriany, S.T., M.Eng
NIK. 02 05 171

PENGESAHAN TIM PENGUJI

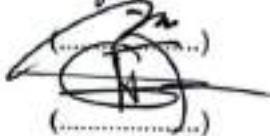
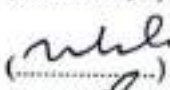
Skripsi ini dengan judul : Analisa Pengaruh Variasi Gerak Makan dan Komposisi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan *Finising* Proses Bubut Baja AISI 4140

Penyusun : Thorik Alfajri
NPM : 20320008
Program Studi : Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana (ujian komprehensif) dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.

TIM PENGUJI

Ketua : Reny Afriany, S.T., M.Eng
Anggota : 1. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T
2. Ir. Asmadi Lubay, M.T
3. Ir. Ratih D Andayani, M.T.
5. Yeny Pusvyta, S.T., M.T

()
()
()
()

Ditetapkan di : Palembang

Tanggal : 17 Januari 2025

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur dan rendah hati saya persembahkan skripsi ini untuk

1. Kedua orang tua saya serta keluarga besar, yang telah memberikan semangat, kasih sayang serta doa tanpa henti karna tanpa mereka, saya tidak akan sampai sejauh ini
2. Bapak/Ibu dosen serta seluruh staf TU Fakultas Teknik Universitas IBA atas kesabaran, bimbingan, arahan dan Motivasi sepanjang proses penyusunan skripsi.
3. Teman-teman seperjuangan dan juga sahabat, yang selalu memberi semangat, tawa, dan kenangan indah selama masa kuliah.
4. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang memberikan bantuan dan doa untuk keberhasilan skripsi ini. Semoga karya ini tidak hanya menjadi salah satu syarat akademik, tetapi bermanfaat dan memberi kontribusi positif bagi siapa saja yang membacanya.

MOTTO

“Sesungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan

(Q.S Al-Insyirah : 5)

“ Terlambat bukan berarti gagal, cepat bukan berarti hebat

Terlambat bukan menjadi alasan untuk menyerah, setiap orang memiliki proses yang berbeda percaya proses itu yang paling penting, karena allah telah mempersiapkan hal baik di balik kata *Proses* yang kamu anggap rumit ”

ABSTRAK

Perkembangan industri manufaktur yang pesat menuntut peningkatan kualitas dan efisiensi dalam proses produksi, terutama pada pemesinan, seperti pembubutan, yang digunakan untuk menghasilkan komponen mesin presisi tinggi. Dalam hal ini, kekasaran permukaan menjadi parameter kritis yang mempengaruhi kualitas produk akhir, performa, ketahanan aus, dan umur pakai komponen. Baja AISI 4140, yang banyak digunakan dalam industri otomotif, pemesinan, dan konstruksi, memiliki sifat mekanik unggul. Oleh karena itu, optimalisasi parameter pemesinan, seperti variasi pemakanan dan penggunaan media pendingin, menjadi penting. Variasi pemakanan berpengaruh pada gaya pemotongan, suhu pemotongan, dan karakteristik pembentukan geram, yang pada gilirannya mempengaruhi kekasaran permukaan. Pemahaman hubungan antara kecepatan makan dan kekasaran permukaan sangat penting untuk mengoptimalkan proses pembubutan. Selain itu, spesimen yang di kerjakan dengan Panjang 150mm dan diameter awal 25mm, di bubut menjadi 24mm dengan menggunakan 3 variasi gerak (*feed*) 0,090, 0.189, 0.360 mm/putaran dan 3 variasi emulsi 1 : 20, 1 : 30, 1 : 40 dengan kedalaman potong yang sudah di tentukan yaitu 0,5 mm dan kecepatan potong yang telah di hitung 47,48 m/menit, alat ukur uji kekasaran menggunakan mesin *Surface Rougnees* tester type SJ-301. Hasil Analisa yang di dapat pada saat pengujian kekasaran gerak makan (*feed*) 0,090mm/putaran dengan variasi emulsi 1 : 20 yaitu 1.716 μm dan nilai kekasaran tertinggi pada gerak makan 0,360 mm/putaran dengan variasi emulsi 1 : 40 adalah 6.671 μm . Melalui pendekatan eksperimental, penelitian menyimpulkan bahwa semakin besar variasi gerak makan (*feed*) maka semakin tinggi kekasaran permukaan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil variasi gerak makan, semakin halus permukaan yang terbentuk. Selain itu, penggunaan emulsi dengan konsentrasi lebih tinggi secara signifikan mengurangi nilai kekasaran permukaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan untuk mengoptimalkan proses pemesinan dalam industri, meningkatkan kualitas produk, dan efisiensi produksi.

Kata Kunci: Pemesinan, Pembubutan, Baja AISI 4140, Kekasaran Permukaan, Variasi Pemakanan, Media Pendingin, Emulsi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Adapun judul skripsi ini adalah sebagai berikut : “ANALISA PENGARUH VARIASI GERAK MAKAN DAN KOMPOSISI MEDIA PENGINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *FINISHING* PROSES BUBUT BAJA AISI 4140” Tujuan penulisan skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan Program Strata Satu. Program Studi Teknik Mesin UNIVERSITAS IBA. Sebagai bahan penulisan diambil berdasarkan hasil penelitian (eksperimen), observasi dan beberapa sumber literature yang mendukung penulisan ini.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan masukan serta arahan dari berbagai pihak, maka penulisan skripsi ini tidak akan lancar. Oleh karena itu pada kesempatan ini, izinkanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hardayani Haruno, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.
2. Ibu Reny Afriany.S.T., M.Eng. Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas IBA dan sekaligus Dosen Pembimbing II Skripsi.
3. Ibu Yeny Pusvyta . S,T., M.T. , selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi masukan, arahan, motifasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
4. Ibu Ir. Ratih Diah Andayani, MT. Selaku Dosen pembimbing Akademik.
5. Bapak Arie Yudha Budiman, ST,.MT selaku pembimbing yang telah memberi arahan dalam proses penelitian sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini
6. Serta seluruh Staff / karyawan / dosen di lingkungan Universitas IBA
7. Orang tua, serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan serta memberi semangat agar dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan selama masa kuliah. Rizki Wahyu Azami, Kk cahyo Ruswanto, M.Riski, M.Sobri, Adit, Kk Andy , Kk Ronal Abidin.,S.T

Serta semua pihak yang terlalu banyak untuk Penulis sebutkan satu persatu sehingga terwujudnya penulisan ini. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang Akhir kata semoga skripsi ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya.

Palembang, Desember 2024

Thorik Alfajri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Proses Pemesinan	5
2.1.1 Klasifikasi Proses Pemesinan	5
2.1.2 Elemen Dasar Proses Pemesinan.....	8
2.2 Proses Bubut (<i>Turning</i>)	9
2.2.1 Bagian Bagian Utama Mesin Bubut	11
2.3 Alat Potong.....	14
2.3.1 Pahat dan Jenis-jenis material pahat	14
2.4 Kekasaran Permukaan	20
2.5 Klasifikasi Material Baja.....	27
2.5.1 Baja AISI 4140	30

2.6 Cairan Pendingin	30
2.6.1 Jenis Cairan Pendingin.....	31
2.6.2 Metode Pemberian Cairan Pendingin	33
2.6.3 Fungsi Cairan Pendingin pada Proses Pemesinan	35
2.6.4 Kriteria Pemilihan Cairan Pendingin	36
2.6.5 Perawatan dan Pembuangan Cairan Pendingin.....	37
2.7 Penelitian Terdahulu.....	40
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	42
3.1 Metode Penelitian.....	42
3.2 Variabel Penelitian	42
3.3 Alat dan Bahan yang digunakan.....	43
3.4 Prosedur Penelitian.....	49
3.4.1 Pemeriksaan Awal	49
3.4.2 Memotong dan mempersiapkan spesimen	49
3.4.3 Persiapan Cairan Pendingin	49
3.4.4 Pengecekan Debit Pompa	49
3.4.5 Proses Pembubutan	50
3.4.6 Perhitungan yang peneliti gunakan untuk mencari V_c yang sesuai adalah sebagai berikut	50
3.5 Pengambilan Nilai Kekasaran Permukaan (R_a)	51
3.6 Diagram Alir.....	51
BAB IV	53
PENGOLAHAN DATA.....	53
4.1 Pengolahan Data	53
4.2 Diskripsi Data	54
BAB V.....	57

HASIL DAN PEMBAHASAN	57
5.1 Pembahasan	57
BAB VI.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1 Kesimpulan	60
6.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Proses permesinan menurut jenis gerakan relatif pahat / perkakas potong terhadap benda kerja. (Rochim, 1993).....	7
Gambar 2. 2 Klasifikasi Proses permesian menurut jenis mesin perkakas yang digunakan (Rochim, 1993).....	7
Gambar 2. 3 Klasifikasi proses permesinan berdasarkan generasi (pembentukan) Permukaan (Rochim, 1993)	8
Gambar 2. 4 Mesin Bubut Konvensional (Rochim, 1993).....	11
Gambar 2. 5 Proses Bubut (Rochim, 1993)	13
Gambar 2. 6 Pahat Insert bubut VCMT160408 VP15TF	19
Gambar 2. 7 <i>Surface Texture Features</i> (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)	22
Gambar 2. 8 Kurva Kekasaran (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013).....	22
Gambar 2. 9 <i>Sample Length and Evaluation Length</i> (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)	22
Gambar 2. 10 Menentukan Rz (JIS) Menggunakan Kurva Kekasaran (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)	23
Gambar 2. 11 Nilai Kekasaran Permukaan dihasilkan berbagai Proses Manufaktur (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)	24
Gambar 2. 12 <i>Surface Roughness Tester</i>	25
Gambar 2. 13 Bentuk Profil Kekasaran Permukaan (wibowo, 2016).....	26
Gambar 2. 14 Peralatan centrifuging untuk cairan pendingin (Widarto, 2008)....	37
Gambar 3. 1 Mesin Bubut Konvensional (Lab PGRI 2 PALEMBANG)	43
Gambar 3. 2 Spesifikasi Mesin bubut	43
Gambar 3. 3 Pahat Insert bubut VCMT160408 VP15TF	45
Gambar 3. 4 AISI 4140	46
Gambar 3. 5 Pompa Celup (<i>Submersible</i>).....	47
Gambar 3. 6 Jangka Sorong	47
Gambar 3. 7 Cairan Pendingin.....	48
Gambar 3. 8 <i>Surfase Roughness Tester</i>	48

Gambar 3. 9 Benda kerja.....	49
Gambar 3. 10 Benda kerja sebelum pembubutan.....	50
Gambar 3. 11 Benda kerja setelah pembubutan.....	51
Gambar 4. 1 Sampel perhitungan rata-rata hasil pengujian	53
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian	56
Gambar 5. 1 Persentase penurunan kekasaran permukaan Ra (μm)	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Baja Aisi 4140.....	30
Tabel 4. 1 Sampel Hasil Perhitungan rata – rata <i>Ra</i>	54
Tabel 4. 2 Hasil Uji Gerak Makan 0,090	54
Tabel 4. 3 Hasil Uji Gerak Makan 0,180	55
Tabel 4. 4 Hasil Uji Gerak Makan 0,360	55
Tabel 5. 1 Nilai Rata-rata Kekasaran hasil pengujian.....	57
Tabel 5. 2 Presentase penurunan kekasaran permukaan Ra (μm).....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur yang pesat menuntut peningkatan kualitas dan efisiensi dalam proses produksi. Salah satu proses kunci dalam manufaktur adalah pemesinan, khususnya pembubutan, yang digunakan untuk menghasilkan komponen mesin dengan tingkat presisi tinggi. Dalam konteks ini, kekasaran permukaan menjadi parameter kritis yang menentukan kualitas produk akhir, mempengaruhi performa, ketahanan aus, dan umur pakai komponen.

Baja AISI 4140 merupakan material yang banyak diaplikasikan dalam industri otomotif, pemesinan, dan konstruksi karena karakteristiknya yang unggul, seperti kekuatan tinggi, ketangguhan, dan ketahanan terhadap fatigue. Namun, sifat mekanik yang superior ini juga menjadikan baja AISI 4140 relatif sulit untuk dimesin, terutama dalam hal mencapai kekasaran permukaan yang optimal. Oleh karena itu, optimalisasi parameter pemesinan menjadi krusial untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi.

Pemakanan (*feeding*) adalah salah satu elemen dasar proses pemesinan. Variasi pemakanan dapat berdampak pada gaya pemotongan, suhu yang dihasilkan selama proses, dan karakteristik pembentukan geram. Semua faktor ini pada gilirannya akan mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja. Pemahaman mendalam tentang hubungan antara kecepatan makan dan kekasaran permukaan sangat penting untuk mengoptimalkan proses pembubutan. Selain kecepatan makan, penggunaan media pendingin juga memainkan peran vital dalam proses pemesinan. Media pendingin dalam bentuk emulsi berfungsi ganda: mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja, serta menurunkan suhu pemotongan. Kedua fungsi ini berkontribusi pada peningkatan umur pahat dan kualitas permukaan hasil pemesinan. Namun, komposisi dan karakteristik emulsi media pendingin dapat bervariasi, dan pengaruhnya terhadap kekasaran permukaan, terutama pada baja AISI 4140, masih memerlukan investigasi lebih lanjut.

Meskipun telah banyak penelitian yang mengkaji parameter pemesinan secara terpisah, masih terdapat celah pengetahuan dalam pemahaman interaksi antara kecepatan makan dan komposisi emulsi media pendingin, khususnya dalam konteks pembubutan baja AISI 4140. Satu sisi, proses pemakanan yang rendah dan kecepatan spindel yang tinggi akan menurunkan nilai kekasaran permukaan. Di sisi lain hal ini meningkatkan temperatur pemotongan yang berdampak pada kerusakan pahat dan akan meningkatkan kekasaran permukaan, sehingga diperlukan media pendingin dengan komposisi emulsi tertentu untuk mengatasinya. Analisis tentang bagaimana kedua faktor ini berinteraksi dan secara bersama-sama mempengaruhi kekasaran permukaan dapat memberikan wawasan berharga untuk pengembangan strategi pemesinan yang lebih efektif.

Oleh karena itu, kami memandang perlu untuk melakukan penelitian pada skripsi ini dengan judul “Analisa Pengaruh Variasi Gerak makan dan Komposisi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan *Finishing* Proses Bubut Baja AISI 4140”. Dengan melalui pendekatan eksperimental yang sistematis, diharapkan penelitian ini dapat mengungkapkan hubungan yang kompleks antara parameter-parameter tersebut dan memberikan rekomendasi praktis untuk optimalisasi proses pemesinan bubut. Hasil dari penelitian ini tidak hanya akan berkontribusi pada pengembangan pengetahuan ilmiah dalam bidang proses pemesinan, tetapi juga memiliki implikasi langsung bagi industri dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi mereka.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, masalah yang akan diteliti pada skripsi ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi pemakanan terhadap nilai kekasaran permukaan pada hasil *finishing* proses bubut baja AISI 4140.
2. Bagaimana pengaruh interaksi media pendingin pada beberapa variasi komposisi emulsi terhadap nilai kekasaran permukaan pada hasil *finishing* proses bubut baja AISI 4140.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Proses bubut yang dilakukan menggunakan mesin bubut Konvensional TRENS, a.s. SUVOZ 1 91132 TRENCIN
2. Material yang digunakan adalah baja AISI 4140.
3. Pahat yang digunakan adalah Carbide Inserts type VCMT 160408 VP 15 TF
4. Kecepatan potong adalah kecepatan potong maksimum untuk material AISI 4140 yaitu 47,48 mm/menit.
5. Kedalaman potong 0,5 mm.
6. Pemakanan 0,090 0,180 dan 0,360 mm/putaran, menggunakan pemakanan otomatis yang ada pada mesin bubut Konvensional TRENS, a.s. SUVOZ 1 91132 TRENCIN
7. Cairan pendingin yang digunakan adalah emulsi *cutting oil* dan air dengan perbandingan komposisi 1:20, 1:30 dan 1:40.
8. Getaran saat proses permesinan diabaikan karna asumsi pencekaman yang memadai dan minim getaran.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi pemakanan terhadap nilai kekasaran permukaan pada hasil *finishing* proses bubut baja AISI 4140.
2. Untuk mengetahui apakah berbagai variasi komposisi emulsi media pendingin berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan pada hasil *finishing* proses bubut baja AISI 4140

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu :

1. Dapat mengungkapkan hubungan interaksi faktor pemakanan pada proses bubut dengan faktor komposisi emulsi media pendingin terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut pada material poros baja AISI 4140.
2. Memberikan rekomendasi praktis untuk optimalisasi proses pembubutan yang memiliki implikasi langsung bagi industri dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pemesinan

2.1.1 Klasifikasi Proses Pemesinan

Komponen mesin yang terbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Umumnya mereka dibuat dengan proses pemesinan dari bahan yang berasal dari proses sebelumnya yaitu proses penuangan (*Casting*) dan/atau proses pengolahan bentuk (*Metal Forming*). Karena bentuknya yang beraneka ragam tersebut maka proses pemesinan yang dilakukannyapun bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu silindrik atau rata. Dalam bab ini akan dibahas klasifikasi proses pemesinan ditinjau dari jenis pahat dan gerak relatif antara pahat (*tool*) dengan benda kerja (*workpiece*). Selain itu perlu kiranya, sebelum sampai kepada pembahasan yang rinci mengenai proses pemesinan, terlebih dahulu dikemukakan beberapa elemen dasar proses pemesinan yang umumnya merupakan besaran atau variabel yang dapat diatur/dipilih sesuai dengan jenis mesin perkakas yang digunakan.

