# ANALISA PENGARUH METODE PEMBERIAN CAIRAN PENDINGIN DAN VARIASI EMULSI CAIRAN PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PROSES PEMESINAN FRAIS PADA BAJA S45C

**SKRIPSI**

Disusun untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu

pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas IBA


**Disusun oleh:**

**CAHYO RUSWANTO**

**NPM : 21320011P**


**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK IBA**

**PALEMBANG**

**2025**

# SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

| | |
|---|---|
| Nama | : Cahyo Ruswanto |
| NPM | : 21320011P |
| Judul Skripsi | : Analisa Pengaruh Metode Pemberian Cairan Pendingin dan Variasi Emulsi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Pemesinan Frais Pada Baja S45C |

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 mempertanggungjawabkan 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

Yang membuat pernyataan,

CAHYO RUSWANTO

# ANALISA PENGARUH METODE PEMBERIAN CAIRAN PENDINGIN DAN VARIASI EMULSI CAIRAN PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PROSES PEMESINAN FRAIS PADA BAJA S45C

**SKRIPSI**

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

**Mengetahui**

| | |
|---|---|
| **Dekan Fakultas Teknik,** | **Ketua Program Studi Teknik Mesin,** |
| FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA | |
| **Dr. Ir. Hardayani Haruno MT.** | **Reny Afriany, S.T., M.Eng** |
| **NIK. 03 24 514** | **NIK. 02 05 171** |

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

AGENDA NO :.....
DITERIMA TGL :.....
PARAF :.....

# ANALISA PENGARUH METODE PEMBERIAN CAIRAN PENDINGIN DAN VARIASI EMULSI CAIRAN PENDINGIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PROSES PEMESINAN FRAIS PADA BAJA S45C

NAMA : CAHYO RUSWANTO
NPM : 21320011P
SPESIFIKASI : A. Baja S45C
B. Proses Frais/*milling*
C. Variasi Metode Pemberian Cairan Pendingin
D. Kekasaran Permukaan
E. Variasi Emulsi Cairan Pendingin

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 Metode Pemberian Cairan Pendingin dan Variasi Emulsi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Pemesinan Frais pada Baja S45C

Penyusun : Cahyo Ruswanto

NPM : 21320011P

Program Studi : Teknik Mesin

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

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh metode pemberian cairan pendingin dan variasi emulsi cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan pada proses pemesinan frais pada baja S45C. Proses pemesinan frais merupakan salah satu metode pemotongan material yang sering digunakan dalam industri manufaktur, di mana pengaruh cairan pendingin sangat penting untuk mengurangi gesekan dan panas berlebih yang dihasilkan selama proses pemesinan. Dalam penelitian ini, empat metode pemberian cairan pendingin yang diuji adalah metode pemberian cairan dengan cara direndam dengan cairan pendingin,disemprot kontinu,disemprot secara manual menggunakan botol yang dilobangi,dan tanpa cairan pendingin. Sementara variasi emulsi cairan pendingin yang digunakan terdiri dari emulsi 1:20, 1:30, dan 1:40. Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan (Ra) hasil pemesinan yang diukur menggunakan alat *Surface Roughness Tester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pemberian cairan pendingin secara direndam memberikan pengaruh yang lebih baik dalam mengurangi kekasaran permukaan dibandingkan dengan metode disemprotkan *continue*, disemprot secara manual, dan tanpa cairan pendingin. Selain itu, variasi emulsi cairan pendingin juga berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan, dengan emulsi 1:10 memberikan hasil kekasaran permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan emulsi 1:30 dan 1:40. Penggunaan cairan pendingin yang tepat dapat mengoptimalkan kualitas permukaan hasil pemesinan, yang sangat penting untuk meningkatkan kualitas produk akhir.



Kata kunci: Cairan pendingin, Emulsi, kekasaran permukaan, Frais, Baja S45C.

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisa Pengaruh Metode Pemberian Cairan Pendingin dan Variasi Emulsi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Pemesinan Frais Pada Baja S45C". Skripsi ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir perkuliahan dan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA, skripsi ini juga dibuat sebagai salah satu wujud implementasi dari ilmu yang didapatkan selama masa perkuliahan di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.

Penulis menyadari bahwa skripsi masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap dapat belajar lebih banyak lagi dalam mengimplementasikan ilmu yang didapatkanSkripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, masukan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hardayani Haruno, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.
2. Ibu Reny Afriany. S,T. M,Eng. Selaku Ketua Program Studi dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, nasihat serta bantuan untuk menyelesaikan pengerjaan skripsi ini.
3. Ibu Yeny Pusvyta, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Sebagai Dosen Pembimbing I yang yang telah memberi arahan, bantuan, dan motivasinya untuk menyelesaikan pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Arie Yudho Budiman S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas IBA yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.

6. Orang tuaku tercinta yang telah mendukung,mendoakan, dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Istri dan Anak tercinta yang selalu mendukung, memotivasi dalam menjalani proses perkulihan sampai hingga saat ini.
8. Thorik Alfajri, Rizky Wahyu Azami, Ahmad Nico, M Fadel Mukharam dan teman-teman lainnya yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh sahabat rasa keluarga Muarif Lazuardi, Nugraha Abi, dan seluruh member “Demang Reborn” dan rekan kerja yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam usaha saya untuk menyelesaiakn kuliah.

Palembang,  Desember 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... i
ABSTRAK ..... ii
KATA PENGANTAR ..... iii
DAFTAR ISI ..... v
DAFTAR GAMBAR ..... vii
DAFTAR TABEL ..... x
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 2
1.3 Batasan Masalah ..... 2
1.4 Tujuan Penelitian ..... 3
1.5 Manfaat penelitian ..... 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 4
2.1 Proses Pemesianan ..... 4
2.1.1 Klasifikasi Proses Pemesianan ..... 4
2.1.2 Elemen Dasar Proses Pemesinan ..... 7
2.2 Proses *Milling*/*Frais* ..... 8
2.3 Alat-Alat Potong (*Cutter)* Mesin Frais ..... 13
2.3.1 Jenis-Jenis Pisau Frais ..... 13
2.3.2 Pahat dan Jenis-jenis material pahat ..... 18
2.4 Kekasaran Permukaan ..... 22
2.5 Klasifikasi Material Baja ..... 28
2.5.1 Baja S45C ..... 31
2.6 Cairan Pendingin ..... 32
2.6.1 Jenis Cairan Pendingin ..... 33
2.6.2 Metode Pemberian Cairan Pendingin ..... 35
2.6.3 Pengaruh Cairan Pendingin pada Proses Pemesinan ..... 38
2.6.4 Kriteria Pemilihan Cairan Pendingin ..... 39
2.6.5 Perawatan dan Pembuangan Cairan Pendingin ..... 40
2.7 Penelitian Terdahulu ..... 43

BAB III METODELOGI PENELITIAN .....49
3.1 Metode Penelitian .....49
3.2 Alat dan Bahan yang digunakan .....49
3.3 Variabel Penelitian .....53
3.4 Prosedur Penelitian .....54
3.4.1 Pemeriksaan Awal .....54
3.4.2 Memotong dan mempersiapkan spesimen .....54
3.4.3 Persiapan Cairan Pendingin .....55
3.4.4 Membuat penampung cairan pendingin untuk variasi direndam .....55
3.4.5 Pengecekan Debit Pompa .....55
3.4.6 Proses Pengefraisan .....55
3.4.7 Pengambilan Nilai Kekasaran Permukaan (Ra) .....60
3.5 Diagram Alir .....61
BAB IV PENGOLAHAN DATA .....62
4.1 Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekasaran Permukaan .....62
4.2 Tabel Hasil Pengujian .....64
BAB V PEMBAHASAN .....65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....70
6.1 Kesimpulan .....70
6.2 Saran .....70
DAFTAR PUSTAKA .....71
LAMPIRAN .....72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Proses pemesinan menurut jenis gerakan relative pahat / perkakas potong terhadap benda kerja. (Sumber: Rochim, 1993)..... 6

Gambar 2. 2 Klasifikasi Proses permesian menurut jenis mesin perkakas yang digunakan (Sumber :Taufiq Rochim, 1993)..... 6

Gambar 2. 3 Klasifikasi proses pemesinan berdasarkan generasi (pembentukan) Permukaan (Sumber : Taufiq Rochim, 1993)..... 7

Gambar 2. 4 Contoh jenis pahat frais dan proses frais..... 12

Gambar 2. 5 Mesin frais jenis lutut *(Knee Type Milling Machine)* ..... 12

Gambar 2. 6 Proses frais Datar (Slab *Milling*) dan frais Tegak (*Face Milling)* (Sumber gambar :MP Groover, 2009)..... 13

Gambar 2. 7 Pisau Mantel *(Helical Milling Cutter)* ..... 14

Gambar 2. 8 Pisau Alur *(Slot Milling Cutter)* dan penggunaanya ..... 14

Gambar 2. 9 Pisau Frais Gigi *(Gear Cutter)*..... 15

Gambar 2. 10 Pisau Frais Radius Cekung *(Convex Cutter)*..... 15

Gambar 2. 11 Pisatu Frais Radius Cembung *(Concave Cutter)* ..... 15

Gambar 2. 12 (*T Slot Cutter*) (Sumber gambar : Sumbodo, 2006)..... 16

Gambar 2. 13 Pisau Frais Sudut (Sumber gambar: Sumbodo, 2006) ..... 16

Gambar 2. 14 Pisau Jari *(Endmill Cutter)* (Sumber gambar :Sumbodo, 2006) .... 17

Gambar 2. 15 Pisau Frais Muka dan Sisi (Shell Endmill Cutter) (Sumber gambar :Sumbodo, 2006) ..... 17

Gambar 2. 16 Pisau Frais Pengasaran *(Heavy Duty Endmill Cutter)* (Sumber gambar : Sumbodo, 2006) ..... 18

Gambar 2. 17 Pisau Frais Gergaji (Slitting Saw) (Sumber gambar: Sumbodo, 2006)..... 18

Gambar 2. 18 Rumus menghitung nilai kekasaran permukaan (Ra) (Sumber: ISO 4287-1996) ..... 23

Gambar 2. 19 *Surface Texture Features* (Sumber gambar: Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)..... 23

Gambar 2. 20 Kurva Kekasaran (Sumber gambar: Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013) ..... 24

Gambar 2. 21 *Sample Length and Evaluation Length* (Sumber Gambar: Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013) ..... 24

Gambar 2. 22 Menentukan Rz (JIS) Menggunakan Kurva Kekasaran (Sumber : Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013) ..... 24