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat tersebut dipasangkan pada suatu jenis mesin perkakas dan dapat merupakan salah satu dari berbagai jenis pahat/perkakas potong disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk akhir dari produk. Untuk sementara, dapat kita klasifikasikan dua jenis pahat yaitu pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tools*) dan pahat bermata potong Jamak (*multiple points cuttings tools*).

Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu gerak potong (*cutting movement*) dan gerak makan (*feeding movement*). Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak

maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan, yaitu (lihat tabel 2.1):

1. Proses Bubut (*Turning*)
2. Proses Gurdi (*Drilling*),
3. Proses Frais (*Milling*),
4. Proses Gerinda Rata (*Surface Grinding*),
5. Proses Gerinda Silindrik (*Cylindrical Grinding*),
6. Proses Sekrap (*Shaping, Planing*), dan
7. Proses Gergaji atau Parut (*Sawing, Broaching*).

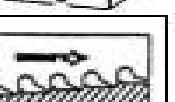
Selain klasifikasi menurut gerak relatif pahat terhadap benda kerja yang menghasilkan tujuh macam proses seperti diatas, secara lebih rinci proses pemesinan dapat diklasifikasikan menurut tujuan dan cara pengerjaan atau mesin perkakas yang digunakan sebagai mana yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 tersebut menggambarkan jenis proses pemesinan dan mesin perkakas yang biasanya digunakan untuk melakukannya. Beberapa jenis proses mungkin dapat dilakukan pada satu mesin perkakas. Misalnya, mesin bubut tidak selalu digunakan untuk membubut saja melainkan dapat pula digunakan untuk menggurdi, memotong dan melebarkan lubang (*boring, mengkotter*) dengan cara mengganti pahat dengan yang sesuai. Bahkan dapat digunakan untuk mengefreis, menggerinda atau mengasah halus asal pada mesin bubut yang bersangkutan dapat dipasang.

Selain ditinjau dari segi gerakan dan segi mesin yang digunakan proses pemesinan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya permukaan (*proses generasi permukaan; surface generation*). Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan dalam dua garis besar proses yaitu,

- Generasi permukaan silindrik atau konis, dan
- generasi permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja.

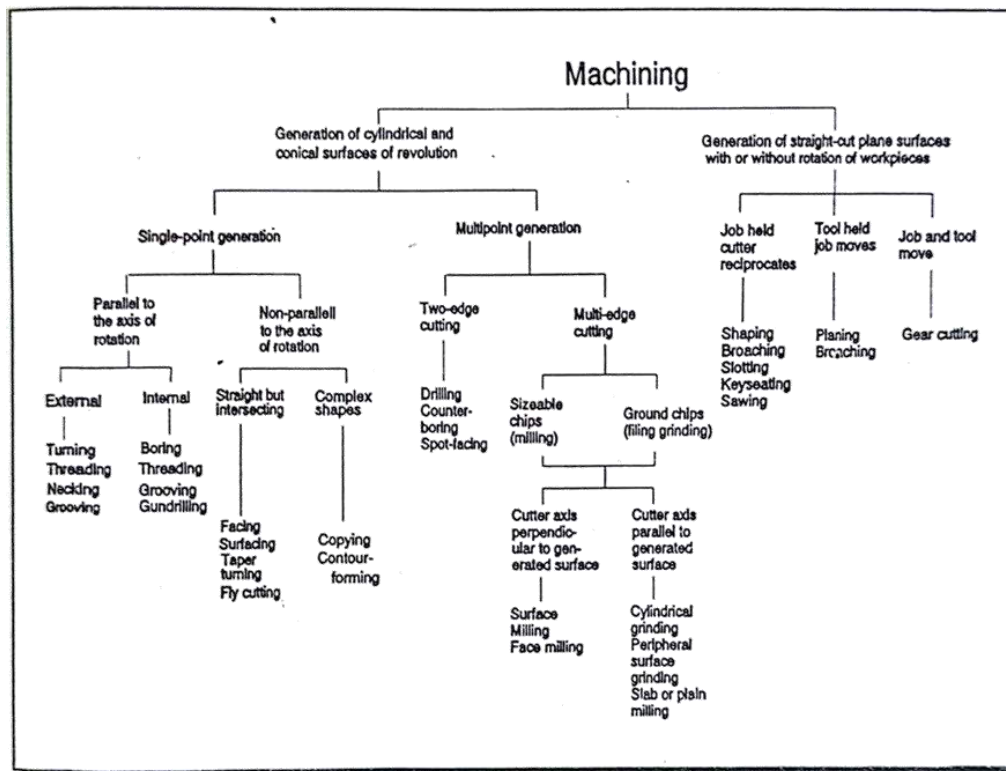
Selanjutnya berdasarkan mata potong pahat serta gerakan relatif terhadap benda kerja proses pemesinan dapat diklasifikasikan lebih lanjut

Jenis Proses		Gerak Potong		Gerak Makan	
Bubut			Benda kerja m/min		Pahat m/min
Gurdi			Pahat m/min		Pahat m/min
Freis			Pahat m/min		Benda kerja m/min
Gerinda rata			Pahat m/min		Benda kerja
Gerinda silindrik			Pahat m/min		Benda kerja 1 & 2
Sekrap meja (a) Sekrap (b)			a benda kerja b pahat m/min		a pahat b benda kerja m/min
Parut dan gergaji			Pahat m/min		

Gambar 2. 1 Klasifikasi Proses permesinan menurut jenis gerakan relatif pahat / perkakas potong terhadap benda kerja. (Rochim, 1993)

Jenis Proses		Mesin Perkakas Yang Digunakan
1. Bubut	(Turning)	1. Mesin Bubut (Lathe)
2. Gurdi	(Drilling)	2. Mesin Gurdi (Drilling Machine)
3. Sekrap	(Shaping, Planing)	3. Mesin Sekrap (Shaping Machine) dan Mesin Sekrap Meja (Planing Machine)
4. Freis	(Milling)	4. Mesin Freis (Milling Machine)
5. Gergaji	(Sawing)	5. Mesin Gergaji (Sawing Machine)
6. Koter/Pelebaran lubang	(Boring)	6. Mesin Koter (Boring Machine)
7. Parut	(Broaching)	7. Mesin Parut/Mesin Broc (Broaching Machine)
8. Gerinda	(Grinding)	8. Mesin Gerinda (Grinding Machine)
9. Asah	(Honing)	9. Mesin Asah (Honing Machine)
10. Asah Halus	(Lapping)	10. Mesin Asah Halus (Lapping Machine)
11. Asah Super Halus	(Super Finishing)	11. Mesin Asah Super Halus/Mesin Asah Kaca (Super/Mirror Finishing)
12. Kilap	(Polishing & Buffing)	12. Mesin Pengkilap (Polisher & Buffer)

Gambar 2. 2 Klasifikasi Proses permesinan menurut jenis mesin perkakas yang digunakan (Rochim, 1993)



Gambar 2. 3 Klasifikasi proses permesinan berdasarkan generasi (pembentukan) Permukaan (Rochim, 1993)

2.1.2 Elemen Dasar Proses Permesinan

Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometrik suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan yang telah disinggung diatas harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Selain itu, setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Pekerjaan seperti ini akan ditemui dalam setiap perencanaan proses pemesinan. Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses pemesinan yaitu:

1. Kecepatan potong (*cutting speed*) : V_c (m/min)
2. Kecepatan makan (*feeding speed*) : V_f (mm/min)

3. Kedalaman potong (*depth of cut*) : a (mm)
4. Waktu pemotongan (*cutting time*) : t_c (min)
5. Kecepatan penghasilan geram : Z (cm³/min)(*Material removal rate*)

Elemen proses pemesinan tersebut (v , V , a , t_c dan Z) dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan/atau pahat serta besaran dari mesin perkakas. Besaran mesin perkakas yang dapat diatur ada bermacam-macam tergantung pada jenis mesin perkakas. Oleh sebab itu, rumus yang dipakai untuk menghitung setiap elemen proses pemesinan dapat berlainan. Pertama-tama akan ditinjau proses pemesinan yang umum dikenal yaitu proses bubut. Dengan memahami proses bubut dapatlah hal ini dipakai sebagai acuan/referensi untuk membandingkannya dengan proses pemesinan yang lain yaitu proses sekrup, proses gurdi, dan proses freis. Proses pemesinan yang lain tidak perlu ditinjau karena mereka serupa. Sementara itu, proses gerinda perlu dibahas secara terpisah sebab mekanisme pembentukan geramnya berlainan. Untuk setiap proses yang ditinjau akan diperkenalkan dua sudut pahat yang penting yaitu sudut potong utama (*principal cutting edge angle*) dan sudut geram (*rake angle*). Kedua sudut tersebut berpengaruh antara lain pada penampang geram, gaya pemotongan, serta umur pahat. Dengan memperhatikan kedua sudut ini pada setiap proses pemesinan yang ditinjau dapatlah disimpulkan bahwa sesungguhnya semua proses pemesinan adalah serupa. (Rochim, 1993)

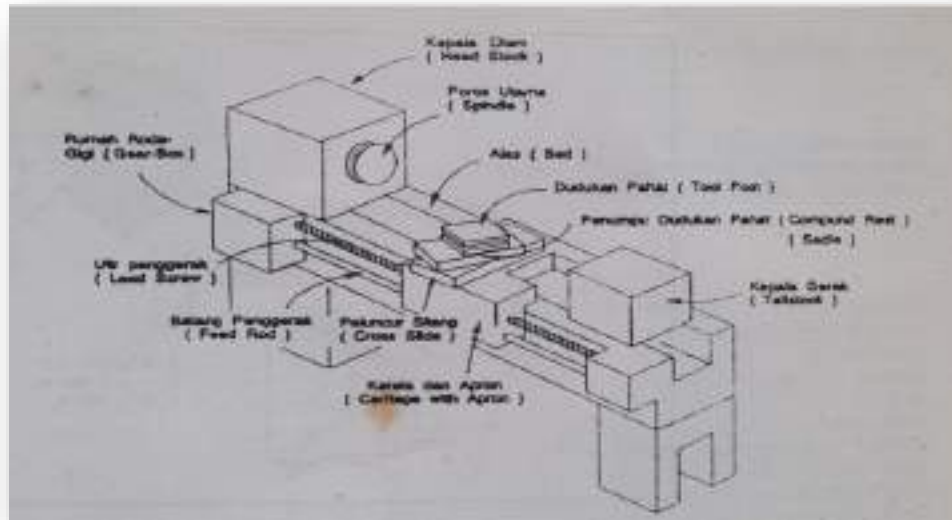
2.2 Proses Bubut (*Turning*)

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian *spindel* dan benda kerja diputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar. Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam.

Dalam kecepatan putar sesuai perhitungan, alat potong akan mudah memotong benda kerja sehingga benda kerja mudah dibentuk sesuai yang diinginkan. Dikatakan konvensional karena untuk membedakan dengan mesin-mesin yang dikontrol dengan komputer (*Computer Numerically Controlled*) ataupun kontrol numerik (*Numerical Control*) dan karena jenis mesin konvensional mutlak diperlukan keterampilan manual dari operatornya. Pada kelompok mesin bubut konvensional juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatisasi baik yang dilayani dengan sistem *hidraulik*, *pneumatik* ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan pekerjaan besar seperti yang dipergunakan pada industri perkapalan dalam membuat atau merawat poros baling-baling kapal yang diameternya mencapai 1000 mm. (Sumbodo and dkk., 2006)

Benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang diujung poros utama (*spindel*), lihat gambar 2.2.1 Dengan mengatur lengan pengatur, yang terdapat pada kepala diam, putaran poros utama (n) dapat dipilih. Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan, misalnya 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, dan 2000 rpm. Untuk mesin bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (*continue*). Pahat dipasangkan pada kedudukan pahat dan kedalaman potong (a) diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter, dengan demikian kedalaman

2.2.1 Bagian Bagian Utama Mesin Bubut



Gambar 2. 4 Mesin Bubut Konvensional (Rochim, 1993)

Berikut merupakan komponen utama dari mesin bubut:

1. Kepala Tetap (*Headstock*)

Kepala tetap terletak di sisi kiri mesin bubut. Bagian ini berisi unit penggerak yang berfungsi untuk memutar spindle sehingga dapat memutar benda kerja Terdapat juga beberapa tuas yang berguna untuk mengatur kecepatan spindle.

2. Kepala Lepas (*Tailstock*)

Kepala lepas terletak di seberang kepala tetap. Bagian ini berfungsi untuk menyangga ujung lain dari benda kerja. Kepala tetap membantu dalam pengerjaan bubut dengan dua pusat sehingga dapat mencegah benda kerja tertekuk dan pengerjaan drill karena pada kepala lepas dapat dipasang mata bor.

3. Eretan (*Carriage*)

Pahat bubut dicekam oleh *tool post* yang dipasang pada eretan lintang, dimana eretan lintang dirakit pada eretan. Eretan didesain untuk meluncur di sepanjang jalan mesin bubut sehingga dapat melakukan pemakanan sejajar sumbu rotasi. Eretan digerakkan oleh *leadscrew* yang berputar dengan kecepatan yang tepat untuk mendapatkan *feed rate* yang diinginkan. Eretan lintang didesain untuk melakukan pemakanan pada arah tegak lurus pergerakan eretan

4. Meja Mesin (*Lathe Bed*)

Meja mesin bubut adalah kerangka mesin bubut. Bagian atas memiliki kepala lepas dan eretan. Terdapat juga beberapa tuas yang berguna untuk mengatur kecepatan *spindel*.

5. Kepala Lepas (*Tailstock*)

Kepala lepas terletak di seberang kepala tetap. Bagian ini berfungsi untuk menyangga ujung lain dari benda kerja. Kepala tetap membantu dalam pengerjaan bubut dengan dua pusat sehingga dapat mencegah benda kerja tertekuk dan pengerjaan drill karena pada kepala lepas dapat dipasang mata bor.

6. Eretan (*Carriage*)

Pahat bubut dicekam oleh *tool post* yang dipasang pada eretan lintang, dimana eretan lintang dirakit pada eretan. Eretan didesain untuk meluncur di sepanjang jalan mesin bubut sehingga dapat melakukan pemakanan sejajar sumbu rotasi. Eretan digerakkan oleh *leadscrew* yang berputar dengan kecepatan yang tepat untuk mendapatkan *feed rate* yang diinginkan. Eretan lintang didesain untuk melakukan pemakanan pada arah tegak lurus pergerakan eretan.

7. Meja Mesin (*Lathe Bed*)

Meja mesin bubut adalah kerangka mesin bubut. Bagian atas memiliki kepala lepas dan eretan.

Gerak translasi bersama-sama dengan kereta dan gerak makannya diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi. Gerak makan yang tersedia pada mesin bubut bermacam-macam dan menurut tingkatan yang telah distandardkan, misalnya: 0.1, 0.112, 0.125, 0.14, 0.16, (mm / t)

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihiturig dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.2. Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut,

Benda Kerja:	d_o	= diameter mula ; mm,
	d_m	= diameter akhir ; mm,
	ℓ_t	= panjang pemesinan ; mm,
Pahat:	kr	= sudut potong utama ; °,
	γ_o	= sudut geram ; °,

Mesin Bubut; a = kedalaman potong; mm,

$$a = (d - d_m) / 2 \quad ; \text{ mm,(2.1)}$$

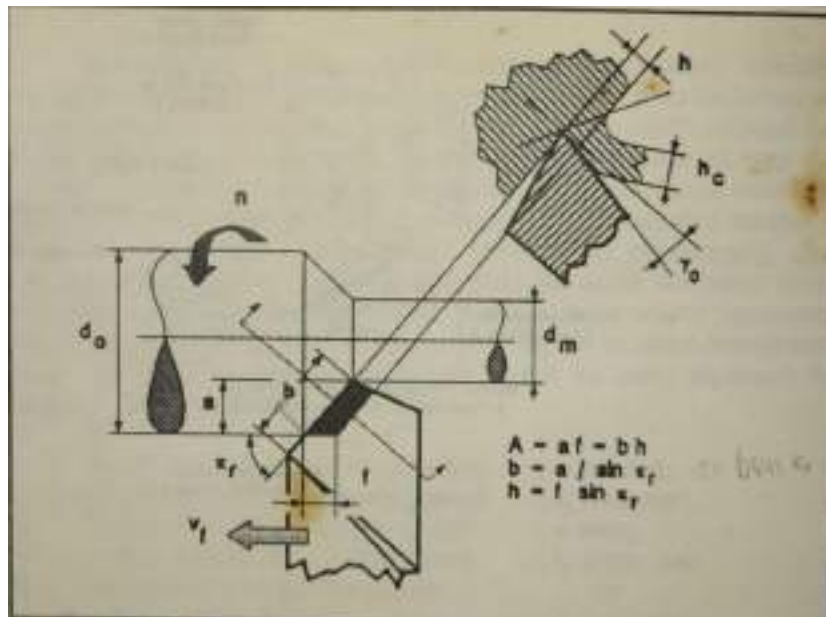
f = gerak makan; mm / (r) .

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

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut,

1. Kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad ; \text{ m/min,(2.2)}$$



Gambar 2. 5 Proses Bubut (Rochim, 1993)

dimana, d = diameter rata-rata, yaitu,

$$d = (d_0 + d_m) / 2 = d_0 \quad ; \text{ mm, (2.3)}$$

2. Kecepatan makan : $V_F = F \cdot n$; mm/min(2.4)

3. Waktu pemotongan : $t_c = \ell_t / V_F$; min.(2.5)

4. Kecepatan penghasil geram : $Z = A \cdot V$

Dimana penampang geram sebelum terpotong $A = f \cdot a$; mm²(2.6)

Maka $z - f \cdot a \cdot v$; cm^3 / min (2.7)

Pada gambar 2.2. diperlihatkan sudut potong utama (α_v), *principal cutting edge angle*) yaitu merupakan sudut antara mata potong mayor (proyeksinya pada bidang referensi) dengan kecepatan makan v_f . Besarnya sudut tersebut ditentukan oleh geometri pahat dan cara pemasangan pahat pada mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk harga a dan f yang tetap maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan (b , *width of cut*) dan tebal geram sebelum terpotong (h , *undeformed chip thickness*) sebagai berikut:

- **lebar pemotongan:** $b = a / \sin \alpha_r$; mm,(2.8)

- **tebal geram sebelum terpotong:** $h = f \sin \alpha_r$; mm(2.9)

2.3 Alat Potong

2.3.1 Pahat dan Jenis-jenis material pahat

Proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan cara mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memperhatikan berbagai segi yaitu, kekerasan yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur ruang melainkan juga pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung, keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu pemesinan dengan interupsi maupun sewaktu memotong benda kerja yang mengandung partikel/bagian yang keras (*hard spot*), ketahanan beban kejut termal; diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala/periodik, sifat adhesi yang rendah untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan, daya larut elemen/komponen material pahat yang rendah di butuhkan demi untuk memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi. (Rochim, 1993)

Pahat adalah bagian dari mesin perkakas yang berfungsi untuk memotong, menyayat atau membentuk benda kerja sehingga benda kerja tersebut memiliki permukaan baru. Pada dasarnya material pahat termasuk juga pahat milling, harus memiliki keunggulan-keunggulan dalam kemampuannya untuk pemotongan atau menyayat benda kerja. Pahat dibuat dengan memperhatikan beberapa segi yaitu :

- Kekerasan yang tinggi melebihi kekerasan yang dimiliki benda kerja, kekerasan harus dapat bertahan pada temperatur yang tinggi pada saat pembentukan geram berlangsung.
- Keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu memotong benda kerja.
- Ketahanan bebab kejut thermal diperlukan apabila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala.
- Sifat adhesi yang rendah untuk mengurangi laju keausan pahat
- Daya larut elemen dibutuhkan untuk memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi.

➤ Ada beberapa sifat yang harus dimiliki oleh pahat, diantaranya adalah :

- Keras
- Tahan gesekan
- Tahan panas
- Ulet
- Ekonomis

Jenis Pahat secara berurutan jenis pahat dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas yaitu:

1. Baja Karbon

Baja dengan kandungan karbon yang relatif tinggi (0,7% -1,4% C) tanpa unsur lain atau dengan prosentase unsur lain yang rendah (2% Mn, W, Cr) mampu mempunyai kekerasan permukaan yang cukup tinggi. Dengan proses laku panas kekerasan yang tinggi ini (500 1000 HV) dicapai karena terjadi transformasi martensitik. Karena martensit akan melunak pada temperatur sekitar 250°C maka baja karbon ini hanya bisa digunakan pada kecepatan potong yang rendah

2. HSS (*High Speed Steels*)

HSS konvensional jenis T (paduan utama *Tungsten/Wolfram*) terutama digunakan untuk pahat-pahat yang kecil. Jenis ini dapat dipanaskan pada tungku elektrik. Bagi jenis M (paduan utama *Molybdenum*) memerlukan proses laku panas dengan tungku kolam garam (*salt bath furnace*) untuk menghindari terjadinya proses dekarburisasi. Tungku tersebut terdiri atas tiga bagian yaitu,

- Preheat Salt; berisi KCl & NaCl, pada temperatur 740-875°C.
- High Heat Salt; berisi $BaCO_3$ pada temperatur 1150 - 1200°C
- Quenching Salt; berisi $CaCO_3$, KCl, NaCl, pada temperatur 550- 600°C
- Pahat potong HSS memiliki kecepatan potong sebesar 20-30 m/menit. HSS ditemukan pada tahun 1898 dengan unsur paduan Khrom dan tungsten.

3. Paduan Cor NonFerro

Dengan memiliki kandungan unsur karbon sebesar 3 %, pahat potong paduan cor non ferro menghasilkan jenis yang keras serta tahan aus. Unsur lain yang dimiliki adalah khrom 10-35 % serta *wolfram* 10-25 %. Sifat dari paduan cor nonferro adalah diantara HSS dan Karbida. Sifat-sifat paduan cor nonferro adalah diantara HSS dan karbida (*Cemented Carbide*) dan digunakan dalam hal khusus diantara pilihan dimana karbida terlalu rapuh dan HSS mempunyai hot hardness dan wear resistance yang terlalu rendah. Jenis material ini dibentuk secara tuang menjadi bentuk-bentuk yang tidak terlampau sulit misalnya *tool bit* (sisipan) yang kemudian diasah menurut *geometri* yang dibutuhkan. Paduan nonferro terdiri atas 4 macam elemen utama serta sedikit tambahan beberapa elemen lain untuk memperbaiki sifat-sifatnya. Elemen utama adalah Cobalt sebagai pelarut bagi elemen-elemen lain. Elemen kedua yang terpenting adalah Cr (10% s.d. 35% berat) yang membentuk karbida. Elemen W (10% s.d. 25% berat) sebagai pembentuk karbida untuk menaikkan kekerasan secara menyeluruh sedangkan elemen terakhir adalah karbon (1% C membentuk jenis yang relatif lunak sedang 3% C menghasilkan jenis yang keras serta tahan aus).

4. Karbida

Jenis karbida yang disemen (*cemented carbides*) ditemukan pada tahun 1923 (Krup Widia) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (nitrida, oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari *cobalt* (Co). Dengan cara carburizing masing masing bahan dasar (serbuk) *Tungsten Wolfram* (W), *Titanium* (Ti), *Tantalum* (Ta) dibuat menjadi karbida kemudian digiling (*ball mill*) dan disaring. Campuran bubuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak dengan memakai bahan pelumas (lilin). Semakin besar prosentase pengikat Co maka kekerasannya akan menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus Elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya (density, sekitar 2 kali baja). Skitar dua atau tiga kali konduktifitas panas HSS.

Ada tiga jenis utama pahat karbida sisipan yaitu :

1) Karbida Tungsten (WC + Co)

Karbida tungsten murni ialah jenis yang paling sederhana dimana hanya terdiri atas dua elemen yaitu karbida tungsten (WC) dan pengikat cobalt (Co). Karbida ini merupakan jenis pahat yang digunakan untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*)

2) Karbida tungsten paduan

➤ Ada empat jenis karbida tungsten paduan, yaitu :

- a) Karbida WC – TiC + Co adalah penambahan unsur titanium pada paduan karbida tungsten dan pengikat cobalt. Tujuan penambahan titanium adalah untuk menaikkan daya tahan terhadap keausan kawah. Namun TiC membuat ketahanan terhadap deformasi plastis menurun.
- b) Karbida WC – TaC – TiC + Co adalah penambahan unsur tantalum untuk mengurangi efek samping TiC yang tidak tahan terhadap deformasi plastis, sehingga pahat karbida jenis ini memiliki deformasi plastis dan tahan keausan yang lebih baik.
- c) Karbida WC – TaC + Co adalah sama halnya seperti TiC, akan tetapi TaC lebih lunak dibandingkan TiC. Jenis ini lebih tahan terhadap *thermal shock* sehingga cocok untuk penggunaan khusus seperti pembuatan alur dalam.

3) Karbida Titanium

Pahat ini terbuat dari $\text{TiC} + \text{Ni} + \text{Mo}$. Nickel dan *Molybdenum* disini berfungsi sebagai bahan pengikat menggantikan *Cobalt*. Kekerasannya sangat tinggi (92,1- 93,5 RA), pahat ini hanya dipakai dalam operasi penghalusan. dengan *transverse rupture strength* sebesar kira-kira 1220-1400 N/mm². Jenis ini mengisi kekosongan antara tingkatan *WC-tools* dengan tingkatan *ceramic tools*

4) Karbida Lapis

Pada umumnya material dasar dari pahat karbida lapis adalah *Tungsten* (WC) dan *Cobalt* (Co) yang dilapisi dengan bahan keramik (karbida, nitrida dan oksida). *Coated Cemented carbide* pertama kali di perkenalkan oleh Krupp Widia (1968).

5.) Keramik

Dalam industri pemesinan, pahat keramik ialah jenis oksida alumunium murni atau ditambah sampai dengan 30 % karbida titanium (TiC) untuk menaikkan kekuatan sifat nonadhesif. Penambahan unsur lain tersebut dimaksudkan untuk mengurangi kegetasan dari sifat keramik, namun pahat keramik ini tetap tidak dapat menerima beban kejut yang berlebihan.

6.) CBN (*Cubic Boron Nitrides*)

Pahat CBN dapat digunakan untuk memesin berbagai jenis baja dalam kondisi yang telah dikeraskan, besi tuang, HSS maupun karbida semen. Pahat ini dapat menahan temperatur yang tinggi saat melakukan pemotongan, yaitu hingga mencapai 1300o C. Harga pahat CBN masih sangat tinggi, sehingga penggunaannya masih sangat terbatas pada pemesinan untuk mencapai ketelitian dimensi dan kehausan permukaan yang sangat tinggi.

7.) Intan

Pahat intan mengandung unsur *Cobalt* sebesar 5- 10 %. Sifat tahan terhadap deformasi plastis yang dimiliki pahat intan ditentukan oleh besar butir intan serta prosentase dan komposisi dari material pengikat. Tetapi pahat intan tidak dapat digunakan untuk memotong bahan yang mengandung besi ferros. (Rochim, 1993)

Pahat Carbide VCMT160408

Pahat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pahat Carbide type VCMT160408 VP15TF



Gambar 2. 6 Pahat Insert bubut VCMT160408 VP15TF

berikut adalah spesifikasi umum yang sering ditemukan pada pahat Insert bubut VCMT160408 VP15TF

1) **VCMT** (Kode Jenis Insert)

- **V**: Menunjukkan bentuk insert, yaitu wedge (tertipersegitiga) dengan sudut utama 75°.
- **C**: Menandakan jenis insert ini adalah insert untuk pemotongan kasar hingga halus dengan sudut potong yang lebih tajam.
- **M**: Menunjukkan insert ini memiliki bentuk geometris yang memungkinkan pemotongan dengan sudut tertentu pada sisi-sisinya.
- **T**: Merujuk pada ketebalan insert, yaitu 1,6 mm.

2) Dimensi Insert (160408)

- **16:** Menunjukkan lebar insert, yaitu 16 mm.
- **04:** Menunjukkan panjang insert, yaitu 4 mm.
- **08:** Merujuk pada ketebalan insert, yaitu 8 mm.

3) VP15TF (Material dan Kode Pelapisan)

- **V:** Menunjukkan jenis material insert tersebut, yaitu karbida (carbide) yang digunakan untuk pemotongan logam.
- **P15:** Kode untuk grade material karbida dengan tingkat ketahanan sedang dan cocok untuk aplikasi pemotongan pada logam ferrous (logam besi) seperti baja karbon, baja paduan, dan lainnya. P15 biasanya memiliki keseimbangan antara ketajaman dan ketahanan aus.
- **T:** Merujuk pada pelapisan atau coating pada insert, yaitu TiCN (*Titanium Carbonitride*) yang memberikan ketahanan aus yang lebih baik dan meningkatkan masa pakai insert.
- **F:** Menunjukkan bahwa insert ini dirancang untuk memiliki bentuk dan sudut tertentu yang optimal untuk pemotongan dengan kecepatan tinggi dan aplikasi finishing.

2.4 Kekasaran Permukaan

Pada kegiatan produksi, kualitas permukaan yang ditampilkan dapat mempengaruhi nilai jual suatu produk. Kita menyadari bahwa permukaan yang dikerjakan, baik dengan mesin maupun secara manual sedikit banyaknya selalu akan menyimpang dari permukaan ideal sehingga timbul kekasaran, gelombang dan kerataan. Kualitas permukaan yang halus tidak hanya berkaitan terhadap toleransi dan istitika produk tetapi juga dapat memperpanjang umur pakai (*service life*) terutama untuk permukaan kontak dan saling bergesekan, hal ini menyebabkan para ahli teknik memberikan perhatian yang lebih terhadap kualitas permukaan.

Banyak cara dan proses yang dapat diterapkan pada pemerosesan akhir permukaan benada kerja, misalnya dengan mesin ataupun alat/ perkakas,

masingmasing akan menghasilkan kualitas permukaan produk yang berbeda-beda sesuai dengan batas kemampuannya mesin/ alat itu sendiri.