Gambar 2. 23 Nilai Kekasaran Permukaan dihasilkan berbagai Proses Manufaktur (Sumber : Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013) ..... 25
Gambar 2. 24 *Surface Roughness Tester* ..... 26
Gambar 2. 25 Bentuk Profil Kekasaran Permukaan (wibowo, 2016)..... 27
Gambar 2. 26 Pemberian cairan pendingin dengan cara menyiramkan pada benda kerja (sumber gambar: Widarto, 2008)..... 36
Gambar 2. 27 Cara pendinginan dengan cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan pada proses pembuatan lubang (Sumber : Widiarto 2008)..... 37
Gambar 2. 28 Pemberian cairan pendingin dengan cara mengabutkan cairan pendingin (Sumber: Widiarto 2008)..... 38
Gambar 2. 29 Beram hasil pemotongan tersingkir karena ada aliran cairan pendingin sehingga memudahkan dalam penanganan/pembersihannya (Sumber: Widarto, 2008)..... 39
Gambar 2. 30 Peralatan centrifuging untuk cairan pendingin (Sumber gambar: Widarto, 2008) ..... 40
Gambar 3. 1 Mesin *Milling*/Frais ..... 49
Gambar 3. 2 Spesifikasi Mesin CNC *Milling* merk Richon ..... 50
Gambar 3. 3 Pahat *Carbide* ..... 50
Gambar 3. 4 Insert *Milling* ..... 50
Gambar 3. 5 Baja S45C..... 51
Gambar 3. 6 *Surface Raoughness tester* ..... 52
Gambar 3. 7 Cairan Pendingin ..... 52
Gambar 3. 8 Pompa Celup (*Submersible***)**..... 53
Gambar 3. 9 Potongan Spesimen (Benda Kerja) ..... 54
Gambar 3. 10 Penampung air saat variasi pngefraisan dengan cara di rendam .... 55
Gambar 3. 11 Benda kerja yang dicekam ragum ..... 56
Gambar 3. 12 Pahat terpasang pada mesin frais ..... 57
Gambar 3. 13 Sebelum pengefraisan ..... 57
Gambar 3. 14 Setelah pengefraisan..... 57
Gambar 3. 15 proses frais dengan cara benda kerja dan pahat direndam dengan cairan pendingin..... 58
Gambar 3. 16 Disemprot *continue* dengan cairan pendingin..... 58
Gambar 3. 17 Disemprot manual dengan cairan pendingin..... 59
Gambar 3. 18 Tanpa cairan pendingin ..... 59

Gambar 3. 19 posisi pengembilan data kekasaran permukaan (9 posisi) ..... 60
Gambar 4. 1 Sampel perhitungan rata-rata hasil pengujian ..... 62
Gambar 4. 2 Sampel perhitungan rata-rata hasil pengujian ($\boldsymbol{Ra}$) ..... 62
Gambar 4. 3 Grafik hasil pengujian ..... 63
Gambar 5. 1 Grafik hasi pengujian nilai kekasaran permukaan ..... 65
Gambar 5. 4 Persentase kenaikan nilai Ra dilihat dari variasi emulsi ..... 69

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi kimia Baja S45C (Sumber : Hidayat, dkk, 2016) ..... 31
Tabel 3. 1 Komposisi baja S45C (Sumber : Hidayat, dkk, 2016) ..... 51
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian ..... 64

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Proses *Milling* (Frais) pada umumnya adalah suatu proses permesianan yang prinsip kerjanya pahat berputar kemudian menyayat benda kerja. Pada proses *Milling* sering terjadi peningkatan panas, hal ini akan berpengaruh terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan pada hasil *Milling* (Frais) harus sangat diperhatikan, karena kekasaran permukaan komponen mesin memiliki pengaruh yang penting. Pendingin juga tidak dapat lepas dari proses pemesinan, selain sebagai pendingin dan kestabilan suhu, pendingin ini berpengaruh pada kualitas kekasaran benda kerja.

Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah material baja karbon menengah S45C, karena bahan tersebut lebih mudah dicari di pasaran, mudah dikerjakan dan harganya lebih ekonomis. Kualitas produk akan bergantung pada kualitas alat pemotongnya, pada penelitian ini alat potong yang digunakan ialah pahat jenis *face Milling* jenis *Carbide* dengan tiga mata potong (*3 flute*). Penelitian ini dilakukan di SMK PGRI 02 Palembang.

Pada dasarnya penelitian ini dilakukan karena banyak terjadi di masyarakat khususnya operator mesin *Milling*, bahakan ditemukan juga diperusahaan dan proses praktikum di beberapa kampus mengabaikan cairan pendingin dalam proses permesianannya, hal ini memicu penulis untuk meneliti seberapa pentingnya metode pemberian cairan pendingin yang tepat untuk menghasilkan hasil pemesinan yang tingkat kekasarannya rendah. Penulis juga menemukan banyak operator mesin *Milling* menggunakan botol minuman yang dilobangi dengan alasasan pompa cairan pendingin rusak.

Atas dasar di atas penulis ingin melakukan penelitin tentang pengaruh metode pemberian dan komposisi emulsi cairan pendingin terhadap Kekasaran permukaan *finishing* proses pemesinan frais pada baja S45C, diantaranya membandingkan proses pemesinan tanpa ciran pendingin, benda kerja direndam dengan cairan pendingin, disemprot manual menggunakan botol yang dilobangi, disemrot *continue* dengan cairan pendingin, dan divariasikan komposisi emulsi cairan pendinginnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh metode pemberian cairan pendingin yang digunakan terhadap kekasaran permukaan baja S45C ?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi emulsi media pendingin terhadap nilai kekasaran permukaan *finishing* proses frais?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pemesinan menggunakan proses frais muka, dengan jenis mesin CNC Frais Vertikal dengan merek Richons X6330A
2. Matrial yang digunakan adalah material plat S45C dengan dimensi 20 x 65 x 80 (mm)
3. Pahat yang digunakan adalah pahat *Carbide* Ø 30 mm dengan 3 mata potong
4. Kedalaman potong 0,5 mm
5. Metode pemberian cairan adalah dengan cara direndam dengan cairan pendingin, disemprot kontinu dengan cairan pendingin, disemprot secara manual menggunakan botol yang di lobangi, dan tanpa cairan pendingin.
6. Cairan pendingin yang digunakan merupakan emulsi *cutting oil* dan air dengan perbandingan 1 : 20, 1 : 30 dan 1 : 40

7. Getaran saat proses pemesinan diabaikan, dengan asumsi pencekaman yang memadai dan minim getaran.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari pengaruh metode pemberian cairan pendingin dan komposisi emulsi cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan *finishing* proses pemesinan frais pada baja S45C adalah untuk :

1. Untuk mendapatkan metode pemberian cairan pendingin terbaik (nilai kekasaran permukaan (Ra) yang kecil) dari proses pemesinan frais.
2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi emulsi media pendingin terhadap nilai kekasaran permukaan proses pemesinan frais.

## 1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menemukan metode pemberian cairan pendingin mana yang paling efektif dalam proses frais terhadap kekasaran permukaan proses frais baja S45C.
2. Dapat mengungkapkan hubungan interaksi faktor pemakanan pada proses *Frais* dengan faktor komposisi emulsi media pendingin terhadap kekasaran permukaan hasil proses frais pada material pelat baja S45C.
3. Memberikan rekomendasi praktis untuk optimalisasi proses frais yang memiliki implikasi langsung bagi industri dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Proses Pemesianan

### 2.1.1 Klasifikasi Proses Pemesianan

Komponen mesin yang tertbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Umumnya 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 dihasikan 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 eleman 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 makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan, yaitu (lihat gambar 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).*

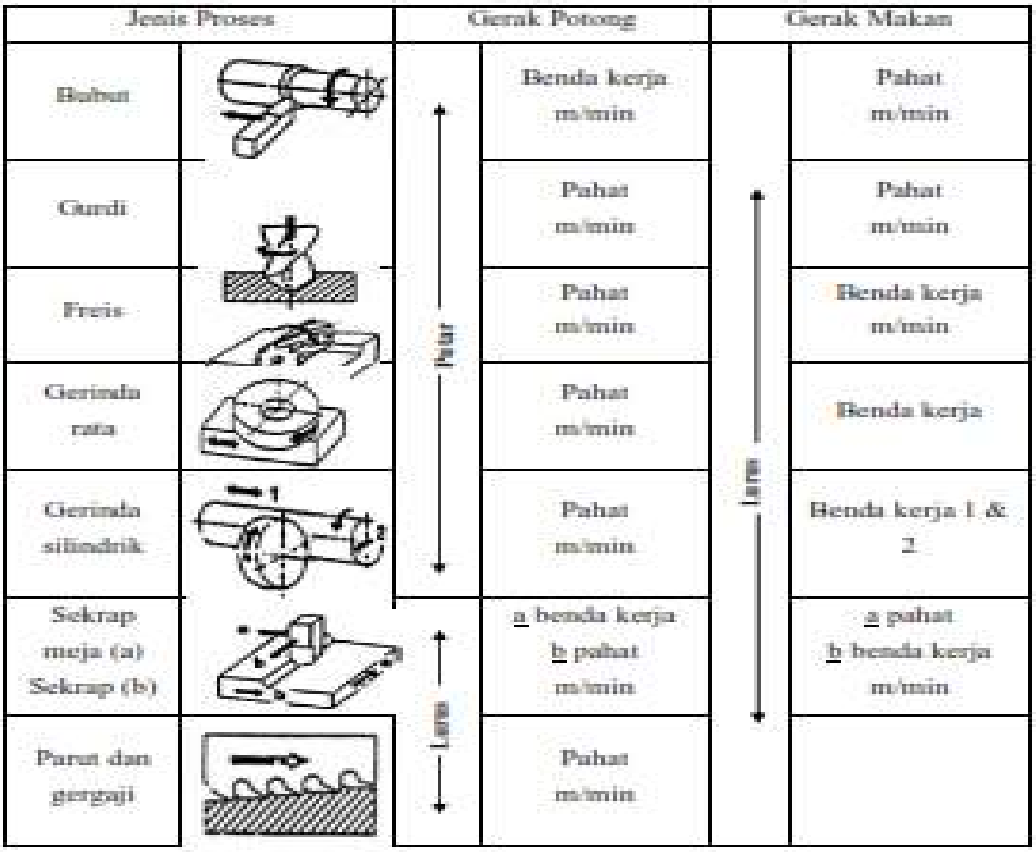
Selain klasifikasi menurut gerak relatif pahat terhadap benda kerja yang menghasilkan tujuh macam proses seperti diatas, secara lebih rinci proses pemesinan dapat diklasifikasikan menurut tujuan dan cara pengerjaan atau mesin perkakas yang digunakan sebagai mana yang diperlihatkan pada gambar 2.2.

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*, mengkoter) dengan cara mengganti pahat dengan yang sesuai. Bahkan dapat digunakan untuk mengefrais, menggerinda atau mengasah halus asal pada mesin bubut yang bersangkutan dapat dipasangkan.

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.

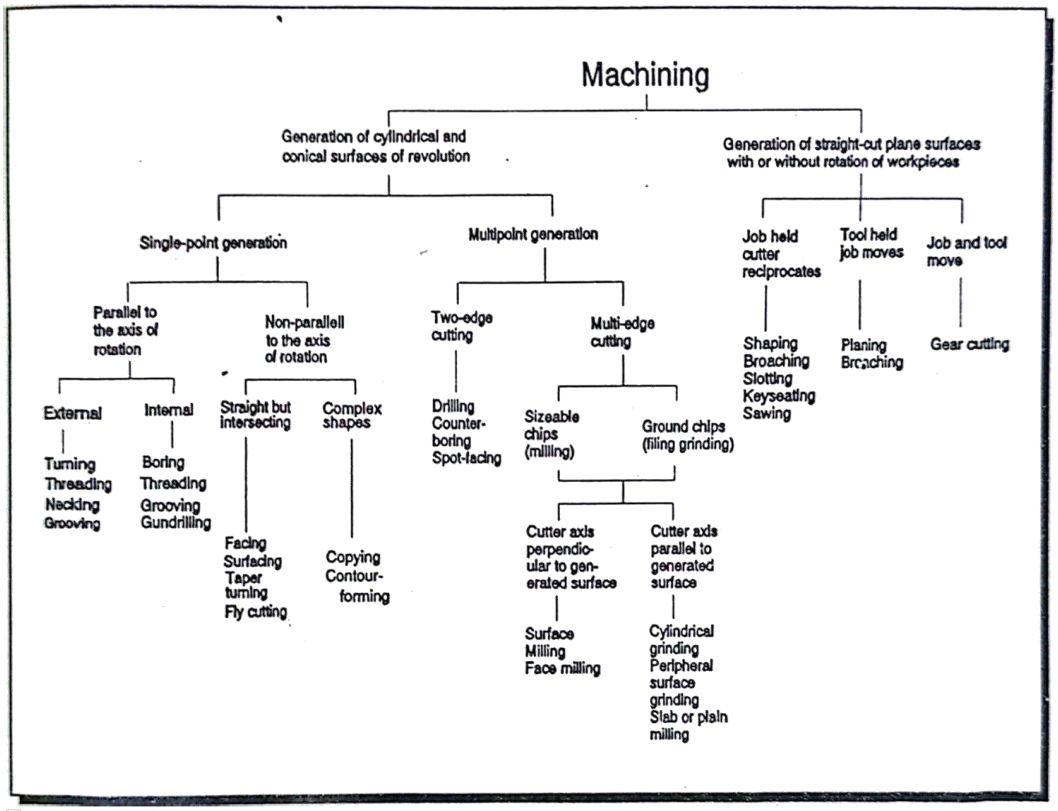
Selanjutnya berdasarkan mata potong pahat serta gerakan relatif terhadap benda kerja proses pemesinan dapat diklasifikasikan lebih lanjut sebagaimana yang diperlihatk an pada tabel 2.3. Pada setiap prosesnya.(Rochim, 1993)




Gambar 2. 1 Klasifikasi Proses pemesinan menurut jenis gerakan relative pahat / perkakas potong terhadap benda kerja. (Sumber: 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 permesian menurut jenis mesin perkakas yang digunakan (Sumber :Taufiq Rochim, 1993)




Gambar 2. 3 Klasifikasi proses pemesinan berdasarkan generasi (pembentukan) Permukaan (Sumber : Taufiq Rochim, 1993)

### 2.1.2 Elemen Dasar Proses Pemesinan

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 (m/min)
2. Kecepatan makan *(feeding speed)* : $V_f$ (mm/min)
3. Kedalaman potong *(depth of cut)* : a (mm)
4. *cutting time* : $t_c$ (min)
5. Kecepatan penghasilan geram *(Material Removal Rate)* : Z ($cm^3$/min)

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 sekrap, proses gurdi, dan proses Frais. 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 *Milling*/*Frais*

Mesin frais *(Milling machine)* adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat/memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar *(multipoint cutter).* Pada saat alat potong (*cutter)* berputar, gigi-gigi potongnya menyentuh permukaan benda kerja yang dijepit pada ragum meja mesin frais sehingga terjadilah

pemotongan/ penyayatan dengan kedalaman sesuai penyetingan sehingga menjadi benda produksi sesuai dengan gambar kerja yang dikehendaki. kita dapat melakukan pembuatan benda kerja dengan berbagai bentuk-bentuk di antaranya sebagai berikut:

a. Bidang rata datar.
b. Bidang rata miring menyudut.
c. Bidang siku.
d. Bidang sejajar.
e. Alur lurus atau melingkar.
f. Segi beraturan atau tidak beraturan.
g. Pengeboran lubang atau memperbesar lubang dan lain-lain.

Selain bentuk-bentuk tersebut di atas, kita juga dapat melakukan pembuatan benda kerja dengan bentuk yang lain di mana bentuk ini sangat dipengaruhi oleh bentuk pisau dan arah gerakannya alat serta perlengkapan lain yang digunakan di antaranya sebagai berikut:

a. Roda gigi lurus.
b. Roda gigi helik.
c. Roda gigi payung.
d. Roda gigi cacing.
e. Nok/eksentrik.
f. Ulir yang memiliki kisar/*pitch* yang besar dan lain-lain.

Mesin frais merupakan jenis mesin perkakas yang sangat cepat berkembang dalam teknologi penggunaannya, sehingga dengan mesin ini dapat digunakan untuk membentuk dan meratakan permukaan, membuat alur *(splines),* membuat roda gigi dan ulir, dan bahkan dapat dipergunakan untuk mengebor dan meluaskan lubang. Tetapi yang paling banyak dijumpai adalah jenis mesin tiang dan lutut *(column-and-knee),* meja tetap *(fixed-bed),* dan pengendalian manual sebelum mesin-mesin pengendalian computer dikembangkan. Jenis mesin frais lain yang prinsip kerjanya khusus seperti mesin frais yaitu mesin hobbing *(hobbing machines),* mesin pengulir *(thread machines*), mesin pengalur *(spline machines),* dan mesin pembuat pasak *(key*

*milling machines).* Untuk produksi massal biasanya dipergunakan jenis mesin yang menggunakan banyak sumbu *(multi spindles planer type)* dan meja yang bekerja secara berputar terus-menerus *(continuous action-rotary table),* serta jenis mesin frais drum *(drum type milling machines).* (Sumbodo, 2006)

Dua jenis utama pahat frais *(milling cutter)* adalah pahat frais selubung/mantel *(slab miling cutter)* dun pahat rais muka *(face milling cutter),* lihat gambar 2.1. Pahat frais termasuk pahat bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi frais (z). Sesuai dengan jenis pahat yang digunakan dikenal dua macam cara yaitu mengefrais datar *(slab milling)* dengan sumbu putaran pahat frais selubung sejajar permukaan benda kerja, dan mengefrais tegak (*face milling*) dengan sumbu putaran pahat frais muka tegak lurus permukaan benda kerja. Selanjutnya mengefrais datar dibedakan menjadi dua macam cara yaitu, mengefrais naik (*up miling/conventional milling*) dan mengefrais turun *(down milling).*

Proses frais turun akan menyebabkan benda kerja lebih tertekan kemeja dan meja terdorong oleh pahat yang mungkin suatu saat (secara periodik) gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/roda gigi penggerak meja. Apabila sistem kompensasi " keterlambatan gerak balik" (*back lash compensator*) tidak begitu baik maka mengefrais turun dapat menimbulkan getaran bahkan kerusakan. Proses frais naik lebih banyak dipilih karena alasan diatas sehingga dinamakan cara konvensional. Akan tetapi, mengefrais naik akan mempercepat keausan pahat karena mata potong lebih banyak menggesek benda kerja yaitu pada saat mulai memotong (dimulai dengan ketebalan geram nol) dan selain itu permukaan benda akan lebih kasar. Dengan semakin baiknya konstruksi mesin maka mengefrais turun cenderung dipilih sebab lebih produktif dan lebih halus hasilnya. Karena pemotongan dimulai dengan ketebalan geram yang besar maka mengefrais turun tidak dianjurkan bila permukaan benda kerja terlalu keras (benda kerja hasil pengerolan panas dengan permukaan yang terlalu keras). Mengefrais naik atau turun memang perlu dipilih dengan benar dengan memperhatikan berbagai hal seperti yang disinggung diatas termasuk

analisis sistem pemotongan (kondisi benda kerja, lenturan dan cara pemegangan/pengekleman).

Pahat frais dengan diameter tertentu dipasangkan pada poros utama (*spindel*) mesin frais dengan perantaraan poros pernegang (untuk pahat frais selubung) atau langsung melalui hubungen poros dan lubang konis (untuk pahat frais muka yang muka yang mempunyai poros konis). Seperti halnya mesin bubut, putaran poros utama dapat dipilih sesuai dengan tingkatan putaran yang tersedia pada mesin frais. Posisi sumbu poros utama mesin ftreis dapat horizontal ataupun vertikal, tergantung pada jenis mesinnya, lihat gambar 2.2. Benda kerja yang dipasangkan pada meja dapat diatur kecepatan makannya tergantung pada harga gerak makan pergigi yang diinginkan. Besarnya kecepatan makan antara lain dipengaruhi oleh jumlah gigi pahat frais (z). Untuk kecepatan makan yang sama maka gerak makan pergigi (z) menjadi berlainan bila jumlah gigi berbeda. Kedalaman potong (a) diatur dengan cara menaikkan meja melalui roda pemutar untuk menggeserkan lutut pada tiang mesin frais.

Elemen-elemen dasar pada proses frais dapat ditentukan dengan memperhatikan gambar 2.4. Dalam hal ini rumus yang digunakan berlaku bagi kedua mengefrais, menge frais tegak atau mengefrais datar.

Benda kerja :

W = lebar pemotongan (mm)

$\ell_w$ = Panjang pemotongan (mm)

a = kedalaman potong (mm)

Pahat frais :

d = diameter luar (mm)

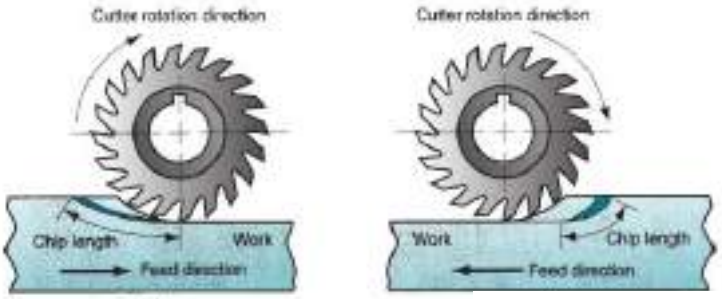
z = jumlah gigi (mata potong)

$k_r$ = Sudut potong utama ($^o$)

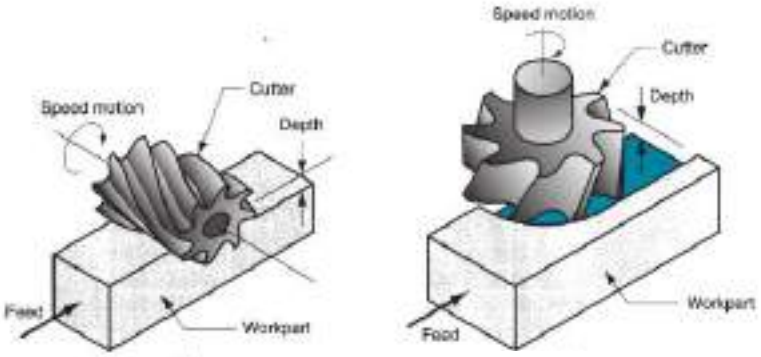
Mesin frais :

N = Putaran poros utama (rpm)

$V_f$ = Kecepatan makan (mm/menit)