Beragam mesin/perkakas yang dikembangkan merupakan satu upaya untuk memudahkan memilih mesin atau perkakas. *Coated Abrasive* atau yang lebih umum dikenal dengan nama Amplas (*abrasives*) banyak digunakan untuk segala macam pekerjaan dari pekerjaan mulai dari yang kasar hingga pekerjaan yang menghasilkan kilau/kilap (kehalusan) yang sangat tinggi. Amplas mempunyai unjuk kerja yang unik dengan menghasilkan kekasaran yang bervariasi dengan tersedia banyak tingkatan kekasaran yang sesuai kekasaran permukaan yang diinginkan

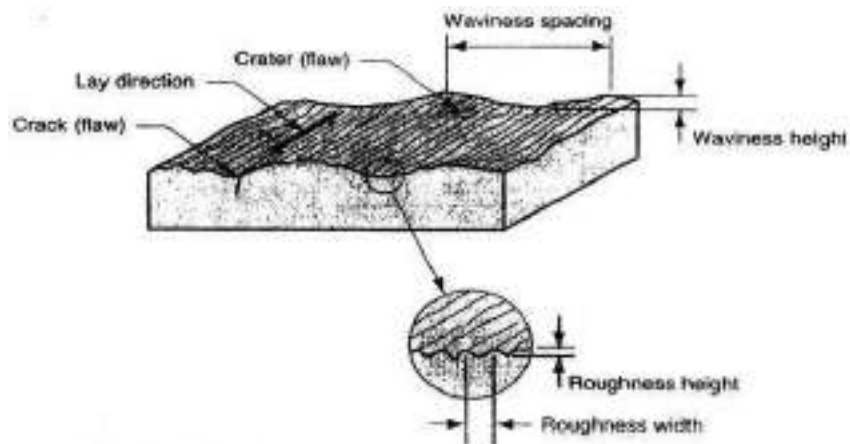
. Tekstur permukaan seperti yang terdiri dari penyimpangan acak yang berulang pada permukaan normal dari suatu obyek permukaan. Kekasaran mengacu pada jarak penyimpangan dari permukaan yang nominal yang ditentukan oleh karakteristik material dan cara memproses hingga diperoleh bentuk permukaan itu. Waviness menggambarkan besar penyimpangan pengaturan jarak sayatan saat pengerjaan, kondisi ini dapat diakibatkan oleh getaran, lenturan, perlakuan panas dan factor lain. Kekasaran permukaan adalah karakteristik terukur yang mengacu pada penyimpangan kekasaran sebagaimana uraian di atas. Permukaan akhir (*surface finish*) adalah suatu istilah hubungan yang mencerminkan kehalusan atau mutu umum suatu permukaan. Didalam pemakaian kata yang umum, permukaan akhir sering digunakan sebagai suatu kata lain untuk kekasaran permukaan.

- a. Penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata profil (R_a)

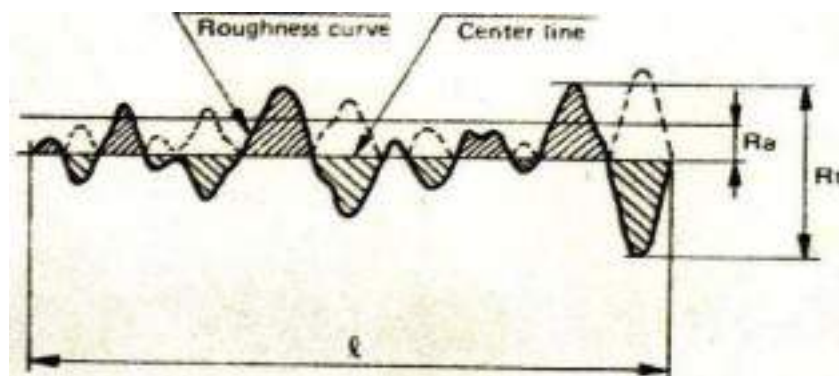
Digital Implementation	Use a natural cubic spline to interpolate through the discrete data values. For each sample length $i = 1, \dots, CN$ Calculate $R_{a_i} = \frac{1}{l} \int_0^l Z(x) dx$ Calculate $R_a = \frac{1}{CN} \sum_{i=1}^{CN} R_{a_i}$
------------------------	--

Gambar 2. 7 Rumus menghitung nilai kekasaran permukaan (R_a)

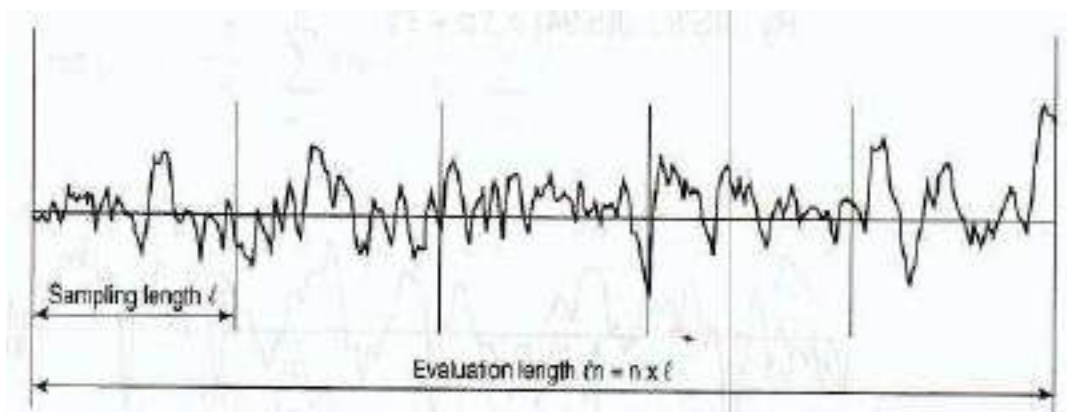
(Sumber: ISO 4287-1996)



Gambar 2. 8 *Surface Texture Features* (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

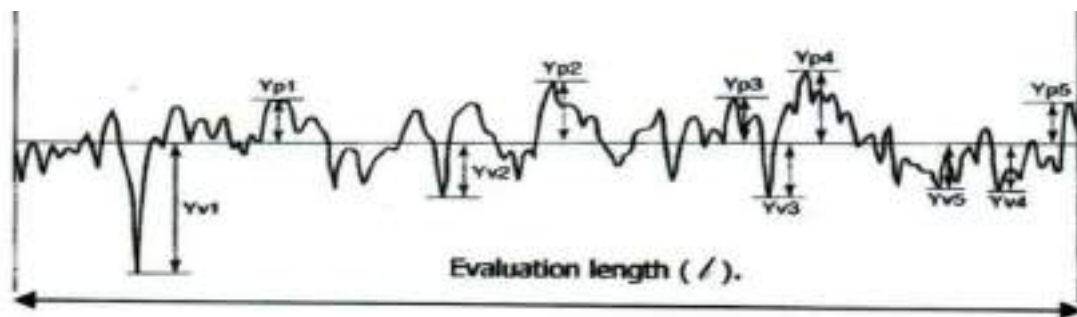


Gambar 2. 9 Kurva Kekasaran (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)



Gambar 2. 10 *Sample Length and Evaluation Length* (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

- a) *High of Roughness Curve (Rt)* Ketidak rataan ketinggian maksimum adalah jarak antara dua garis sejajar yang menyinggung profil pada titik tertinggi dan terendah antara panjang bagian yang diuji
- b) Ketidak rataan Ketinggian Sepuluh Titik (Rz)
Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik (Rz) adalah jarak rata-rata antara lima puncak tertinggi dan lima lembah terdalam disepanjang bagian yang diuji, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata disepanjang "evaluation length".



Gambar 2. 11 Menentukan Rz (JIS) Menggunakan Kurva Kekasaran (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

Suatu kekasaran permukaan akan memberikan kesan dan perasaan bila kita menyentuh/memegang suatu benda dalam kegiatan produksi, karakteristik permukaan adalah penting bagi insinyur untuk memahami teknologi apa yang pantas dan cocok untuk memperoleh kekasaran yang diharapkan tersebut. Secara komersial kekasaran permukaan dibutuhkan dan didasari pertimbangan tersendiri sesuai penerapan produk itu sendiri.

Pertimbangan pertimbangan yang menyangkut kekasaran permukaan antara lain;

1. Alasan estetika: Permukaan itu halus dan bebas goresan dan memungkinkan memberi suatu kesan baik kepada pelanggan.
2. Permukaan mempengaruhi keselamatan.
3. Gesekan dan tahan pakai/Keausan tergantung pada karakteristik permukaan.

4. Permukaan mempengaruhi sifat mekanik dan sifat fisis; contoh, permukaan yang kasar menjadikan titik konsentrasi tegangan.
5. Perakitan bagian-bagian permukaan mengikat sambungan (suaian sesak)
6. Memperbaiki kontak elektrik permukaan.

Secara umum biaya proses akan bertambah dengan adanya memperbaiki permukaan akhir. Ini disebabkan adanya biaya operasional tambahan dan waktu. Pada proses manufaktur menentukan permukaan akhir dan keutuhan permukaan. Beberapa proses sudah menjadi sifat dan kemampuan atas permukaan yang dihasilkan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.4 (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

Process	Typical Surface Finish	Range of Roughness, (μm)	Process	Typical Surface Finish	Range of Roughness, (μm)
Die Casting	Good	1 – 2	Turning	Good	0.5 – 6
Investment casting	Good	1.5 – 3	Grinding	Very Good	0.1 – 2
Sand Casting	Poor	12 – 25	Honing	Very Good	0.1 – 1
Cold rolling	Good	1 – 3	Lapping	Excellent	0.05 – 0.5
Sheet Metal draw	Good	1 – 3	Polishing	Excellent	0.1 – 0.5
Cold Extrusion	Good	1 – 3	Superfinishing	Excellent	0.02 – 0.3
Hot rolling	Poor	12 – 25	Chemical Milling	Medium	1.5 – 5
Boring	Good	0.5 – 6	Electrochemical	Good	0.2 – 2
Drilling	Medium	1.5 – 6	Electric Discharge	Medium	1.5 – 15
Milling	Good	1 – 6	Electron Beam	Medium	1.5 – 15
Planing	Medium	1.5 – 12	Laser Beam	Medium	1.5 – 15
Reaming	Good	1 – 3	Arc Welding	Poor	5 – 25
Shaping	Medium	1.5 – 12	Flame Cutting	Poor	12 – 25
Sawing	Poor	3 – 25	Plasma Arc Cutting	Poor	12 – 25

Gambar 2. 12 Nilai Kekasaran Permukaan dihasilkan berbagai Proses Manufaktur (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

Roughness Tester merupakan alat pengukuran kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. *Roughness* atau kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (R_a). merupakan parameter kekasaran yang paling

banyak dipakai secara internasional. didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata.



Gambar 2. 13 *Surface Roughness Tester*

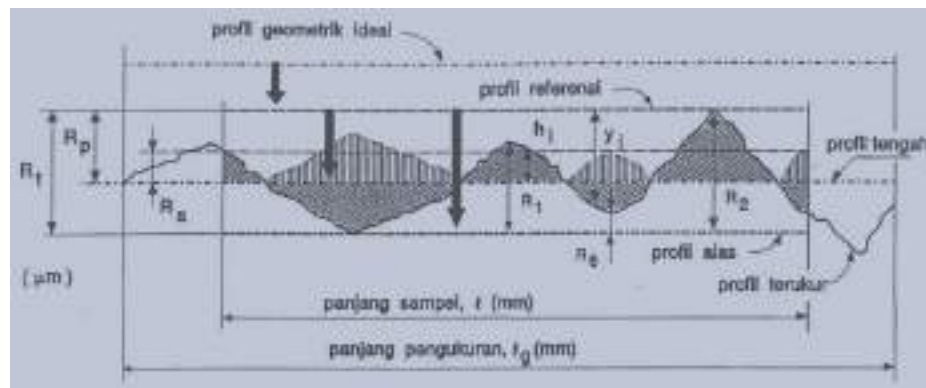
Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat *indicator* pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan *mikroprocessor*. *Roughness Tester* dapat digunakan di lantai di setiap posisi, horizontal, vertikal atau di manapun

Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan *mikroprocessor*. *Roughness Tester* dapat digunakan di lantai di setiap posisi, horizontal, vertikal atau di manapun. Ketika mengukur kekasaran permukaan dengan *Roughness Tester*, sensor ditempatkan pada permukaan dan kemudian meluncur sepanjang permukaan seragam dengan mengemudi mekanisme di dalam tester. Sensor mendapatkan kekasaran permukaan dengan probe tajam built-in. Instrumen roughness meter ini kompatibel dengan empat standar dunia yaitu ISO, DIN, ANSI, dan JIS.

Untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan, sensor alat ukur akan bergerak mengikuti lintasannya pada permukaan profil benda kerja sepanjang lintasan yang dimiliki oleh alat ukur. Setelah pembacaan oleh sensor selesai maka

nilai kekasaran permukaan akan dikalkulasi sesuai dengan tingkat kekasaran yang telah dideteksinya sepanjang lintasan yang diukur. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel. ditunjukkan bentuk profil sesungguhnya dengan beberapa keterangan lain, seperti :

1. Profil geometric ideal adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur.
3. Profil referensi / puncak / acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakraturan bentuk permukaan.
4. Profil alas adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung terendah.
5. Profil tengah merupakan garis yang berada ditengah-tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam.



Gambar 2. 14 Bentuk Profil Kekasaran Permukaan (wibowo, 2016)

Dari gambar diatas, dapat didefinisikan beberapa parameter kekasaran permukaan, yaitu :

1. Kekasaran total (R_a) merupakan jarak antara garis referensi dengan garis alas
2. Kekasaran perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata antara garis referensi dengan garis terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) merupakan nilai rata-rata aritmatik antara garis tengah dan garis terukur. (wibowo, 2016)

2.5 Klasifikasi Material Baja

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Kandungan

baja yang utama adalah Besi dengan kadar 97% dan Karbon (C) dengan kadar 0,2% hingga 2,1%, serta unsur paduan lain yaitu Mangan (Mn), Krom (Cr), Vanadium(V), Nikel (Ni), Silikon (Si), tembaga (Cu), sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda

➤ Mekanik utama baja sebagai berikut :

1. Kekuatan

Baja mempunyai gaya tarik, lengkung, dan tekan yang sangat besar.

2. Kelenturan

Menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan

3. Kekakuan

Menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari kekuatan.

4. Kekerasan

Menyatakan ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis lokal.

5. Ketangguhan

Menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi dengan mengakibatkan terjadinya kerusakan.

6. Kelelahan

Adalah salah satu jenis kegagalan (patah) pada komponen akibat beban dinamis (pembebanan yang berulang-ulang atau berubah-ubah).

7. Plastisitas

Menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastic (permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

8. Mulur

Merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

➤ Adapun klasifikasinya sebagai berikut :

1. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya : ST 37, ST 42, ST 50.

2. Menurut Komposisinya

Merut komposisinya baja dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) : $C \leq 0,25 \%$
- b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) : $C = 0,25 \%-0,55 \%$
- c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): $C > 0,55 \%$
- d. Baja paduan rendah (*low alloy steel*) : unsur paduan $< 10 \%$
- e. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*) : unsur paduan $> 10 \%$

Baja bisa diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dari paduan yang digunakan. Berikut dibawah ini klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya :

1. Baja karbon (*Carbon steel*)

Baja karbon memiliki 2 unsur yaitu besi dan karbon. Persentase kandungan karbon memiliki perbedaan pada campuran logam baja yang menjadi salah satu klasifikasi baja. Berdasarkan dari kandungan karbon, baja dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu :

a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Pada baja karbon rendah mengandung karbon kurang dari 0,3 %. Baja karbon rendah adalah baja paling murah biaya produksi daripada baja karbon lainnya, mudah dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi

kekerasannya rendah. Baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, jembatan, pagar dan lain-lain.

b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

Baja karbon menengah mengandung karbon dengan persentase 0,3 - 0,6 %. Kelebihan yang dimiliki oleh baja karbon menengah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, crankshaft, baling-baling kapal dan konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik.

c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung karbon sebesar 0,6 - 1,7 % dan memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, tetapi keuletannya lebih rendah. Baja karbon digunakan untuk pembuatan kawat baja dan kabel baja.