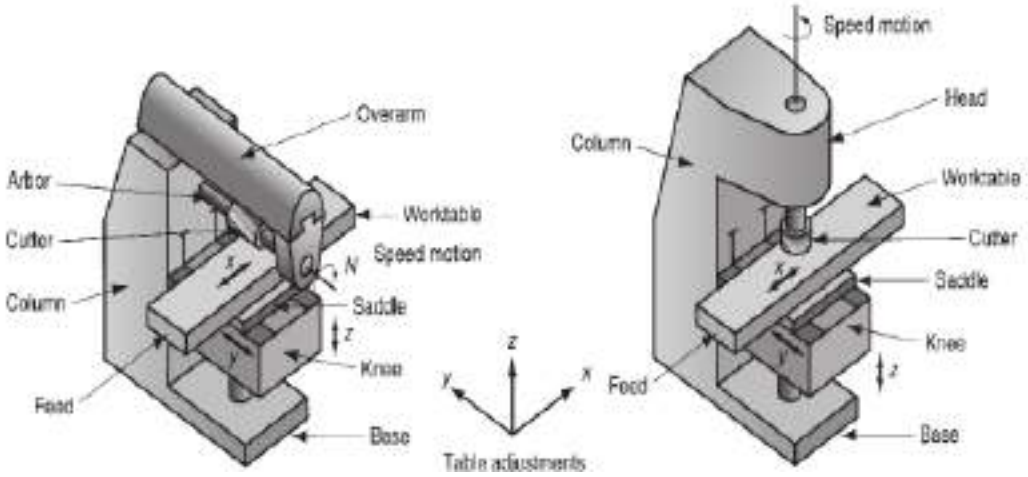



**Mengefrais naik** **Mengefrais Turun**

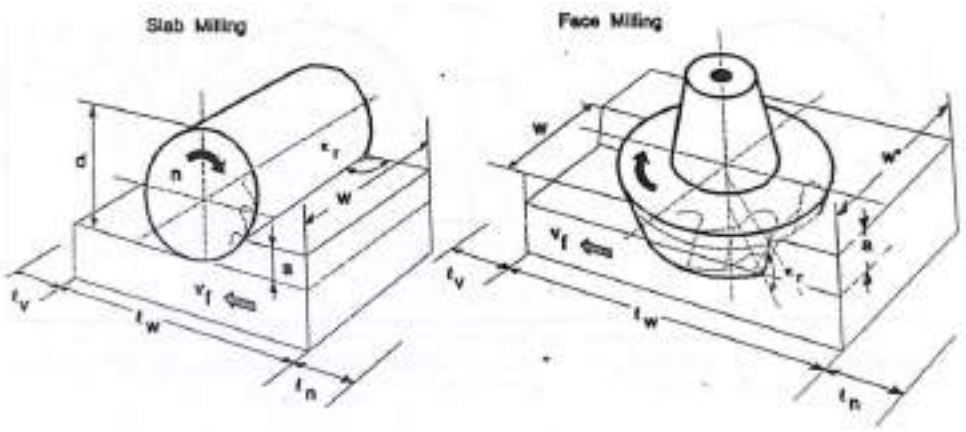



***Slab milling*** ***Face Milling***

Gambar 2. 4 Contoh jenis pahat frais dan proses frais
( Sumber gambar : MP Groover, 2009)




Gambar 2. 5 Mesin frais jenis lutut *(Knee Type Milling Machine)*
(Sumber Gambar : MP Groover, 2009)




Gambar 2. 6 Proses frais Datar (Slab *Milling*) dan frais Tegak (*Face Milling)* (Sumber gambar :MP Groover, 2009)

Elemen dasar proses frais adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan Potong : $Vc = \frac{\pi \, d \, n}{1000}$ m/min
2. Gerak makan pergigi : $f_z = V_f / (z\, n)$ mm/gigi
3. Waktu Potong : $t_c = \ell_t / v_f$ min

   Dimana, $\ell_t = \ell_v + \ell_w + \ell_n$ ; mm

   $\ell_v \geq \sqrt{a\,(d-a}$ ; untuk mengefrais datar

   $\ell_v \geq 0$ ; Untuk mengefrais tegak

   $\ell_n \geq 0$ ; Untuk mengefrais datar

   $\ell_n = d / 2$ ; Untuk mengefrais tegak
4. Kecepatan Penghasil geram : $Z = V_f \; a \; w / 1000$ ; $cm^3$/min (MP Groover, 2009)

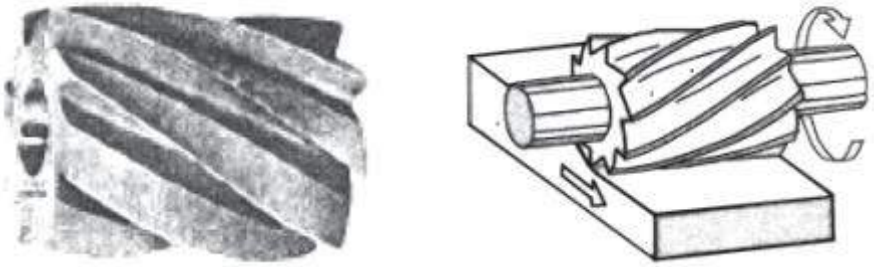
## 2.3 Alat-Alat Potong (*Cutter)* Mesin Frais

### 2.3.1 Jenis-Jenis Pisau Frais

Pisau mesin frais/cutter mesin frais baik horizontal maupun vertikal memiliki banyak sekali jenis dan bentuknya. Pemilihan pisau frais berdasarkan pada bentuk benda kerja, serta mudah atau kompleksnya benda kerja yang akan dibuat. Adapun jenis-jenis pisau frais, antara lain sebagai berikut:

1. Pisau Mantel *(Helical Milling Cutter)*

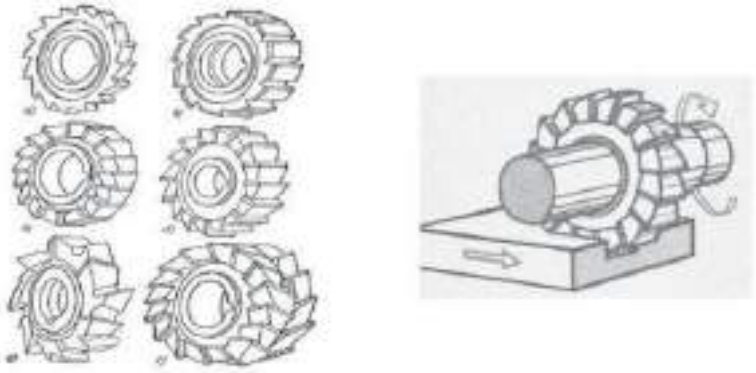
Pisau jenis ini dipakai pada mesin frais horizontal. Biasanya digunakan untuk pemakanan permukaan kasar *(Roughing)* dan lebar.



Gambar 2. 7 Pisau Mantel *(Helical Milling Cutter)*
(Sumber gambar: Sumbodo, 2006)

2. Pisau Alur *(Slot Milling Cutter)*

Pisau alur berfungsi untuk membuat alur pada bidang permukaan benda kerja. Jenis pisau ini ada beberapa macam yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan. Gambar 2.8 a dan Gambar 2.8 b menunjukkan jenis pisau alur mata sayat satu sisi, Gambar 2.8 c dan Gambar 2.8 d menunjukkan pisau alur dua mata sayat yaitu muka dan sisi, Gambar 2.8 e dan Gambar 2.8 f menunjukkan pisau alur dua mata sayat yaitu muka dan sisi dengan mata sayat silang.



Gambar 2. 8 Pisau Alur *(Slot Milling Cutter)* dan penggunaanya
(Sumber gambar :Sumbodo, 2006)

3. Pisau Frais Gigi *(Gear Cutter)*

Pisau frais gigi ini digunakan untuk membuat roda gigi sesuai jenis dan jumlah gigi yang diinginkan. Gambar 2.9 menunjukkan salah satu jenis *gear cutter*.

Gambar 2. 9 Pisau Frais Gigi *(Gear Cutter)*
(Sumber Gambar : Sumbodo, 2006)

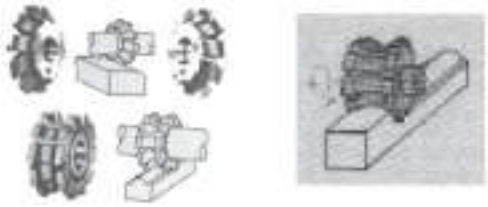
4. Pisau Frais Radius Cekung (*Convex Cutter*)

Pisau jenis ini digunakan untuk membuat benda kerja yang bentuknya memiliki radius dalam (cekung).

Gambar 2. 10 Pisau Frais Radius Cekung *(Convex Cutter)*
(Sumber gambar : Sumbodo, 2006)

5. Pisatu Frais Radius Cembung (*Concave Cutter*)

Pisau jenis ini digunakan untuk membuat benda kerja yang bentuknya memiliki radius dalam (cekung)



Gambar 2. 11 Pisatu Frais Radius Cembung *(Concave Cutter)*
(Sumber gambar : Sumbodo, 2006)

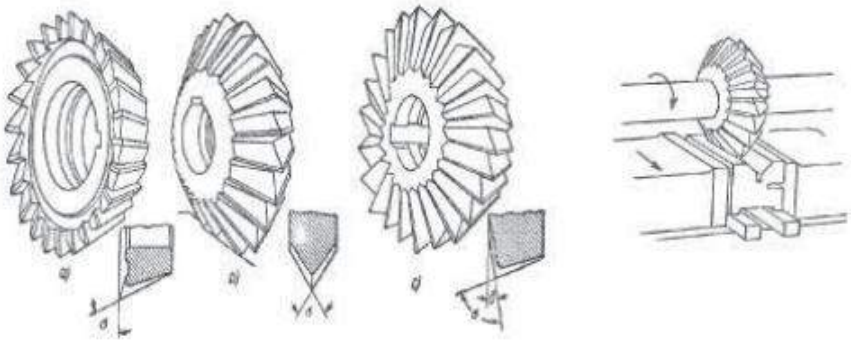
6. Pisau Frais Alur T *(T Slot Cutter)*

Pisau jenis ini hanya digunakan untuk membuat alur berbentuk"T" seperti halnya pada meja mesin frais.

Gambar 2. 12 (*T Slot Cutter*) (Sumber gambar : Sumbodo, 2006)

7. Pisau Frais Sudut

Pisau jenis ini digunakan untuk membuat alur berbentuk sudut yang hasilnya sesuai dengan sudut pisau yang digunakan. Pisau jenis ini memiliki sudut-sudut yang berbeda di antaranya: 30°, 45°, 50°, 60°, 70°, dan 80°. Gambar 2.13 a menunjukkan pisau satu sudut 60° *(angle cutter),* Gambar 2.13 b menunjukkan pisau dua sudut 45° x 45° *(double angle cutter),* Gambar 2.13c menunjukkan pisau dua sudut 30° x 60° *(double angle cutter).*

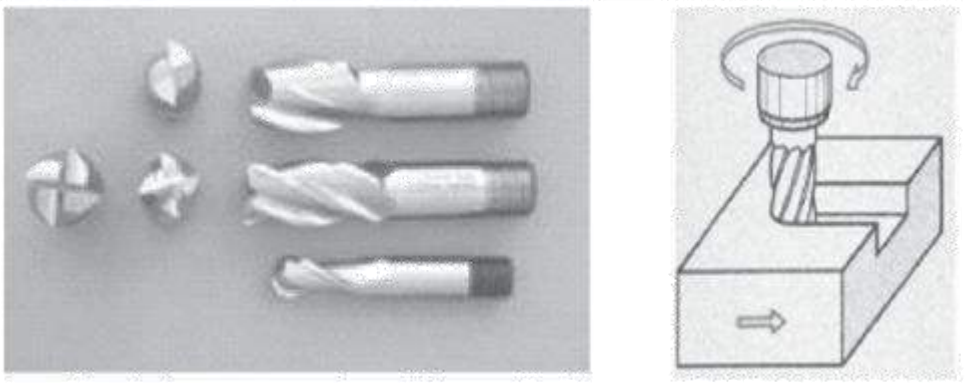


Gambar 2. 13 Pisau Frais Sudut (Sumber gambar: Sumbodo, 2006)

8. Pisau Jari *(Endmill Cutter)*

Ukuran pisau jenis ini sangat bervariasi mulai ukuran kecil sampai ukuran besar. *Cutter* ini biasanya dipakai untuk membuat alur pada bidang

datar atau pasak dan jenis pisau ini pada umumnya dipasang pada posisi tegak (mesin frais vertikal), namun pada kondisi tertentu dapat juga dipasang posisi horizontal yaitu langsung dipasang pada *spindle* mesin frais.



Gambar 2. 14 Pisau Jari *(Endmill Cutter)* (Sumber gambar :Sumbodo, 2006)

9. Pisau Frais Muka dan Sisi *(Shell Endmill Cutter)*

Jenis pisau ini memiliki mata sayat di muka dan di sisi, dapat digunakan untuk mengefrais bidang rata dan bertingkat. Gambar 2.12 menunjukkan pisau frais muka dan sisi.

Gambar 2. 15 Pisau Frais Muka dan Sisi (Shell Endmill Cutter) (Sumber gambar :Sumbodo, 2006)

10. Pisau Frais Pengasaran *(Heavy Duty Endmill Cutter)*

Pisau jenis ini mempunyai satu ciri khas yang berbeda dengan *cutter* yang lain. Pada sisinya berbentuk alur helik yang dapat digunakan untuk menyayat benda kerja dari sisi potong *cutter*, sehingga *cutter* ini mampu melakukan penyayatan yang cukup besar.

Gambar 2. 16 Pisau Frais Pengasaran *(Heavy Duty Endmill Cutter)*
(Sumber gambar : Sumbodo, 2006)

11. Pisau Frais Gergaji *(Slitting Saw)*

Gambar 2. 17 Pisau Frais Gergaji (Slitting Saw) (Sumber gambar: Sumbodo, 2006)

Pisau frais jenis ini digunakan untuk memotong atau membelah benda kerja. Selain itu, juga dapat digunakan untuk membuat alur yang memiliki ukuran lebar kecil. (Sumbodo, 2006)

### 2.3.2 Pahat dan Jenis-jenis material pahat

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 beban 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 karbon memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi, yaitu 0,7 % - 1,4 %. Unsur lain yang dimiliki pahat potong baja karbon adalah mangan (Mn) 2 %, Wolfram (W) 2 % dan Khrom (Cr) 2 %. Pahat potong baja karbon memiliki kecepatan potong sebesar 10 m/menit dan kekerasannya sebesar 500-1000 HV.

2. HSS *(High Speed Steels)*

   Pahat potong HSS memiliki kecepatan potong sebesar 20-30 m/menit. HSS ditemukan pada tahun 1898 dengan unsur paduan Chrom 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 HHS dan Karbida.

4. Karbida

   Jenis karbida yang disemen (*cemented Carbidees*) 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. Modelus Elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya (*density*, sekitar 2 kali baja). Skitar dua atau tiga kali konduktifitas pana HSS.

- Ada tiga jenis pahat karbida sisipan yaitu :

  1) Karbida *Tungsten* (WC + Co)

     Karbida tungsten murni ialah jenis yang yang paling sederhana dimana hanya terdiri atas dua elemen yaitu karbidda 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 menaikan daya tahan terhadap keausan kawah. Namun TiC membuat ketahanan terhadap deformasi plastis menurun.

     b. Karbida WC – TacC – TiC + Co adalah penambahan unsur tantalum untuk menguragi 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 TiC + Ni + Mo. *Nickel* dan *Molybdenum* disini berfungsi sebagai bahan pengikat menggantikan *Cobalt*. Kekerasannnya sangat tinggi (92,1- 93,5 RA), pahat ini hanya dipakai dalam operasi penghalusan.

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 menaikan 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 memesinan 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 1300$^{o}$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). (wibowo, 2016)

## 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. Kwalitas permukaan yang halus tidak hanya berkaitan terhadap toleransi dan istitika produk tetapi juga dapat memperpanjang umur pakai *(sevice life)* terutama untuk permukaan kontak dan saling bergesekan, hal ini menyebabkan para ahli teknik memberikan perhatian yang lebih terhadap kwalitas 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 (6). Amplas mempunyai unjuk kerja yang unik dengan menghasilkan kekasaran yang bervariasi dengan tersedia banyak tingkatan kekasaran yang susuai kekasaran permukaan yang dinginkan.

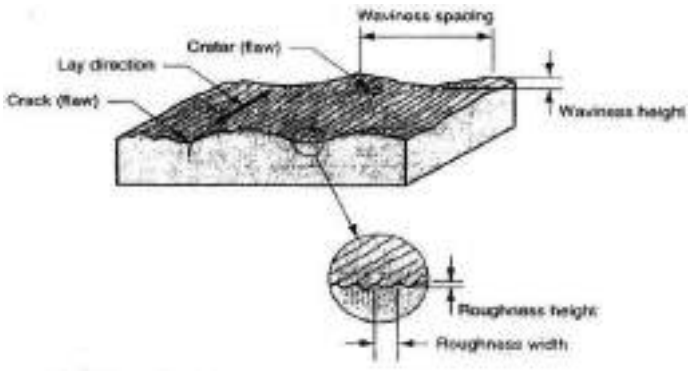
Tekstur permukaan seperti yang ditampilkan pada gambar 2.18 terdiri dari penyimpangan acak yang berulang pada permukaan normal dari suatu obyek permukaan. Kekasaran mengacu pada jarak penyimpangan dari

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.

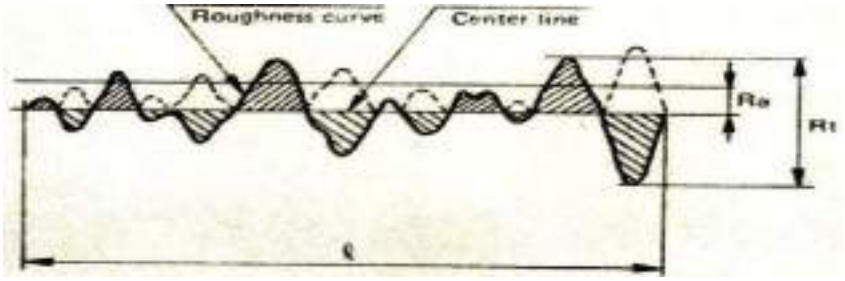
a. Penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata profil (Ra)

| | |
|---|---|
| Digital Implementation | Use a natural cubic spline to interpolate through the discrete data values.<br>For each sample length $i = 1, \ldots, CN$<br>Calculate $Ra_i = \frac{1}{l}\int_0^l \lvert Z(x)\rvert dx$<br>Calculate $Ra = \frac{1}{CN}\sum_{i=1}^{CN} Ra_i$ |

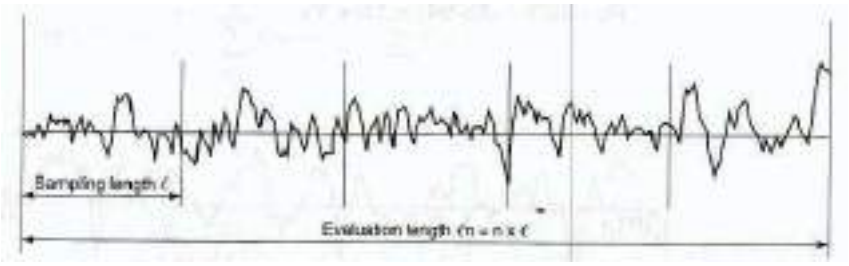
Gambar 2. 18 Rumus menghitung nilai kekasaran permukaan (Ra)
(Sumber: ISO 4287-1996)




Gambar 2. 19 *Surface Texture Features* (Sumber gambar: Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)




Gambar 2. 20 Kurva Kekasaran
(Sumber gambar: Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)




Gambar 2. 21 *Sample Length and Evaluation Length*
(Sumber Gambar: Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

b. *Hight of Rougness 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.
c. 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 ”*evalution length*”.

Gambar 2. 22 Menentukan Rz (JIS) Menggunakan Kurva Kekasaran
(Sumber : 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 kekasan 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 mekanaik 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.

Pada proses manufaktur menentukan permukaan akhir dan keutuhan permukaan. Beberapa proses sudah menjadi sifat dan kemampuan atas permukaan yang dihasilkan sebagaimana ditunjukan pada gambar 2.23 (Karmin, Ginting M and Yunus Moch, 2013)

| Process | Typecal Surface Finish | Range of Roughness, (um) | Process | Typecal Surface Finish | Range of Roughness, (um) |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 | Excelent | 0.05 – 0.5 |
| Sheet Metal draw | Good | 1 – 3 | Polishing | Excelent | 0.1 – 0.5 |
| Cold Extrusion | Good | 1 – 3 | Superfinishing | Excelent | 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. 23 Nilai Kekasaran Permukaan dihasilkan berbagai Proses Manufaktur (Sumber : 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* (Ra). merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara intemasional. didefinisikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata.

Gambar 2. 24 *Surface Roughness Tester*

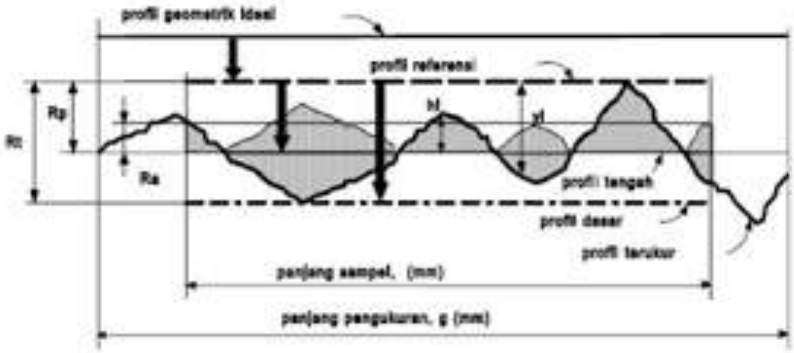
Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat *indicator* pengkur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan *mikroprocessor*. *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. Pada Gambar 2.25 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 acauan untuk menganalisa ketidakteraturan 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. 25 Bentuk Profil Kekasaran Permukaan (wibowo, 2016)

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

1. Kekasaran total *(Ra)* merupakan jarak antara garis referensi dengan garis alas.

2. Kekasaran perataan *(Rp)* merupakan jarak rata-rata antara garis referensi dengan garis terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmatik *(Ra)* 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 (Fe) 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.

Sifat sifat utama baja ialah 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 dihilangkan.
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 plastik (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.

Baja dapat diklasifikasikan dengan menurut kekuatan dan komposisinya, adapun klasifikasinya sebagai berikut :

1. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya : ST 37,ST 42,ST 50, dst. Standart DIN (jerman) ST X X kekuatan dalam kg/mm2 *steel* (baja). Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja ST 37 dengan kekuatan 37 kg/mm2
2. Menurut Komposisinya

   Merut komposisinya baja dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

   a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*): C ≤ 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 lainya, 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 tahan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, tetapi keuletanya lebih rendah. Baja karbon digunakan pembuatan kawat baja dan kabel baja.

2. Baja Paduan *(Alloy steel)*

   Baja paduan dapat disimpulkan sebagai suatu baja yang mengalami pencampur 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 keuletanya. 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 unsurunsur 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 S45C

Baja S45C adalah baja yang mempunyai kadar karbon sekitar 0,50%, dan tergolong baja karbon menengah, baja S45C banyak digunakan sebagai alat-alat perkakas, poros engkol dan roda gigi. Komposisi dari baja S 45C dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 2. 1 Komposisi kimia Baja S45C (Sumber : Hidayat dkk , 2018)

| **Unsur** | **Jumlah** |
|---|---|
| Carbon (C) | 0,42-0,50 % |
| Iron (Fe) | 97,74 % |
| Mangan (Mn) | 0,50-0,80 % |
| Fosfor (P) | 0,035 % |
| Sulfur (S) | 0,035% |

Baja S45C merupakan produk standarisasi dari jepang yang biasa disingkat JIS (*Japan Industrial Standart*). Baja S45C memiliki kandungan unsur utama berupa karbon (C) sebesar 0,50%, sulfur (S) sebesar 0,035%, mangan (Mn) sebesar 0,80%. Baja ini mempunyai sifat mampu untuk dilakukan proses perlakuan panas untuk dapat memperoleh sifat mekanis yang lebih baik. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai poros roda gigi, mata gergaji,mata silet dan bantalan.