2. Baja Paduan (*Alloy steel*)

Baja paduan dapat disimpulkan sebagai suatu baja yang mengalami pencampuran dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel dan unsur lain-lain yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki. Seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya. Baja paduan juga dibagi menjadi tiga macam yaitu :

a. Baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*)

Baja paduan menengah memiliki unsur paduan 2,5 % - 10 %. Adapun unsur-unsur pada baja jenis ini adalah Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain

b. baja paduan tinggi (*High Speed Steel*)

Baja paduan tinggi adalah baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10 %. Adapun unsur-unsur pada baja ini adalah Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain. (Pranoto, 2018)

2.5.1 Baja AISI 4140

- 1) Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, AISI 1045 AISI 4340 AISI 4140 . Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja AISI 4140
- 2) Menurut Komposisinya
 - a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) : $C \leq 0,25 \%$
 - b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) : $C = 0,25 \%-0,55 \%$ c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): $C > 0,55 \%$ d. Baja paduan rendah (*low alloy steel*) : unsur paduan $< 10 \%$ e. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*) : unsur paduan $> 10 \%$

Tabel 2. 1 Komposisi Baja Aisi 4140

Jenis kadar	Persentase (%)
Kromium, Cr	0,80 – 1,10
Mangan, Mn	0,75 – 1,0
Karbon, C	0,380 – 0,430
Silikon, Si	0,15 – 0,30
Molibdenum, Mo	0,15 – 0,25
Belerang, S	0,040
Fosfor, P	0,035
Besi, Fe	Keseimbangan

2.6 Cairan Pendingin

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Bagaimana cairan pendingin itu bekerja pada daerah kontak antara beram dengan pahat? Sebenarnya belumlah diketahui secara pasti mekanismenya. Secara umum dapat dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi.

Pada mekanisme pembentukan beram, beberapa jenis cairan pendingin mampu menurunkan Rasio Penempatan Tebal Beram (λh) yang mengakibatkan penurunan gaya potong. Pada daerah kontak antara beram dan bidang pahat terjadi gesekan yang cukup besar, sehingga adanya cairan pendingin dengan gaya lumas tertentu akan mampu menurunkan gaya potong. Pada proses penyayatan, kecepatan potong yang rendah memerlukan cairan pendingin dengan daya lumas tinggi. Sementara pada kecepatan potong tinggi memerlukan cairan pendingin dengan daya pendingin yang *besar (high heat absorptivity)*. Pada beberapa kasus, penambahan unsur tertentu dalam cairan pendingin akan menurunkan gaya potong, karena bisa menyebabkan terjadinya reaksi kimiawi yang berpengaruh dalam bidang geser (*share plane*) sewaktu beram terbentuk. Beberapa peneliti menganggap bahwa sulfur (S) atau karbon tetraklorida pada daerah kontak (di daerah kontak mikro) dengan temperatur dan tekanan tinggi akan bereaksi dengan besi (benda kerja) membentuk FeS atau pada batas butir sehingga mempermudah proses penggeseran metal menjadi beram.

Dari ulasan singkat di atas dapat disimpulkan bahwa cairan pendingin jelas perlu dipilih dengan seksama sesuai dengan jenis pekerjaan. Beberapa jenis cairan pendingin akan diulas pada sub bab pertama berkaitan dengan klasifikasi cairan pendingin dan garis besar kegunaannya. Pemakaian cairan pendingin dapat dilakukan dengan berbagai cara (disemprotkan, disiramkan, dikucurkan, atau dikabutkan) akan dibahas kemudian dan dilanjutkan dengan pengaruh cairan pendingin pada proses pemesinan. Efektivitas cairan pendingin hanya dapat diketahui dengan melakukan percobaan pemesinan, karena mekanisme proses pembentukan beram begitu kompleks, sehingga tidak cukup hanya dengan menelitinya melalui pengukuran berbagai sifat fisik/kimiawinya. Salah satu cara pemesinan yang relatif sederhana (cepat dan murah) untuk meneliti efektivitas cairan pendingin adalah dengan melakukan pembubutan muka (*facing-test*).

2.6.1 Jenis Cairan Pendingin

Cairan pendingin yang biasa dipakai dalam proses pemesinan dapat dikategorikan dalam empat jenis utama sebagai berikut

1. ***Straight oils* (minyak murni).**

Minyak murni (*straight oils*) adalah minyak yang tidak dapat diemulsikan dan digunakan pada proses pemesinan dalam bentuk sudah diencerkan. Minyak ini terdiri dari bahan minyak mineral dasar atau minyak bumi, kadang mengandung pelumas yang lain seperti lemak, minyak tumbuhan, dan ester. Selain itu, bisa juga ditambahkan aditif tekanan tinggi seperti *Chlorine*, *Sulphur*, dan *Phosphorus*. Minyak murni ini berasal salah satu atau kombinasi dari minyak bumi (*naphthenic*, *paraffinic*), minyak binatang, minyak ikan atau minyak nabati. Viskositasnya dapat bermacam-macam dari yang encer sampai yang kental tergantung dari pemakaian. Pencampuran antara minyak bumi dengan minyak hewani atau nabati menaikkan daya pembasahan (*wetting action*) sehingga memperbaiki daya lumas. Penambahan unsur lain seperti sulfur, klor, atau fosfor (*EP additives*) menaikkan daya lumas pada temperatur dan tekanan tinggi. Minyak murni menghasilkan pelumasan terbaik akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek di antara cairan pendingin yang lain.

2. ***Soluble oils*.**

Soluble Oil akan membentuk emulsi ketika dicampur dengan air. Konsentrat mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3 sampai 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan penghantaran panasnya bagus. Minyak ini digunakan luas oleh industry pemesinan dan harganya lebih murah di antara cairan pendingin yang lain.

3. ***Semisynthetic fluids* (cairan semi sintetis)**

Cairan semi sintetis adalah kombinasi antara minyak sintetis *dan soluble oil* dan memiliki karakteristik ke dua minyak pembentuknya. Harga dan unjuk kerja penghantaran panasnya terletak antara dua buah cairan pembentuknya tersebut. Jenis cairan ini mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Kandungan minyaknya lebih sedikit
2. Kandungan pengemulsinya (molekul penurun tegangan permukaan) lebih banyak dari tipe

3. Partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa jenis dengan minyak yang sangat jenuh ("*super-fatted*") atau jenis EP (*Extreme Pressure*).

4. ***Synthetic fluids* (cairan sintetis).**

Minyak sintetis (*synthetic fluids*) tidak mengandung minyak bumi atau minyak mineral dan sebagai gantinya dibuat dari campuran organik dan anorganik alkaline bersama-sama dengan bahan penambah (*additive*) untuk penangkal korosi. Minyak ini biasanya digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya dengan rasio 3 sampai 10%). Minyak sintetis menghasilkan unjuk kerja pendinginan terbaik di antara semua cairan pendingin. Cairan ini merupakan larutan murni (*true solutions*) atau larutan permukaan aktif (*surface active*). Pada larutan murni, unsur yang dilarutkan terbesar di antara molekul air dan tegangan permukaan (*surface tension*) hampir tidak berubah. Larutan murni ini tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk sifat penyerapan panas yang tinggi dan melindungi terhadap korosi. Sementara itu dengan penambahan unsur lain yang mampu membentuk kumpulan molekul akan mengurangi tegangan permukaan menjadi jenis cairan permukaan aktif sehingga mudah membasahi dan daya lumasnya baik. (Widarto, 2008)

2.6.2 Metode Pemberian Cairan Pendingin

Cairan pendingin jelas hanya akan berfungsi dengan baik jika cairan ini diarahkan dan dijaga alirannya pada daerah pembentukan beram. Dalam praktek sering ditemui bahwa cairan tersebut tidak sepenuhnya diarahkan langsung pada bidang beram pahat di mana beram terbentuk karena keteledoran operator. Mungkin pula, karena daerah kerja mesin tidak diberi tutup, operator sengaja mengarahkan semprotan cairan tersebut ke lokasi lain sebab takut cairan terpancar ke semua arah akibat perputaran pahat. Pemakaian cairan pendingin yang tidak berkesinambungan akan mengakibatkan bidang aktif pahat akan mengalami beban yang berfluktuasi. Bila pahatnya jenis karbida atau keramik (yang relatif getas) maka pengerutan dan pemuaian yang berulang kali akan menimbulkan retak mikro yang justru menjadikan penyebab kerusakan fatal. Dalam proses gerinda rata bila cairan pendingin dikucurkan di atas permukaan benda kerja maka akan dihembus oleh batu gerinda yang berputar kencang sehingga menjauhi daerah penggerindaan.

Dari ulasan singkat di atas dapat disimpulkan bahwa selain dipilih cairan pendingin harus juga dipakai dengan cara yang benar. Banyak cara yang dipraktikkan untuk mengefektifkan pemakaian cairan pendingin sebagai berikut:

1. Secara manual. Apabila mesin perkakas tidak dilengkapi dengan sistem cairan pendingin, misalnya mesin gurdi atau frais jenis "bangku" (*bench drilling/milling machine*) maka cairan pendingin hanya dipakai secara terbatas. Pada umumnya operator memakai kuas untuk memerciki pahat gurdi, tap, atau *frais* dengan minyak pendingin. Selama hal ini dilakukan secara teratur dan kecepatan potong tak begitu tinggi maka umur pahat bisa sedikit diperlama. Penggunaan alat sederhana penetes oli yang berupa botol dengan selang berdiameter kecil akan lebih baik karena akan menjamin keteraturan penetesannya minyak. Penggunaan pelumas padat (gemuk/ vaselin, atau *molybdenum-disulfide*) yang dioleskan pada lubang-lubang yang akan ditap sehingga dapat menaikkan umur pahat pengulir.

2. Disiramkan ke benda kerja (*flood application of fluid*).

Cara ini memerlukan sistem pendingin, yang terdiri atas pompa, saluran, nozel, dan tangki. Itu semua telah dimiliki oleh hampir semua mesin perkakas yang standar. Satu atau beberapa *nozel* dengan selang fleksibel diatur sehingga cairan pendingin disemprotkan pada bidang aktif pemotongan. Keseragaman pendinginan harus diusahakan dan bila perlu dapat dibuat *nozel* khusus. Pada pemberian cairan pendingin ini seluruh benda kerja di sekitar proses pemotongan disirami dengan cairan pendingin melalui saluran cairan pendingin yang jumlahnya lebih dari satu.

3. Disemprotkan (*jet application of fluid*).

Penyemprotan dilakukan dengan cara mengalirkan cairan pendingin dengan tekanan tinggi melewati saluran pada pahat. Untuk penggurdian lubang yang dalam (*deep hole drilling; gun-drilling*) atau pengefraisan dengan posisi yang sulit dicapai dengan semprotan biasa. Spindel mesin perkakas dirancang khusus karena harus menyalurkan cairan pendingin ke lubang pada pahat. Pada proses pendinginan dengan cara ini cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan (pertemuan antara pahat dan benda kerja yang terpotong). Sistem

pendinginan benda kerja dibuat dengan cara menampung cairan pendingin dalam suatu tangki yang dilengkapi dengan pompa yang dilengkapi filter pada pipa penyedotnya. Pipa keluar pompa disalurkan melalui pipa/selang yang berakhir di beberapa selang keluaran yang fleksibel, cairan pendingin yang sudah digunakan disaring dengan filter pada meja mesin kemudian dialirkan ke tangki penampung.

4. Dikabutkan (*mist application of fluid*).

Pemberian cairan pendingin dengan cara ini, cairan pendingin dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan, Partikel cairan sintetik, semi sintetik, atau emulsi disemprotkan melalui saluran yang bekerja dengan prinsip seperti semprotan nyamuk. Cairan dalam tabung akan naik melalui pipa berdiameter kecil, karena daya vakum akibat aliran udara di ujung atas pipa, dan menjadi kabut yang menyembrot keluar. Pemakaian cairan pendingin dengan cara dikabutkan dimaksudkan untuk memanfaatkan daya pendinginan karena penguapan. (Widarto, 2008)

2.6.3 Fungsi Cairan Pendingin pada Proses Pemesinan

Cairan pendingin pada proses pemesinan memiliki beberapa fungsi, yaitu fungsi utama dan fungsi kedua. Fungsi utama adalah fungsi yang dikehendaki oleh perencana proses pemesinan dan operator mesin perkakas. Fungsi kedua adalah fungsi tak langsung yang menguntungkan dengan adanya penerapan cairan pendingin tersebut. Fungsi cairan pendingin tersebut sebagai berikut:

1. Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses pemesinan
 - a. Melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah.
 - b. Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi.
 - c. Membuang beram dari daerah pemotongan.
2. Fungsi kedua cairan pendingin
 - a. Melindungi permukaan yang disayat dari korosi.
 - b. Memudahkan pengambilan benda kerja, karena bagian yang panas telah didinginkan.

Penggunaan cairan pendingin pada proses pemesinan ternyata memberikan efek terhadap pahat dan benda kerja yang sedang dikerjakan. Pengaruh proses pemesinan menggunakan cairan pendingin sebagai berikut.

- Memperpanjang umur pahat.
- Mengurangi deformasi benda kerja karena panas.
- Permukaan benda kerja menjadi lebih baik (halus), membantu membersihkan

2.6.4 Kriteria Pemilihan Cairan Pendingin

Pemakaian cairan pendingin biasanya mengefektifkan proses pemesinan. Untuk itu, ada beberapa kriteria untuk pemilihan cairan pendingin tersebut, walaupun dari beberapa produsen mesin perkakas masih mengijinkan adanya pemotongan tanpa cairan pendingin. Kriteria utama dalam pemilihan cairan pendingin pada proses pemesinan sebagai berikut:

1. Unjuk kerja proses
 - a. Kemampuan penghantaran panas (*heat transfer performance*).
 - b. Kemampuan pelumasan (*lubrication performance*).
 - c. Pembuangan beram (*chip flushing*).
 - d. Pembentukan kabut fluida (*fluid mist generation*).
 - e. Kemampuan cairan membawa beram (*fluid carry-off in chips*).
 - f. Pencegahan korosi (*corrosion inhibition*).
 - g. Stabilitas cairan (*cluid stability*).
2. Harga
3. Keamanan terhadap lingkungan
4. Keamanan terhadap kesehatan (*health hazard performance*)

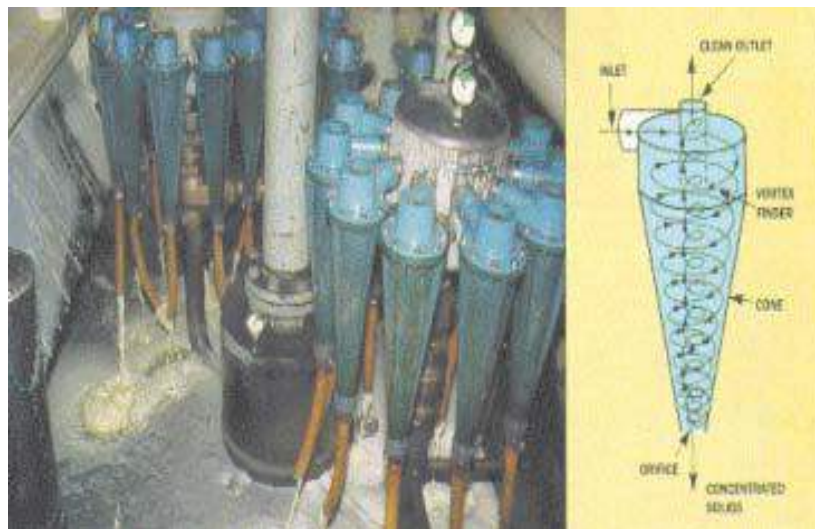
Untuk beberapa proses pemesinan yaitu: gurdi (*drilling*), reamer (*reaming*), pengetapan (*taping*), bubut (*turning*), dan pembuatan ulir (*threading*) yang memerlukan cairan pendingin, saran penggunaan cairan pendingin dapat dilihat Bahan benda kerja yang dikerjakan pada proses pemesinan merupakan faktor penentu jenis cairan pendingin yang digunakan pada proses pemesinan.