Sifat mekanis (kekerasan) merupakan ketahanan dari suatu material terhadap deformasi ata perubahan bentuk yang tetap, kekerasan selalu berhubungan langsung dengan kekuatan oleh karena itu dalam pembahasan suatu material dengan angka maka akan tergambarkan bagaimana kekerasan pada material tersebut,untuk mengetahui kekerasan pada baja ada cara pengujian kekerasan yaitu uji kekerasan Vickers,Brinnel dan rockwell. (Hidayat, Hartono and Sujatmiko, 2016)

## 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 geram ($\lambda h$) 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 ($CCI_4$) pada daerah kontak (di daerah kontak mikro) dengan temperatur dan tekanan tinggi akan bereaksi dengan besi (benda kerja) membentuk FeS atau $FeCI_3$ pada batas butir sehingga mempermudah proses penggeseran metal menjadi geram.

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 berbagi 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 Phosporus. 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 sintetik *(semi-synthetic fluids*) adalah kombinasi antara minyak sintetik (A) dan soluble oil (B) dan memiliki karakteristik ke dua minyak pembentuknya. Harga dan untuk kerja penghantaran panasnya terletak antara dua buah cairan pembentuknya tersebut. Jenis cairan ini mempunyai karakteristik sebagai berikut:

   1. Kandungan minyaknya lebih sedikit (10% s.d 45% dari tipe B).
   2. Kandungan pengemulsinya (molekul penurun tegangan permukaan) lebih banyak dari tipe A.
   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 sintetik *(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 sintetik 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 akan berfungsi dengan baik jika cairan ini diarahkan dan dijaga alirannya pada daerah pembentukan geram. 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. Cara pengaplikasian cairan pendingin yang biasa digunakan adalah 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 penetesan 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 .

Gambar 2. 26 Pemberian cairan pendingin dengan cara menyiramkan pada benda kerja (sumber gambar: Widarto, 2008)

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.

Gambar 2. 27 Cara pendinginan dengan cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan pada proses pembuatan lubang
(Sumber : Widiarto 2008)

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 menyemprot keluar. Pemakaian cairan pendingin dengan cara dikabutkan dimaksudkan untuk memanfaatkan daya pendinginan karena penguapan. (Widarto, 2008)

Gambar 2. 28 Pemberian cairan pendingin dengan cara mengabutkan cairan pendingin (Sumber: Widiarto 2008)

### 2.6.3 Pengaruh Cairan Pendingin pada Proses Pemesinan

Cairan pendingin pada proses pemesinan memiliki beberapa fungsi sebagai berikut:

a. Melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah.
b. Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi.
c. Membuang beram dari daerah pemotongan.
d. Melindungi permukaan yang disayat dari korosi.
e. 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) pada beberapa kasus.
- Membantu membuang/membersihkan beram

Gambar 2. 29 Beram hasil pemotongan tersingkir karena ada aliran cairan pendingin sehingga memudahkan dalam penanganan/pembersihannya (Sumber: Widarto, 2008)

### 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)*

### 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. 30 Peralatan centrifuging untuk cairan pendingin
(Sumber gambar: 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 sepert 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 menyenangi 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 menggangu 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. Penelitian yang dilakukan oleh Andika Heri Wibowo, 2016 dari UNNES (Universitas Negeri Semarang) dengan Judul "Analisis Pengaruh *Feeding* Pada Proses *Milling Surface Finish* Terhadap tingkat Kekasaran Permukaan Baja Karbon Rendah". Penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh ketebalan pemakanan dalam proses *milling/Frais* dengan menggunakan metode *End mill*. Adpun variabel bebas yang digunakan dalam penelitiannya adalah pemakan dengan variasi ketebalan pemakanan 0,05 mm, 0,10 mm, dan 0,15 mm. untuk selanjutnya di ukur nilai kekasaran permukaan hasil proses pemakanan tersebut menggunakan *surface roughness tester* TR 100, dan selanjutnya di dapatlah hasil pemakanan 0,05 mm menghasilakn nilai kekasaran rata-rata 1,55 μm, pemakanan 0,10 mm menghasilkan nilai rata-rata kekasaran 1,90 μm, dan pemakanan 0,15 mm menghasilkan nilai rata-rata kekasaran 4,31 μm. Hingga dapat disimpulkan ketebalan pemakanan pada proses *milling/Frais* berbading lurus terhadap tingkat kekasaran permukaan, semakin tebal pemakanan maka semakin besar pula nilai hasil tes kekasarannya. (wibowo, 2016)

2. Jurnal dari Arya Rudi1, Affandi1 ,dan Z. Fuadi2. 2020 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang berjudul "Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses *Face Milling* ". Penelitian ini berfokus pada Cairan pendingin yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas benda kerja. Pemilihan cairan pendingin berguna untuk menurunkan kekasaran permukaan benda kerja. Selain itu, cairan pendingin harus mudah mengalir mudah terurai di lingkungan sehingga lingkungan tidak tercemar. Contoh minyak kelapa adalah minyak yang dapat terdegradasi di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh minyak kelapa untuk

mendinginkan kekasaran permukaan yang diperoleh selama proses face *Milling*. Di uji eksperimental, mesin penggilingan konvensional digunakan dan uji penggilingan dilakukan pada berbagai parameter pemesinan yaitu kecepatan putaran spindel 360 dan 490 rpm, kecepatan makan adalah 60 mm/menit dan 70 mm/menit. Berdasarkan hasil, permukaan spindle kecepatan putaran 360 rpm dan kecepatan pengumpanan 60 mm/menit lebih kasar dibandingkan kecepatan putar pada spindle kecepatan putar 360 rpm dan kecepatan feeding 70 mm/menit. Selain itu, kekasaran permukaan untuk kecepatan putaran spindel 490 rpm dan kecepatan feeding 60 mm/menit juga lebih kasar dari satu dalam spindel 490 rpm dan 70 mm/menit. (Rudi, 2020).

3. Penelitian yang dilakuan oleh Dedi Pirnando dari skripsinya di Universitas IBA tahun 2024 yang meneliti tentang "Analisa Pengaruh Jarak Permukaan Potong Dengan Pencekaman dan penambahan massa terhadap kekasaran permukaan Hasil Proses Frais". Dalam penelitiannya menitikberatkan proses permesianan Mesin Frais Vertikal menggunakan pahat *end mill* dengan bebarapa varisi pancang benda kerja, menggunakan batalan saat pencekaman dan tanpa menggunakan bantalan saat pencekaman benda kerja, serta penambahan massa benda kerja . Pada penelitian ini menggunakan Cairan pendingin 1 : 10. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, semakin jauh pencekaman benda kerja makan semakin besar nilai kekasaran (Ra) yang di dapat, begitu juga sebaliknya semakain kecil jarak pencekaman benda kerja makan menghasilkan nilai Ra yang kecil pula, penambahan bobot benda kerja juga dapat memperkecil (memperhalus) permukaan hasil permesian *Frais* benda kerja tersebut. (Pirnando, 2024)
4. Jurnal dari Arif Afriansyah dan Muhammad tahun 2021(Universitas Sriwijaya) Yanis Kekasaaran permukaan merupakan salah satu kriteria penentuan kualitas pemesinan. Parameter ini di pengaruhi oleh parameter pemesinan seperti kecepatan potong (Vc), gerak makan pergigi (fz) dan kedalaman makan radial (ar). Material diproses dengan side *Milling* dengan

arah makan *down milling*. Hasil proses *Milling* diukur dengan surface roughness taster dan nilai roughness *average (Ra)* sebagai nilai kekasaran permukaan. Prediksi kekasaran permukaan menggunakan *metode Response Surface Methodology (RSM)*. RSM dipilih sebagai metode pendekatan kuantitatif berdasarkan eksperimental dan pemodelan. Jumlah pengambilan data dalam penelitian ini sebanyak 16 data eksperimen untuk 3 parameter pemesinan. Pemodelan kekasaran permukaan pemesinan *Milling* S45C dengan metode RSM pada pemodelan Quadratic menunjukan hasil model yang signifikan. Dengan nilai F-Value sebesar 5,61 dan P-Value sebesar 0,0241. P-Value <0,05 memperlihatkan bahwa model signifikan. Nilai *mean square error* rata-rata dalam penelitian ini juga menunjukkan hasil yang baik yaitu sebesar 0,0091 dan error rata-rata sebesar 0,122%. Pengaruh kecepatan potong pada kekasaran permukaan yaitu makin tinggi kecepatan potong maka akan mendapatkan nilai kekasaran yang lebih halus. Semakin tinggi nilai gerak makan pergigi dan kedalaman makan radial maka akan semakin kasar nilai kekasaran yang terjadi. (Afriansyah, 2021)

# BAB III
# METODELOGI PENELITIAN

## 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodelogi eksperimental yaitu dengan mengumpulkan data hasil percobaan dengan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol hingga mendapatkan suatu kesimpulan.

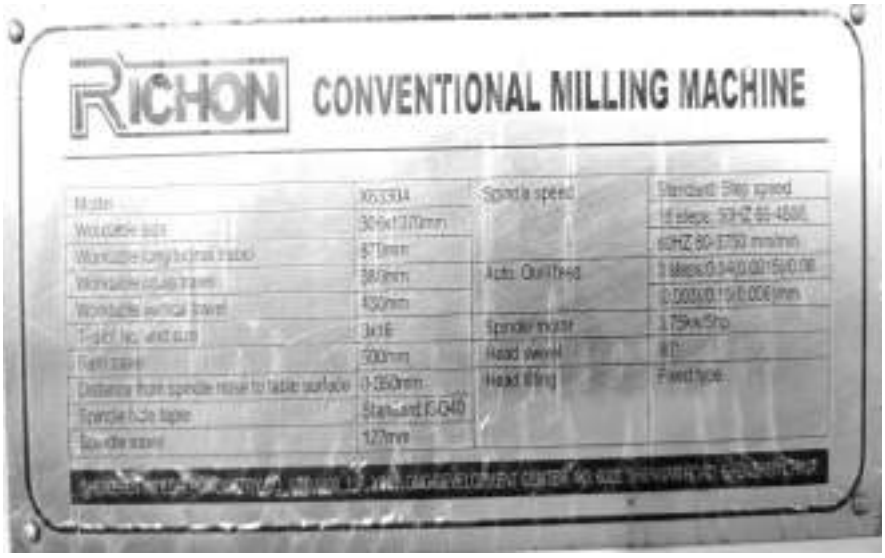
## 3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

Adapun alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin CNC Frais (*Milling*) Vertikal

Gambar 3. 1 Mesin *Milling*/Frais

Pada penelitian ini menggunakan mesin CNC *Milling* merk Richon yang berada di Laboratorium Teknik Mesin SMK PGRI 2 Palembang.




Gambar 3. 2 Spesifikasi Mesin CNC *Milling* merk Richon

2. Pahat

   Pahat *Face milling* dengan pahat *Carbide* insert AMPT Ø30 mm dengan 3 mata potong (3 *Flute)*

Gambar 3. 3 Pahat *Carbide*

Gambar 3. 4 Insert *Milling*

3. Baja S45C

Baja S45C adalah baja yang mempunyai kadar karbon sekitar 0,50%, dan tergolong baja karbon menengah, baja S45C banyak tergantung pada kadar karbon yang dimiliki yang mana karbon itu sendiri merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan baja itu sendiri.Dilihat dari kadar karbonnya baja dapat digunakan sebagai alat-alat perkakas, poros engkol dan roda gigi.

Tabel 3. 1 Komposisi baja S45C
(Sumber : Hidayat, Hartono and Sujatmiko, 2016)

| **Unsur** | **Jumlah** |
|---|---|
| Carbon (C) | 0,42-0,50 % |
| Iron (Fe) | 97,74 % |
| Mangan (Mn) | 0,50-0,80 % |
| Fosfor (P) | 0,035 % |
| Sulfur (S) | 0,035% |

Gambar 3. 5 Baja S45C

4. Jangka Sorong

Jangka Sorong Berfungsi untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi benda kerja

5. *Surfase Roughness Tester*

   *Surface Roughness Tester* berfungsi untuk mengukur nilai kekasaran permukaan benda logam

Gambar 3. 6 *Surface Raoughness tester*

6. Cairan Pendingin

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

Gambar 3. 7 Cairan Pendingin

7. Akrilik lembaran

   Akrilik lembaran yang dugunakan ukuran A5 (14,8x20 cm) untuk membuat penampung cairan pendingin pada proses Frais dengan metode benda kerja dan pahat direndam dengan cairan pendingin.

8. Pompa *Submersible* (Pompa Celup)

Gambar 3. 8 Pompa Celup (*Submersible***)**

Sepesifikasi Mesin

- Merk : Kandila
- Model : KD-PSP-2200
- Frekuensi : 50 Hz
- Power : 15 Watt
- H. Max : 1,8 meter
- F.max : 1500 liter/jam
- Dimensi : 10 x 8 x 10 cm (p x l x t)

9. Alat-alat pendukung lainnya seperti, Kunci chuk, palu karet, spidol *white marker,* mistar baja, mistar siku dan lain-lain

## 3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan tiga jenis *variable* sebagai berikut:

1. Variabel Terkontrol / Terkendali

   Proses frais muka menggunakan mesin frais vertikal dengan pahat *Carbide* Ø30 mm dengan 3 *Flute* dan material kerja S45C yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin SMK PGRI 2 Palembang.

2. Variabel Terikat

   Nilai kekasaran permukaan Ra (µm)

3. Variabel Bebas

   Metode pemberian cairan pendingin dilakukan dengan cara direndam, disemprot secara kontinu menggunakan pompa, disemprot manual menggunkan botol minuman yang dilobangi,tanpa cairan pendingin, variasi komposisi emulsi cairan pendingin dan air (1:20, 1:30 dan 1:40)

## 3.4 Prosedur Penelitian

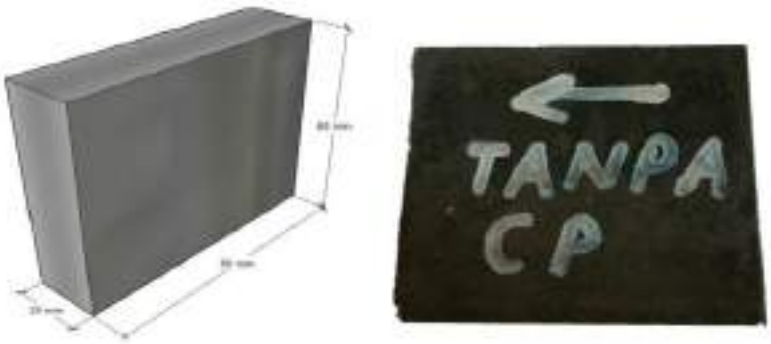
### 3.4.1 Pemeriksaan Awal

Tahap pemeriksaan awal meliputi kegiatan berikut ini :

a. Pemeriksaan benda kerja S45C.
b. Pemeriksaan mesin Frais*/Milling*.
c. Pemeriksaan alat-alat ukur,(jangka sorong/ mistar baja).
d. Pemeriksaan pahat *Insert Milling* jenis *Carbide* denga 3 *flute*
e. Pemeriksaan peralatan pendukung lainnya

### 3.4.2 Memotong dan mempersiapkan spesimen

Spesimen yang digunakan adalah Baja S45C dengan dimensi 20 x 65 x 80 mm. pastikan ukuran sesuai dengan toleransi ± 2 mm dan berikan tanda untuk membedakan perlakuan pada setiap spesiamen dan buat arah pemakanan.



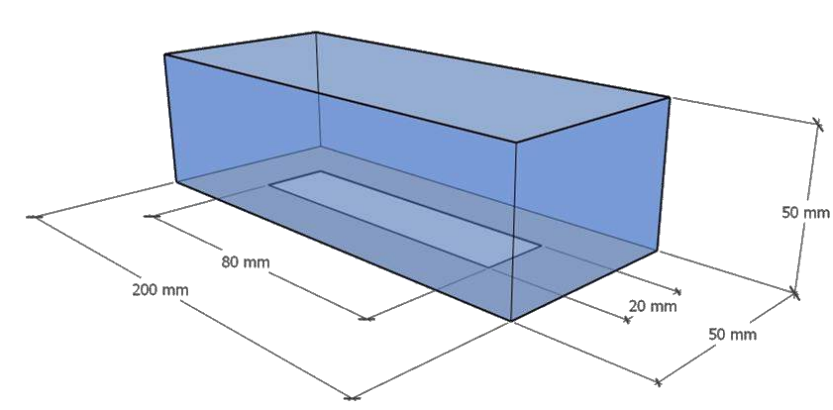

Gambar 3. 9 Potongan Spesimen (Benda Kerja)

### 3.4.3Persiapan Cairan Pendingin

Cairan pendingin yang digunakan dalam penelitian ini dalah campuran *cutting oil* dan air 1: 20, 1:30 dan 1:40

### 3.4.4 Membuat penampung cairan pendingin untuk variasi direndam

Pembuatan penampung cairan mendingin menggunakan akrilik bening dengan cara membentuknya sepetri balok dan direkatkan dengan lem silicon silicon dengan ukuran 180 x 50 x 40 cm. sepeti gambar berikut ini.




Gambar 3. 10 Penampung air saat variasi pngefraisan dengan cara di rendam

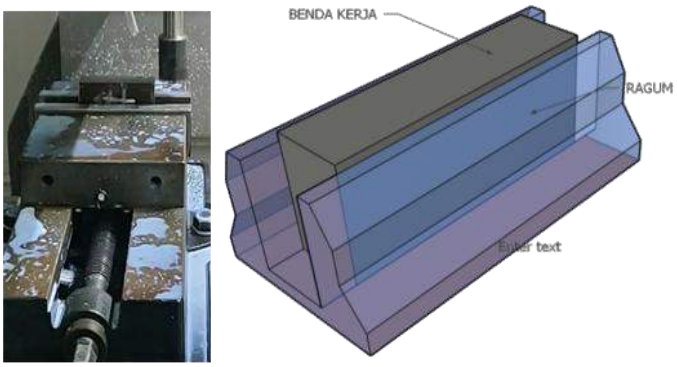
### 3.4.5 Pengecekan Debit Pompa

Pada dasarnya debit pompa semstinya mengikuti apa yang ada pada spesifikasi yang tertera pada kemasan pompa yaitu 1500 l/h, namun untuk memastikan lagi debit diukur dengan cara menyalakan pompa selama 1 menit, selanjutnya ukur cairan yang tersedot dengan gelas ukur, sehingga dapat nilai liter/ menitnya (Q) kemudian dikalikan 60 untuk mendapatkan nilai debit liter/ jam. Dari hasil pengukuran didapat 2,75 liter/menit = 175 liter /jam.

### 3.4.6 Proses Pengefraisan

Proses pengefraisan dilakukan dengan berbagai variasi, baik dari variasi metode pemberian cairan pendinginnya maupun variasi emulsi cairan pendinginnya. Adapun langkah-langkah dalam proses pengefraisan ini adalah:

1. Pasang benda kerja deangan posisi tegak dan cekam erat pada ragum mesin frais, dan pastikan permukaanya sudah rata. Tandai arah pemakanan untuk mempermudah identifikasi posisi pencatatan.




Gambar 3. 11 Benda kerja yang dicekam ragum

2. Lakukan perhitungan parameter permesianan

   Dengan asumsi perhitungan:

   - Kecepatan putaran mesin

$$N = \frac{1000\ V_c}{\pi\ d}$$

   Diamana $V_c$ = 100 mm/menit

   D = 30 mm (diamer pahat)

$$N = \frac{1000.100}{3{,}14\ .30} = \frac{100000}{94{,}2} = 1061\ rpm\ \approx 1000\ rpm$$

   - Kecepatan potong mesin yang digunakan adalah :

     V$f$ = *Z x N x fz* ……..mm/menit

     Dimana $Z$ = Jumlah gigi ; 3 gigi

     *Fz* = Pemakanan / gigi ; 0,03 mm/gigi

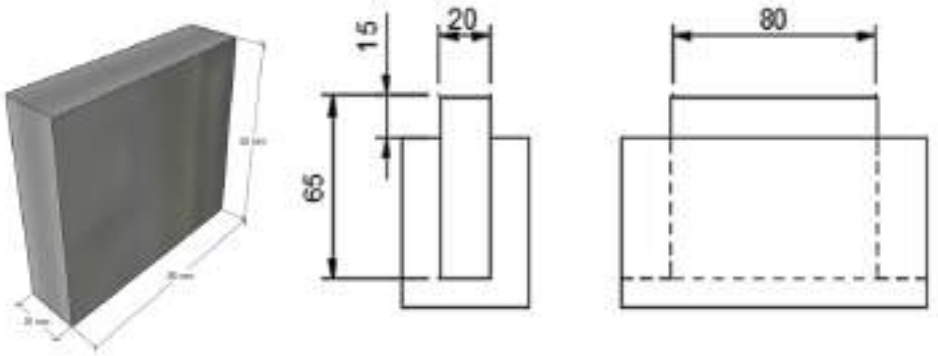
     V$f$ = *3 x 1000 x 0,03 = 90* mm/menit

   - Karena ini merupakan pemakanan *finishing*, maka dilakukan pemakanan dengan kedalaman a = 0,5 mm sebanak satu kali.

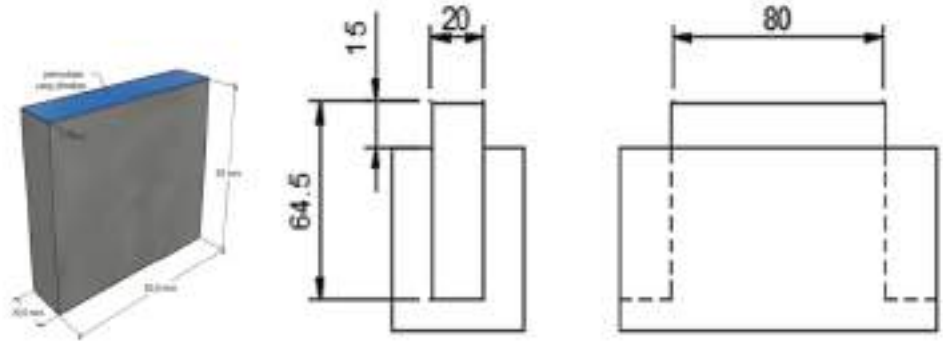
3. Pasang pahat dengan kecang dan pasikan semua mata insert terpasang dengan dalam kondisi yang baik.