2.6.5 Perawatan dan Pembuangan Cairan Pendingin

Perawatan cairan pendingin meliputi pemeriksaan berikut:

1. Konsentrasi dari emulsi *soluble oil* (menggunakan *refractometer*).
2. pH (dengan pH meter).
3. Kuantitas dari minyak yang tercampur (kebocoran minyak hidrolik ke dalam system cairan pendingin).
4. Kuantitas dari partikel (kotoran) pada cairan pendingin.

Hal yang dilakukan pertama kali untuk merawat cairan pendingin adalah menambah konsentrat atau air, membersihkan kebocoran minyak, menambah biocides untuk mencegah pertumbuhan bakteri dan menyaring partikel-partikel kotoran dengan cara *centrifuging*.



Gambar 2. 15 Peralatan centrifuging untuk cairan pendingin (Widarto, 2008)

Cairan pendingin akan menurun kualitasnya sesuai dengan lamanya waktu pemakaian yang diakibatkan oleh pertumbuhan bakteri, kontaminasi dengan minyak pelumas yang lain, dan partikel kecil logam hasil proses pemesinan. Apabila perawatan rutin sudah tidak ekonomis lagi maka sebaiknya dibuang. Apabila bekas cairan pendingin tersebut dibuang di sistem saluran pembuangan, maka sebaiknya diolah dulu agar supaya komposisi cairan tidak melebihi batas ambang limbah yang diizinkan.

Perawatan cairan pendingin sama pentingnya dengan perawatan jenis dan cara pemakaiannya. Sebagaimana umumnya yang dipraktekkan cairan pendingin yang telah lama berada dalam tangki mesin perkakas perlu diganti bila telah terjadi degradasi dengan berbagi efek yang tidak diinginkan seperti bau busuk, korosi, dan penyumbatan sistem aliran cairan pendingin. Hal ini pada umumnya disebabkan oleh bakteri atau jamur.

Bakteri aerobik dan anaerobik bisa hidup dan berkembang biak dalam air yang mengandung mineral dan minyak (*proteleum*, minyak nabati, atau hewani). Semakin tinggi jumlah kandungan mineral dan minyak ini maka kemungkinan degradasi cairan karena bakteri semakin tinggi. Meskipun konsentrat dari emulsi atau cairan sintetik telah diberi zat antibakteri akan tetapi dalam jangka lama cairan pendingin tetap akan terserang bakteri. Hal ini disebabkan oleh penambahan air untuk mengencerkan cairan yang cenderung mengental, karena airnya menguap atau kontaminasi dari berbagai sumber. Penambahan zat antibakteri pada cairan pendingin yang telah kotor dan bau tidak efektif karena zat ini justru merangsang pertumbuhan bakteri lainnya. Keasaman air penambah bisa menimbulkan masalah karena mineral yang terkandung di dalamnya akan menambah konsentrasi mineral dalam cairan pendingin.

Bakteri *aerobik* yang sering menimbulkan masalah adalah bakteri *Pseudomonas Oleovorans* dan *Peseudomonas*. Bakteri *Pseudomonas Oleovorans* hidup dari minyak yang terpisah dari emulsinya, membentuk lapisan yang mengambang di permukaan cairan dalam tangki. Meskipun tidak mengandung minyak cairan sintetik, dalam waktu lama dapat tercemari oleh unsur minyak (pelumas meja mesin perkakas, partikel minyak dari benda kerja hasil proses sebelumnya, dan sumber pencemar lainnya). Bakteri *Pseudominas Aerugenosa* hidup dari hampir semua mineral dan minyak yang ada dalam cairan pendingin. Meskipun bakteri ini menyukai oksigen guna pertumbuhannya, jika perlu mereka bisa hidup tanpa oksigen (*anaerobik*) sehingga kadang dinamakan bakteri aerobik fakultatif.

Sementara itu, bila cairan mengandung unsur sulfat akan merangsang pertumbuhan bakteri *Desulfovibrio Desulfuricans* yang merupakan bakteri anaerobik dengan produknya yang khas berupa bau telur busuk. Jika pada cairan mengandung besi (beram benda kerja fero) maka cairan akan berubah hitam (kotor) yang dapat menodai permukaan benda kerja, mesin, dan perkakas lainnya. Bakteri di atas sulit diberantas dan hampir selalu ada pada cairan pendingin. Selain mengganggu karena baunya, cairan pendingin yang telah terdegradasi ini bisa menyebabkan iritasi (gatal-gatal) bagi operator mesin. Bakteri menghasilkan produk asam yang menjadikan sumber penyebab korosi. Bakteri memakan mineral yang sengaja ditambahkan untuk menaikkan daya lumas (*surface active additives*). Akibatnya, semakin lama cairan ini semakin tidak efektif.

Cairan pendingin yang telah lama berada dalam tangki mesin cenderung menguap dan meninggalkan residu yang makin lama makin bertumpuk. Air penambah yang mempunyai keasaman tinggi akan menambah mineral sehingga menaikkan residu. Dalam kasus ini tidak ada cara lain selain menggantikan keseluruhan cairan pendingin yang telah terdegradasi.

Air yang digunakan untuk membuat emulsi atau cairan pendingin perlu diperiksa keasamannya. Jika air ini terlalu banyak mineralnya bila perlu harus diganti. Untuk menurunkan keasaman (dengan mendestilasikan”melunakkan” dengan *Zeolit* atau *Deionizer*) jelas memerlukan ongkos, sementara cairan pendingin yang dibuat atau yang selalu ditambahi air keasaman tinggi akan memerlukan penggantian yang lebih sering dan ini akan menaikkan ongkos juga.

Bakteri sulit diberantas tetapi dapat dicegah kecepatan berkembang biaknya dengan cara-cara yang cocok. Jika sudah ada tanda-tanda mulainya degradasi maka cairan pendingin harus diganti dengan segera. Seluruh sistem cairan pendingin perlu dibersihkan (dibilas beberapa kali) diberi zat anti bakteri, selanjutnya barulah cairan pendingin”segar” dimasukkan. Dengan cara ini ”umur” cairan pendingin dapat diperlama (4 sampai dengan 6 bulan). (Widarto, 2008)

2.7 Penelitian Terdahulu

Kajian pada penelitian ini merupakan tindak lanjut dari penelitian yang telah ada sebelumnya, adapun tinjauan pustaka yang meninspirasi penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. P. Arsana., I.N Pasek Nugraha., K. Rihendra Dantes, 2019 [1] Dari Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Indonesia, melakukan penelitian dengan judul “PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA HASIL PEMBUBUTAN RATA PADA BAJA ST. 37. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variabel terikat yaitu kekasaran permukaan dan variabel bebas yaitu media pendingin. Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: air, dromus oil dan radiator coolant. Subyek penelitian atau sampel penelitian sebanyak 30 spesimen, untuk media pendingin air sebanyak 10 spesimen, media pendingin sebanyak 10 spesimen dan media pendingin radiator coolant sebanyak 10 spesimen. Selanjutnya teknik analisis data menggunakan ANOVA satu jalur dengan menganalisa data kekasaran permukaan masing-masing spesimen setelah dilakukan pengujian kekasaran permukaan sebanyak 3 kali untuk 1 spesimen dengan menggunakan alat *surface roughness tester*. Dari hasil analisis data, dromus oil merupakan media pendingin yang menghasilkan kekasaran permukaan yang paling tinggi dengan harga kekasaran permukaan 2,031 μm dibandingkan *radiator coolant* yang menghasilkan kekasaran permukaan. Kesimpulan: Variasi media pendingin berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan. *Dromus oil* memberikan hasil terbaik karena kemampuan pendinginan, pelumasan dan perlindungan korosi yang sangat baik. Air memberikan hasil terburuk karena kurang efektif dalam pendinginan dan perlindungan korosi. Penelitian ini menunjukkan pentingnya pemilihan media pendingin yang tepat untuk mengoptimalkan kualitas permukaan hasil pembubutan. *Dromus oil* terbukti paling efektif untuk material baja ST. 37 yang digunakan. (Dantes, 2019)

2. Arfan Halim*, Ilmawan S , Dedy S., 2021 [2], dari Universitas Politeknik Sinar Mas Berau Coal, melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Putaran Spindel dan *Depth of Cut* Material AISI 4140 untuk Pembuatan *Bushing* pada Proses Bubut Konvensional”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan material terhadap proses pemesinan dengan metode pembubutan tanpa media pendingin (kering) dan pembubutan dengan media pendingin (basah) pada proses pembuatan bushing sehingga dapat terwujud *green machining* untuk mengurangi biaya produksi. Dalam proses bubut, terdapat gaya pemotongan, yaitu gaya radial (gaya pada kedalaman pemotongan), gaya tangensial (gaya pada kecepatan potong), dan gaya longitudinal (gaya pada pemakanan). Faktor yang mempengaruhi gaya potong diantaranya yaitu kedalaman pemotongan (*depth of cut*), gerak pemakanan (*feed rate*), dan kecepatan pemotongan (*cutting speed*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, peneliti mengontrol variabel bebas dalam arti bahwa peneliti mendesain dan mengatur perlakuan kelompok eksperimental dan kelompok kontrol. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi putaran spindle (300 Rpm, 460 Rpm, dan 755 Rpm), *feeding* dan kedalaman potong (0.2 mm, 0.6 mm dan 1mm). Dari hasil pengujian didapatkan bahwa tingkat perubahan nilai kekerasan *Hard Leeb Test* material paling stabil pada proses pembuatan *bushing* adalah metode pemesinan tanpa media pendingin (pemesinan kering) dengan kecepatan putar *spindle* 755 Rpm dengan kedalaman pemotongan 0.2 mm dengan nilai kekerasan material 453HL. Sehingga aplikasi parameter pemesinan kering dapat diterapkan di dalam kegiatan TEFA produksi bushing workshop Prodi Perawatan Mesin Politeknik Sinar Mas Berau Coal (Dedy 2021)

3. Chamdy Asrori, 2016 dari Universitas Negri Semarang, melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh variasi cairan pendinginan emulsi dan kecepatan gerak pemakanan baja ST37 menggunakan pahat HSS terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan”(Asrori, 2016)

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen dapat di artikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan

3.2 Variabel Penelitian

variabel merupakan objek atau konsep yang akan diteliti yang bentuknya bisa abstrak maupun *real*. Dalam proses penulisan penelitian, perumusan variabel harus dilakukan secara sistematis dan sesuai dengan kaidah-kaidah ilmiah. Dengan begitu, kebenaran hasil observasi dalam penelitian dapat dipertanggungjawabkan

S. Margono (1997) menyatakan bahwa variabel adalah sebuah konsep yang memiliki variasi nilai. Artinya, variabel ini sudah pasti punya sifat yang beragam dan merujuk pada karakteristik yang berbeda antara satu variabel dengan yang lainnya.

Variabel pada penelitian ini terdiri dari tiga jenis satuan yaitu :

1. Variable bebas, adalah gerak makan 0,090, 0,180 dan 0,360 , komposisi emulsi *cutting oil* dan air 1 : 20, 1 : 30, dan 1 : 40
2. Variabel terikat, adalah nilai kekasaran permukaan Ra (μm)
3. Variabel kontrol, adalah mesin bubut konvesional, pahat *carbide*, kedalaman potong (0,5mm) kecepatan potong (Vc) 47,48 mm/m
4. Gerak makanan (f) *feed* 0,090, 0,180 dan 0,360 mm/m, dan spesimen baja AISI 4140

3.3 Alat dan Bahan yang digunakan

1. Mesin Bubut Konvensional

Pada penelitian ini menggunakan mesin Bubut Konvensional TRENS, a.s. SU VOZ 1 91132 TRENCIN yang berada di Lab PGRI 2 PALEMBANG



Gambar 3. 1 Mesin Bubut Konvensional (Lab PGRI 2 PALEMBANG)



Gambar 3. 2 Spesifikasi Mesin bubut

Spesifikasi Utama:

1. Ukuran Meja Kerja:
 - a. Panjang meja kerja: 1500 mm
 - b. Lebar meja kerja: 400 mm
 - c. Kapasitas maksimum benda kerja (diameter di atas meja): 350 mm
2. Jarak Antara Pusat:
 - a. Panjang jarak antara pusat: 1000 mm
3. Spindle:
 - a. Kecepatan spindle pada mesin :16 kecepatan (tergantung model dan konfigurasi)
 - b. Diameter lubang spindle: 52 mm
 - c. Sumber daya (*power*) motor utama: 4 kW
4. Fungsi dan Kapasitas:
 - a. Pemrograman tangan/manual, cocok untuk pekerjaan di industri umum, pembuatan komponen mesin, dan sebagainya.
 - b. Mesin ini dapat digunakan untuk berbagai pekerjaan bubut seperti pemotongan, pemangkasan, pembubutan ulir, dan penghalusan permukaan.
5. Tipe Ujung Spindle:
 - a. Menggunakan tipe Ujung spindle Morse (biasanya tipe Morse 4).
6. Kecepatan Pemotongan:
 - a. Kecepatan dapat diatur melalui berbagai pilihan pengaturan dalam rentang yang cukup luas, mulai dari sekitar 20 hingga 2000 rpm.
7. Motor:
 - a. Motor utama dengan kapasitas sekitar 4 kW
8. Dimensi Mesin:
 - a. Panjang keseluruhan mesin: 2500 mm
 - b. Lebar keseluruhan mesin: 800 mm
 - c. Tinggi mesin: 1300 mm

2. Pahat

Pahat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pahat *Carbide* type VCMT160408 VP15TF



Gambar 3. 3 Pahat Insert bubut VCMT160408 VP15TF

berikut adalah spesifikasi umum yang sering ditemukan pada pahat Insert bubut VCMT160408 VP15TF

➤ **VCMT** (Kode Jenis Insert)

- **V**: Menunjukkan bentuk *insert*, yaitu *wedge* (tipe segitiga) dengan sudut utama 75°.
- **C**: Menandakan jenis insert ini adalah insert untuk pemotongan kasar hingga halus dengan sudut potong yang lebih tajam.
- **M**: Menunjukkan insert ini memiliki bentuk geometris yang memungkinkan pemotongan dengan sudut tertentu pada sisi-sisinya.
- **T**: Merujuk pada ketebalan insert, yaitu 1,6 mm.

3. Baja AISI 4140

1) Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, AISI 1045 AISI 4340 AISI 4140 diantaranya :, dst. Standart AISI kekuatan dalam kg/mm² *steel* (baja). Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja AISI 4140 dengan kekuatan 70,88 kg/mm²

2) Menurut Komposisinya a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) : $C \leq 0,25$ % b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) : $C=0,25$ %-0,55 % c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): $C > 0,55$ % d. Baja paduan rendah (*low alloy steel*) : unsur paduan < 10 % e. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*) : unsur paduan > 10 %



Gambar 3. 4 AISI 4140

4. Pompa *Submersible* (Pompa Celup)



Gambar 3. 5 Pompa Celup (*Submersible*)

Sepesifikasi Mesin

- Merk :Kandila
- Model : KD-PSP-2200
- Frekuensi : 50 Hz
- Power : 15 Watt

5. Jangka Sorong

Jangka Sorong Berfungsi untuk mengukur Panjang , lebar, dan tinngi benda kerja



Gambar 3. 6 Jangka Sorong

6. Cairan Pendingin

Berfungsi sebagai cairan pendingin saat proses pembubutan, cairan pendingin yang digunakan adalah *cutting oil* merk Asura Tech Oil.



Gambar 3. 7 Cairan Pendingin

7. Surface Roughness Tester

Surface Roughness Tester Berfungsi untuk mengukur nilai kekasaran permukaan benda logam



Gambar 3. 8 Surface Roughness Tester

3.4 Prosedur Penelitian

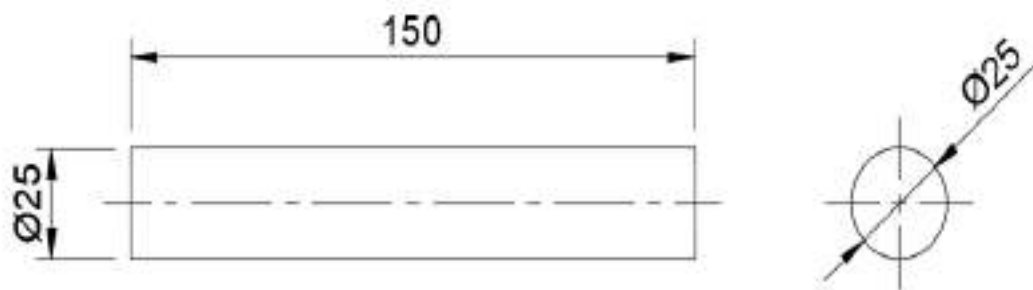
3.4.1 Pemeriksaan Awal

Tahap pemeriksaan awal meliputi kegiatan berikut ini :

- a. Pemeriksaan benda kerja AISI 1045.
- b. Pemeriksaan mesin Bubut
- c. Pemeriksaan alat-alat ukur,(jangka sorong/ mistar baja).
- d. Pemeriksaan pahat insert jenis Carbid
- e. Pemeriksaan peralatan pendukung lainnya

3.4.2 Memotong dan mempersiapkan spesimen

Spesimen yang digunakan adalah Baja AISI 1045 dengan dimensi dengan panjang 150 mm dan diameter 24 mm



Gambar 3. 9 Benda kerja

3.4.3 Persiapan Cairan Pendingin

Pada penelitian ini cairan pendingin yang digunakan adalah campuran cutting oil dan air dengan perbandingan Emulsi 1 : 20 , 1 : 30, dan 1 ;40

3.4.4 Pengecekan Debit Pompa

Pada dasarnya debit pompa semstinya mengikuti apa yang ada pada klaim pompa yaitu 1500 l/h, namun untuk memastikan lagi debit diukur dengan cara menyalakan pompa selama 1 menit, selanjutnya takar cairan yang tersedot dengan gelat takar, sehingga dapat nilai liter/ menitnya (Q) kemudian dikalikan 60 untuk mendapatkan nilai debit liter/ jam

3.4.5 Proses Pembubutan

Proses bubut dalam penelitian ini dilakukan dengan variasi sudut potong utama dan variasi emulsi media pendinginya. Langkah-langkah dalam proses pembubutan benda kerja adalah

1. Pasang dan jepit benda kerja pada cekam
2. Usahakan agar permukaan ujung benda kerja sejajar dengan pelat cekam dan sentris
3. Lakukan perhitungan parameter permesinan
4. Pasang pahat yang akan digunakan
5. Lakukan pemakanan pembubutan dengan variasi yang ditentukan dengan kedalaman makan 0,5 mm , seperti pada gambar di bawah

3.4.6 Perhitungan yang peneliti gunakan untuk mencari V_c yang sesuai adalah sebagai berikut

$$\text{Dik: } n = 630 \text{ rpm}$$

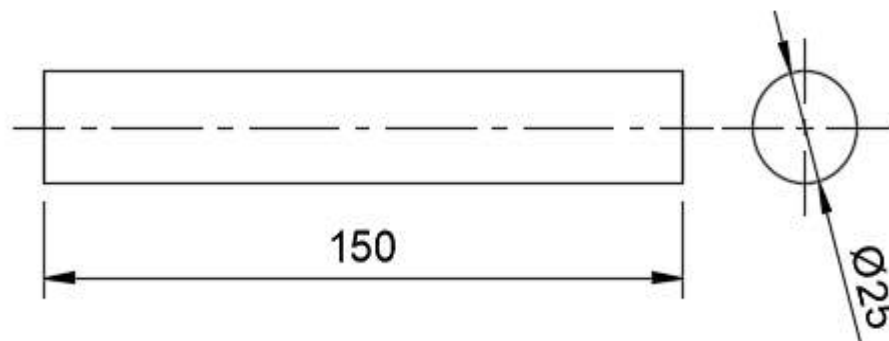
$$d = 24$$

$$\pi = 3,14$$

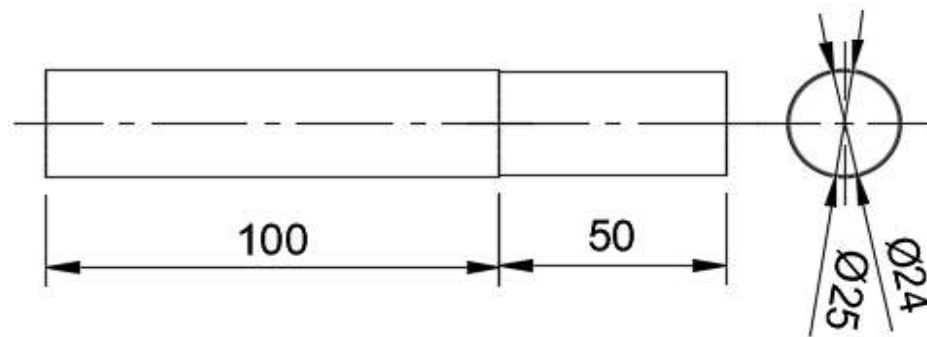
$$V_c = \frac{n \cdot d \cdot \pi}{1000}$$

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 630}{1000}$$

$$V_c = 47,48 \text{ mm/m}$$



Gambar 3. 10 Benda kerja sebelum pembubutan



Gambar 3. 11 Benda kerja setelah pembubutam

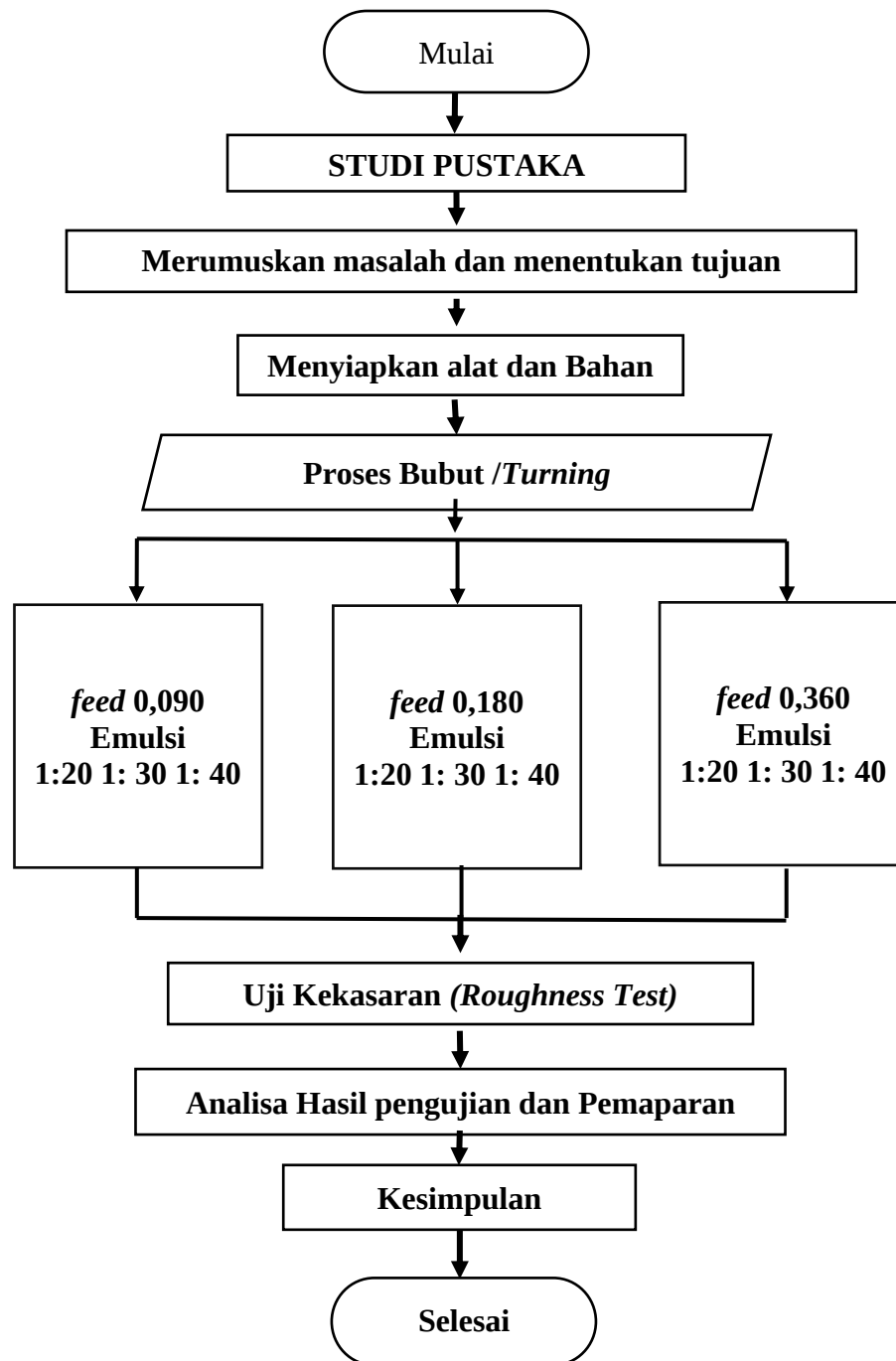
3.5 Pengambilan Nilai Kekasaran Permukaan (Ra)

Prosedur-prosedur yang dilakukan ketika pengujian kekasaran menggunakan *surface roughness tester* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan *surfcorder* unit yang meliputi pick-up (FU-A2), drive unit (DR-30X31, amplifier (AS-1700) dan chart papersetting.
2. Memasang stylus arm (AA5) pada *pick- up body*.
3. Memasang *pick-up body* pada *drive unit*.
4. Menghubungkan *drive unit* ke *amplify*
5. Kalibrasi alat *surface roughness tester*
6. Melakukan Pengujian Kekasaran secara berulang dan catat hasil pengujian.
7. Ambil data dengan cara melakukan pengujian pada 9 titik sample, 3 depan , 3 titik di bagian tengah, 3 titik di bagian belakang

3.6 Diagram Alir

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa proses yang dilakukan, dimana proses – proses penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir pada gambar



BAB IV

PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dengan cara menghitung nilai kekasaran rata rata dari setiap titik hasil uji meliputi:

NO	F (feed)	EMULSI	Posisi pengam bilan data Kekasaran	Nilai Uji Kekasaran			$\overline{Ra}$	$\overline{\overline{Ra}}$
				Ra (µm)				
			1	2	3			
1	0,090	1:20	Awal	1.622	1.638	1.675		
			Tengah	1.693	1.714	1.763		
			Akhir	1.767	1.777	1.798		
		1:30	Awal	2.180	2.199	2.247		
			Tengah	2.277	2.305	2.398		
			Akhir	2.424	2.441	2.457		
		1:40	Awal	3.995	3.999	4.053		
			Tengah	4.067	4.129	4.156		
			Akhir	4.228	4.257	4.273		

Gambar 4. 1 Sampel perhitungan rata-rata hasil pengujian

Rata-rata hasil pengujian pada tiga titik bagian awal, tengah, akhir

($\overline{Ra}$)

$$\overline{Ra}_{awal} = \frac{Ra_1 + Ra_2 + Ra_3}{3}$$

$$\overline{Ra}_{awal} = \frac{1,622 + 1,638 + 1,675}{3} = 1,645$$

Setelah nilai rata-rata dari ($\overline{Ra}$)Awal, ($\overline{Ra}$)Tengah, dan ($\overline{Ra}$)Akhir didapatkan, kemudian mencari nilai dari $\overline{\overline{Ra}}$ dengan cara berikut

$$(\overline{\overline{Ra}}) = \frac{(\overline{Ra})Awal, + (\overline{Ra})Tengah, + (\overline{Ra})Akhir}{3}$$

$$(\overline{\overline{Ra}}) = \frac{1.645 + 1.723 + 1.781}{3} = 1,716$$

Tabel 4. 1 Sampel Hasil Perhitungan rata – rata ($\overline{Ra}$)

NO	F (feed)	EMULSI	Posisi pengambilan data Kekasaran	Nilai Uji Kekasaran			$\overline{Ra}$	$\overline{\overline{Ra}}$
				Ra (μm)				
			1	2	3			
1	0,090	1:20	Awal	1.622	1.638	1.675	1.645	1.716
			Tengah	1.693	1.714	1.763	1.723	
			Akhir	1.767	1.777	1.798	1.781	

Untuk Perhitungan yang lebih cepat dan akurat dilakukan menggunakan aplikasi

4.2 Diskripsi Data

Berikut ini adalah data hasil pengujian dimana dengan Gerak makan 0,090, 0,180 dan 0,360 dengan perbandingan emulsi 1 : 20, 1 : 30, 1 : 40 dapat di deskripsikan

Tabel 4. 2 Hasil Uji Gerak Makan 0,090

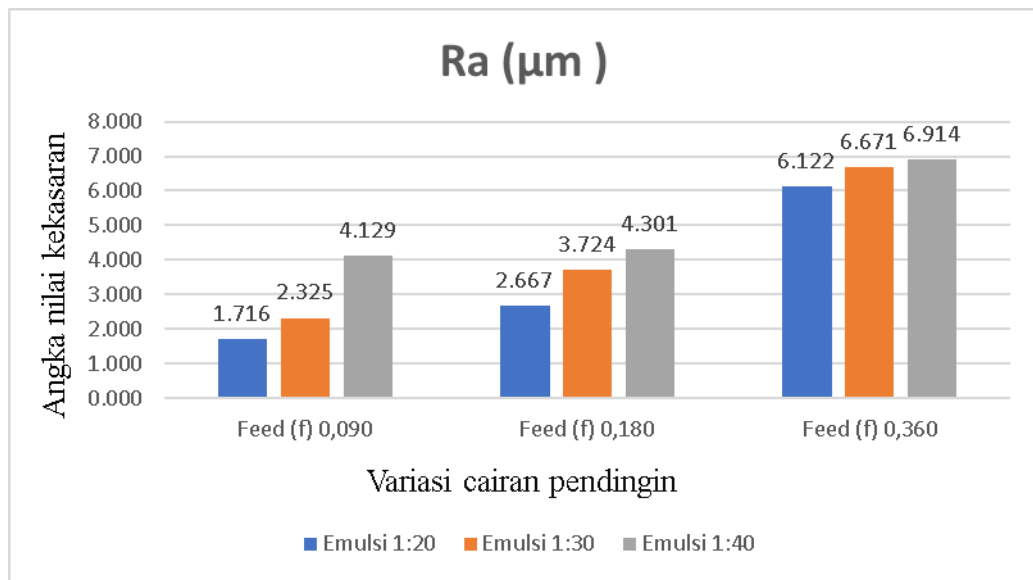
NO	F (feed)	EMULSI	Posisi pengambilan data Kekasaran	Nilai Uji Kekasaran			$\overline{Ra}$	$\overline{\overline{Ra}}$
				Ra (μm)				
				1	2	3		
1	0,090	1:20	Awal	1.622	1.638	1.675	1.645	1.716
			Tengah	1.693	1.714	1.763	1.723	
			Akhir	1.767	1.777	1.798	1.781	
		1:30	Awal	2.180	2.199	2.247	2.209	2.325
			Tengah	2.277	2.305	2.398	2.327	
			Akhir	2.424	2.441	2.457	2.441	
		1:40	Awal	3.995	3.999	4.053	4.016	4.129
			Tengah	4.067	4.129	4.156	4.117	
			Akhir	4.228	4.257	4.273	4.253	

Tabel 4. 3 Hasil Uji Gerak Makan 0,180

NO	F (feed)	EMULSI	Posisi pengambilan data Kekasaran	Nilai Uji Kekasaran			$\overline{Ra}$	$\overline{\overline{Ra}}$
				Ra (μm)				
				1	2	3		
2	0,180	1:20	Awal	2.463	2.567	2.570	2.533	2.667
			Tengah	2.618	2.652	2.648	2.639	
			Akhir	2.786	2.802	2.893	2.827	
		1:30	Awal	3.401	3.526	3.632	3.520	3.724
			Tengah	3.652	3.710	3.811	3.724	
			Akhir	3.845	3.921	4.021	3.929	
		1:40	Awal	4.206	4.237	4.246	4.230	4.301
			Tengah	4.252	4.290	4.315	4.286	
			Akhir	4.341	4.455	4.370	4.389	

Tabel 4. 4 Hasil Uji Gerak Makan 0,360

NO	F (feed)	EMULSI	Posisi pengambilan data Kekasaran	Nilai Uji Kekasaran			$\overline{Ra}$	$\overline{\overline{Ra}}$
				Ra (μm)				
				1	2	3		
3	0,360	1:20	Awal	5.839	5.870	5.999	5.903	6.122
			Tengah	6.025	6.166	6.274	6.155	
			Akhir	6.284	6.290	6.355	6.310	
		1:30	Awal	6.621	6.760	6.712	6.698	6.672
			Tengah	6.799	6.677	6.698	6.725	
			Akhir	6.586	6.581	6.611	6.593	
		1:40	Awal	6.581	6.586	6.611	6.593	6.671
			Tengah	6.615	6.677	6.698	6.663	
			Akhir	6.712	6.760	6.799	6.757	



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian

Setelah di perhitungan dengan menggunakan rumus didapatkan nilai rata-rata kekasaran permukaan pada setiap spesimen yang kemudian di jadikan sebuah tabel dan grafik yang dapat mempermudah pembacaan hasil dari penelitian ini. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian ini.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pembahasan

Dari hasil pengukuran didapat data hasil kekasaran permukaan yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya yang dapat dilihat dari variasi Gerak makan dan metode variasi pemberian cairan pendingin (*cutting oil*) yang sangat terlihat begitu berbeda perbandingan gerak makan dan emulsi yang sangat jelas terlihat digambarkan pada tabel dan grafik berikut ini:

Tabel 5. 1 Nilai Rata-rata Kekasaran hasil pengujian

EMULSI	<i>Feed</i> (f) 0,090 mm/putaran	<i>Feed</i> (f) 0,180 mm/putaran	<i>Feed</i> (f) 0,360 mm/putaran
1:20	1.716	2.667	6.122
1:30	2.325	3.724	6.672
1:40	4.129	4.301	6.671

Dari tabel 5.1 diatas didapatkan data untuk hasil kekasaran pada grafik di atas bisa kita lihat mulai dari spesimen dengan metode gerak makan *feed* (f) 0,090 dengan variasi emulsi 1:20 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 1.716 μm ,dengan variasi emulsi 1:30 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 2,25 μm , dengan variasi emulsi 1:40 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 4.129 μm . Selanjutnya dengan metode gerak makan *f(feed)* 0,180 dengan variasi emulsi 1:20 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 2,667 μm , dengan variasi emulsi 1:30 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 3,724 μm , dengan variasi emulsi 1:40 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 4,301 μm , dan yang terakhir , dengan metode gerak makan *f(feed)* 0,360 dengan variasi emulsi 1:20 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 6,122 μm , dengan variasi emulsi 1:30 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan

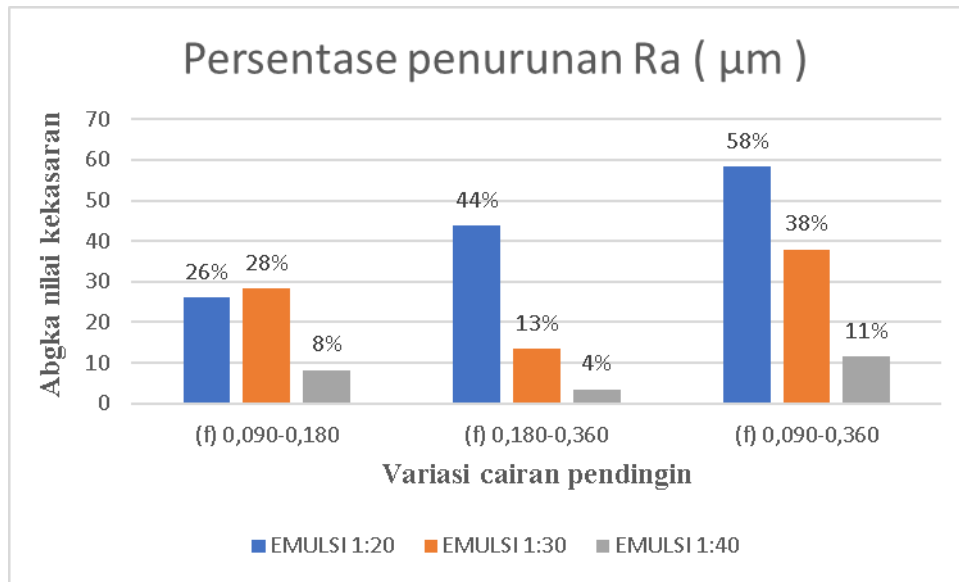
sebesar 6,672 μm , dengan variasi emulsi 1:40 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 6,671 μm

Dari data yang telah di uji oleh penulis bahwa metode gerak makan, karna pada teorinya Kecepatan gerak makan dan putaran *spindle* pada mesin bubut berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan. Semakin tinggi putaran dan kecepatan gerak makan, maka akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang tinggi dan pemberian cairan pendingin dapat mempengaruhi hasil kekasaran permukaan pada hasil proses permesinan karena hasil pengerjaan akan lebih halus begitu juga emulsi cairan pendingin mempengaruhi nilai kekasaran karena semakin tinggi konsentrasi cairan pendingin maka permukaan benda kerja dan pahat dapat terjaga dengan baik sehingga mendapatkan permukaan yang lebih halus dan begitu juga jika sebaliknya maka permukaan akan lebih kasar

Berikut Tabel Persentase penurunan kekasaran permukaan pada setiap Gerak makan, dan perbandingan emulsi nya yaitu sebesar

Tabel 5. 2 Presentase penurunan kekasaran permukaan Ra (μm)

Feed (f)	Perbandingan Emulsi	Persentase penurunan Ra (μm) %
0,090 - 0,180	1 : 20	26 %
0,180 - 0,360		44 %
0,090 - 0,360		58 %
0,090 - 0,180	1 : 30	28 %
0,180 - 0,360		13 %
0,090 - 0,360		38 %
0,090 - 0,180	1 : 40	8 %
0,180 - 0,360		4 %
0,090 - 0,360		11 %



Gambar 5. 1 Persentase penurunan kekasaran permukaan Ra (μm)

Menganalisa peluang defleksi, pada penelitian ini kemungkinan defleksi sangat kecil di karenakan pada setiap pembubutan benda kerja dilakukan chamfering, pada penelitian ini panjang benda kerja 150mm lalu benda di cekam 10mm dan di lakukan pembubutan 50mm, pada stiap benda kerja di lakukan penggantian pahat baru agar ketajaman pahat sama sehingga terjadinya defleksi sangat kecil. maka hasil dari analisa yang terjadi pada saat penelitian penulis tidak berfokus membahas peluang defleksi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari data hasil penelitian nilai rata-rata kekasaran R_a (μm) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan pengaruh variasi gerak makan f 0,360 dengan emulsi 1 : 20 menghasilkan nilai kekasaran R_a 4,129 μm pada gerak makan 0,090 dengan perbandingan 1 : 40 menghasilkan 6,122 μm . Disimpulkan material baja AISI 4140 menggunakan mesin bubut konvensional adalah semakin besar gerak makan ($feed$) maka menghasilkan nilai kekasaran rata-rata (R_a) yang semakin besar, dan sebaliknya semakin kecil variasi gerak makan ($feed$) maka menghasilkan nilai kekasaran rata-rata (R_a) semakin kecil.
2. Terlihat dari grafil hasil penelitian 0,090, 0,180 dan 0,360 bukan hanya besar kecilnya gerak makan yang mempengaruhi nilai kekasaran variasi emulsi juga ikut berperan penting dalam mendapatkan nilai kekasaran rata-rata (R_a) semakin tinggi penggunaan konsentrasi Emulsi cairan pendingin ($cutting\ oil$) maka menghasilkan nilai kekasaran permukaan (R_a) semakin kecil

6.2 Saran

Dari proses penelitian ini penulis memiliki beberapa saran jika ada yang ingin melakukan penelitian uji kekasaran yang sama diantaranya:

1. Pastikan mesin dan alat yang digunakan dalam keadaan normal dan bisa beroperasi otomatis supaya mendapatkan hasil yang diinginkan
2. Sebelum melakukan pengujian alangkah baiknya mencari referensi sebanyak banyaknya untuk melakukan perbandingan dan tidak terjadi kesalahan saat melakukan pengolahan data

3. Pada pengujian selanjutnya Variasi gerak makan dan variasi emulsi sebaiknya di perbanyak agar menjadi pembanding pada penelitian terdahulu dan juga menambah wawasan bagi pembaca lainya
4. Hasil penelitian kekasaran permukaan material ini diharapkan dapat memberikan tambahan referensi dibidang industri maupun ditingkat perguruan tinggi .

DAFTAR PUSTAKA

1. Ardiansyah, D. A., & Sakti, A. M. (2013). Pengaruh Jenis Pahat dan Cairan Pendingin serta Kedalaman Pemakanan terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja ST 60 pada Proses Bubut Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin*.
2. Arfan Halim, Ilmawan S , Dedy S., 2021 , *“Pengaruh Putaran Spindel dan Depth of Cut Material AISI 4140”*, Universitas Politeknik Sinar Mas Berau Coal.
3. Arsana, P., Pasek Nugraha, I. N., & Dantes, K. R. (2019). *“Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Baja St. 37”*, Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha,.
4. Chamdy Asrori, 2016, *“Pengaruh variasi cairan pendinginan emulsi dan kecepatan gerak pemakanan baja ST37 menggunakan pahat HSS terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan”*, Universitas Negri Semarang.
5. Dwilaksana, D., & Widyansyah, D. Y. (2018). Analisis Metode Pendinginan pada Keausan Pahat High Speed Steel (HSS) Pada Proses Bubut. 2018
6. Hidayat, T dan Hasyim, B.A. 2015. Pengaruh Kedalaman Pemakanan , Jenis Pendingin, dan Kecepatan Spindel Terhadap Kekasaran
7. Mesin, M., Sriwijaya, P. N., Mesin, J. T., Sriwijaya, P. N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). *“PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN OLI , DROMUS”*, SS-400 PADA PROSES MESIN B000UBUT KONVENTSIONAL (LATHE MACHINE)
8. Nur, I., Andriyanto, 2009, *”Pengaruh Variabel Pemotongan Terhadap Kualitas Permukaan Produk Dalam Meningkatkan Kualitas”*, Politeknik Negeri Padang.
9. Permukaan Benda Kerja Pada Proses Bubut Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin*. Raul, Widiyanti, Poppy, 2016, *“Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran*

Permukaan Benda Kerja ST41”.Jurnal Teknik Mesin

10. Rochim, T. (1993) *Teori & Teknologi Proses Permesianan*. 1st–4th edn.
Edited by R. Taufiq. Bandung: lab. teknik Produksi Jurusan Teknik
Mesin FTI-ITB
11. Setyawan, A. H., & Iswanto, I. (2019). “*Pengaruh Putaran Spindel dan Cairan Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4140 pada Proses Pembubutan. R.E.M (Rekayasa Energi Manufaktur)*.
Sunarto, 2016, “*Pembubutan Kering Baja AISI 1070 Terhadap Pertumbuhan Aus Sisi Pahat Karbida Berlapis (TiAlN/TiN)*,” INOVTEK, 6 (2):78–86
12. Widiarto, 2008. Teknik PemesinanJilid 1 Jakarta Direktorat Pembinaan
Direktorat Jenderal Manajemen

LAMPIRAN







Lampiran

SK Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA,
Nomor : FT/E.23/2024/IX/179, Tanggal : 01 Oktober 2024

**NAMA DOSEN PEMBIMBING UTAMA DAN PEMBIMBING KEDUA
PENULISAN SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
SEMESTER GANJIL / GENAP 2024/2025**

NO	NAMA / NPM	JUDUL SKRIPSI	PEMBIMBING UTAMA	PEMBIMBING PENDAMPING
1.	M. Sobri Saputra (19320003)	Pengaruh Panjang dan Komposisi Serat terhadap Kekuatan Material Komposit Serat Teflon	Reny Afriany, ST, M.Eng.	Ir. Asmadi, MT.
2.	Thorik Alfajri (20320005)	Analisa Pengaruh Variasi Gerak Makan dan Komposisi Media Pendingin terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Finishing Proses Bubut Baja AISI 4140	Yeny Pusvyta, ST, MT.	Reny Afriany, ST, M.Eng.
3.	Cahyo Ruswanto (21320011P)	Analisa Pengaruh Metode Pemberian dan Variasi Emulsi Cairan Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan Proses Pemesina Frais pada Baja S45C	Yeny Pusvyta, ST, MT.	Reny Afriany, ST, M.Eng.
4.	Rizki Wahyu Azani (20320010)	Analisa Pengaruh Variasi Sudut Potong Utama dan Komposisi Media Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan Finishing Proses Bubut Baja AISI 4140	Yeny Pusvyta, ST, MT.	Reny Afriany, ST, M.Eng.
5.	Muhammad Risky (20320001)	Perencanaan Elevator berKapasitas 1500kg pada Gedung Laboratorium Teknik Mesin Universitas IBA Palembang	Yeny Pusvyta, ST, MT.	Ir. Ratih Diah Andayani, MT.

Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 01 Oktober 2024

Dekan,


**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA**
Dr. Ir. Ratih Diah Andayani
NIK. -



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA PALEMBANG
Jl. Mayor Ruslan, 9 Ilir, Ilir Timur II, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30113 Telp. (0711) 361712

LEMBAR KONSULTASI

Nama/NPM : Thorik Alfajri / 20320008
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Gerak Makan dan Komposisi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Permukaan *Finishing* Proses Bubut Baja AISI 4140
Dosen Pembimbing I : Yeny Pusvita S.T., MT

No	Tanggal	Bahasan	Perbaikan	Paraf Pembimbing
1.	2/12/2014	BAB I	- Penambahan Latar Belakang	
2.	6/12/2014	BAB I	- Perbaikan Tujuan Penelitian dan Rumusan Masalah	
3.	20/12/2014	BAB III	- Perbaikan Penomoran Gambar	
4.	3/1/2015	BAB IV	- Perbaikan Pengolahan data	
5.	10/1/2015	BAB VI	- Penambahan Kesimpulan	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Renny Afriany, S.T. M.Eng.



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA PALEMBANG**

Jl. Mayor Ruslan, 9 Ilir, Ilir Timur II, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30113 Telp. (0711) 361712

LEMBAR KONSULTASI

Nama/NPM : Thorik Alfajri / 20320008
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Gerak Makan dan Komposisi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Permukaan *Finishing* Proses Bubut Baja AISI 4140
Dosen Pembimbing II: Reny Afriany, S.T. M,Eng.

No	Tanggal	Bahasan	Perbaikan	Paraf Pembimbing
1	3/12/2024	BAB I	- Penambahan Men Fast Penelitian dan Perbaikan kata kunci	
2	9/12/2024	BAB II	- Perbaikan Spasi	
3	13/12/2024	BAB III	- Penambahan Variabel Perbaikan	
4	17/12/2024	BAB IV	- Perjelas hasil Pengolahan data	
5	2/1/2025	BAB V	- Buat tabel Hasil Penelitian	
6	10/1/2025	BAB VI	- Tambahkan Soran dan Daftar Pustaka	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin


Reny Afriany, S.T. M,Eng.