Gambar 3. 12 Pahat terpasang pada mesin frais

4. Lakukan pemakanan pengefraisan benda kerja dengan variasi yang ditentukan sebanyak 1 kali dengan kedalaman makan 0,5 mm.



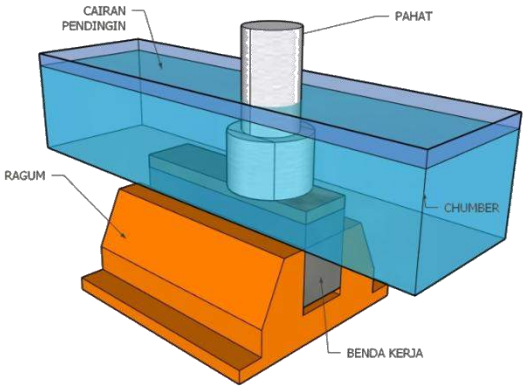

Gambar 3. 13 Sebelum pengefraisan




Gambar 3. 14 Setelah pengefraisan

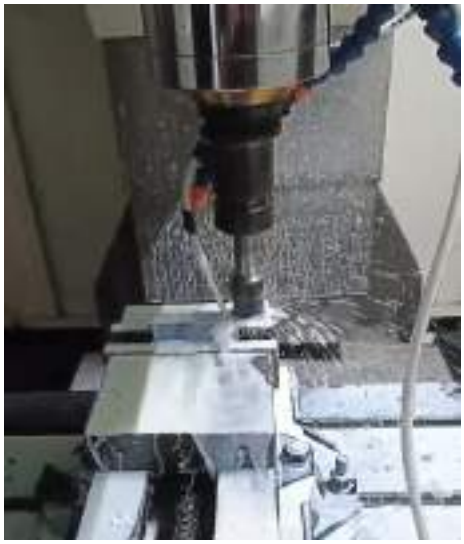
Adapun variasi proses frasis yang diteliti adalah sebagai berikut :

1) Benda Kerja dan Pahat direndam dengan cairan pendingin dengan komposisi emulsi cairan pendingin 1: 20, 1:30, dan 1:40 pada saat proses pengefraisan.




Gambar 3. 15 proses frais dengan cara benda kerja dan pahat direndam dengan cairan pendingin

2) Benda kerja disemprot *continue* menggunakan pompa cairan pendingin dengan komposisi emulsi cairan pendingin 1:20, 1:30, dan 1:40 pada saat proses pengefraisan.



Gambar 3. 16 Disemprot *continue* dengan cairan pendingin

3) Benda kerja disemprot dengan cairan pendingin secara manual menggunakan botol yang dilobangi, dengan komposisi emulsi cairan pendingin 1:20, 1:30, dan 1:40 pada saat pengefraisan.

Gambar 3. 17 Disemprot manual dengan cairan pendingin

4) Tanpa cairan pendingin

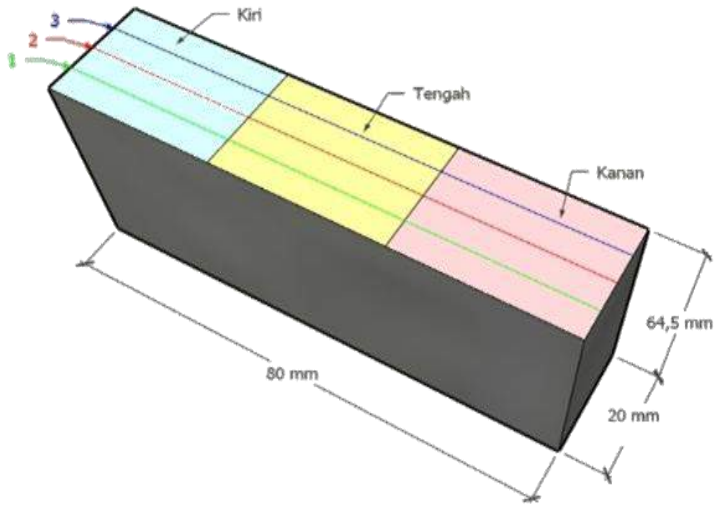
Gambar 3. 18 Tanpa cairan pendingin

Catatan : Setiap pengantin benda kerja selalu lakuan penggantian mata pahat yang dugunakan

### 3.4.7 Pengambilan Nilai Kekasaran Permukaan (Ra)

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

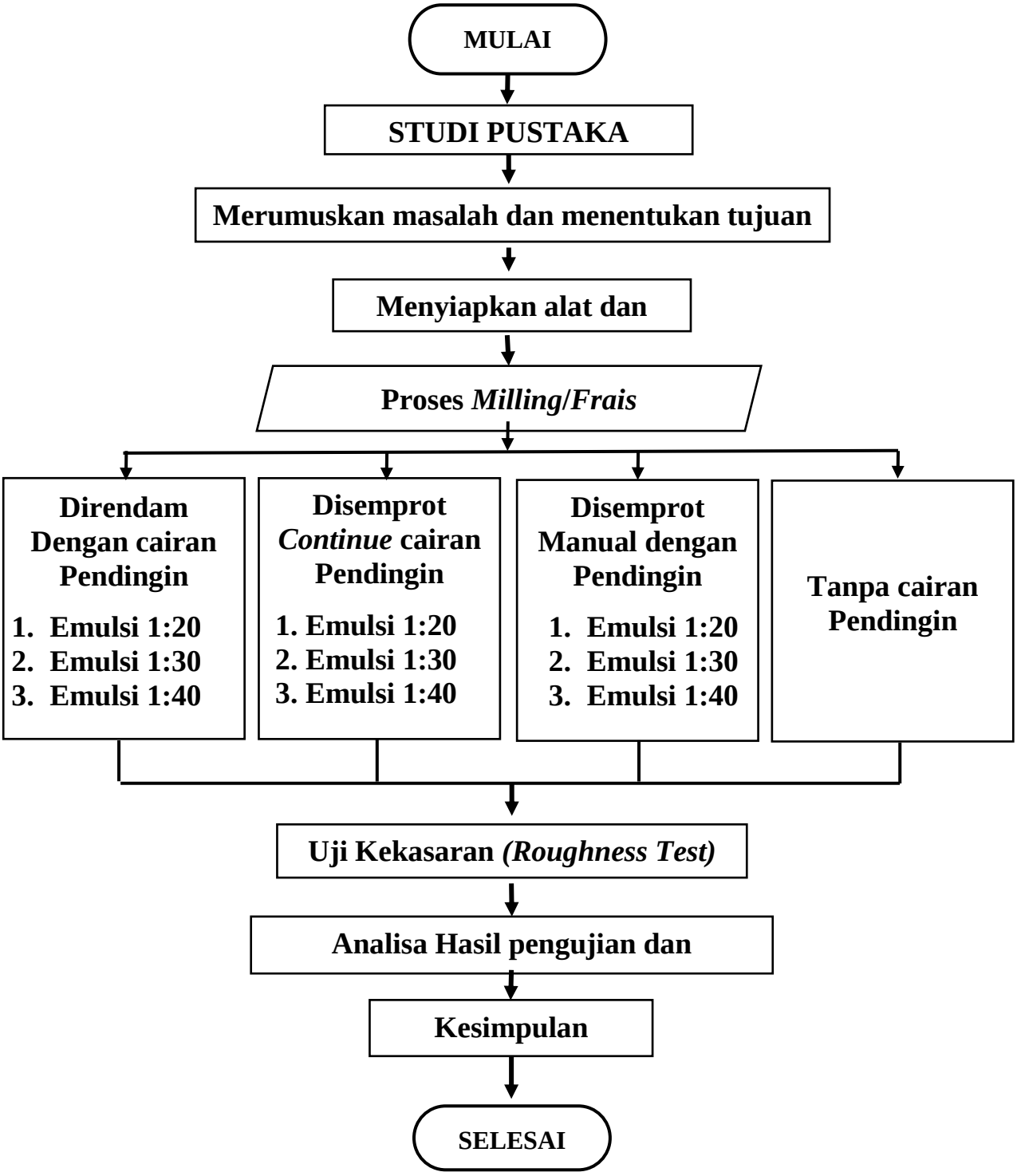
1. Menyiapkan surfcorder unit yang meliputi pick-up (FU-A2), drive unit (DR-30X31, amplifier (AS-1700) dan chart papersetting.
2. Memasang stylus arm (AA5) pada *pick- up body*.
3. Memasang *pick-up body* pada *drive* unit.
4. Menghubungkan *drive unit* ke *amplify*
5. Kalibrasi alat
6. Melakukan pengujian kekasaran secara berulang dan catat hasil pengujian.
7. Ambil data dengan cara melakukan pengujian ada 3 posisi bagian kanan, 3 posisi di bagian tengah, 3 posisi di bagian kiri seperti gambar berikut :




Gambar 3. 19 posisi pengembilan data kekasaran permukaan (9 posisi)

### 3.5 Diagram Alir

Dalam penelitian ini penulis akan melakukan beberapa proses dan tahapan untuk mendapatkan data yang di inginkan, adapun langkah-langkah yang dilaukan dijalaskan pada diagram dibawah ini.



# BAB IV
# PENGOLAHAN DATA

## 4.1 Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekasaran Permukaan

Pengolahan data ini dilakukan dengan cara menghitung nilai kekasaran rata-rata dari setiap titik hasil uji meliput:

1. Rata-rata hasil pengujian pada tiga titik bagian kanan/awal, Tengah, Kiri/Akhir ($\overline{\boldsymbol{Ra}}$)

| NO | Variasi Pemberian Cairan Pendingin | Komposisi Emulsi Cairan Pendingin | Posisi pengambilan data Kekasaran | Nilai Uji Kekasaran Ra (µm) 1 | 2 | 3 | $\overline{Ra}$ | $\overline{\overline{Ra}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Direndam dengan Cairan Pendingin | 1:20 | Kanan | 0.244 | 0.279 | 0.282 | | |
| | | | Tengah | 0.277 | 0.329 | 0.378 | | |
| | | | Kiri | 0.351 | 0.390 | 0.380 | | |

Gambar 4. 1 Sampel perhitungan rata-rata hasil pengujian

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

$$\overline{\boldsymbol{Ra}}_{\boldsymbol{Kanan}} = \frac{0{,}244 + 0{,}279 + 0{,}282}{3} = \frac{0{,}805}{3} = \mathbf{0{,}268}$$

Namun untuk perhitungan yang lebih efektif tepat, cepat dan akurat dilakukan menggunakan aplikasi excel. kemudian lakukan hal yang sama pada data-data yang lainnya.

2. Kemudian hitung nilai ($\overline{\overline{\boldsymbol{Ra}}}$) dari $\overline{\boldsymbol{Ra}}_{\boldsymbol{Kanan}}$, $\overline{\boldsymbol{Ra}}_{\boldsymbol{Tengah}}$, $\overline{\boldsymbol{Ra}}_{\boldsymbol{Kiri}}$

| NO | Variasi Pemberian Cairan Pendingin | Komposisi Emulsi Cairan Pendingin | Posisi pengambilan data Kekasaran | Nilai Uji Kekasaran Ra (µm) 1 | 2 | 3 | $\overline{Ra}$ | $\overline{\overline{Ra}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Direndam dengan Cairan Pendingin | 1:20 | Kanan | 0.244 | 0.279 | 0.282 | 0.268 | |
| | | | Tengah | 0.277 | 0.329 | 0.378 | 0.328 | |
| | | | Kiri | 0.351 | 0.390 | 0.380 | 0.374 | |

Gambar 4. 2 Sampel perhitungan rata-rata hasil pengujian ($\overline{\overline{\boldsymbol{Ra}}}$)

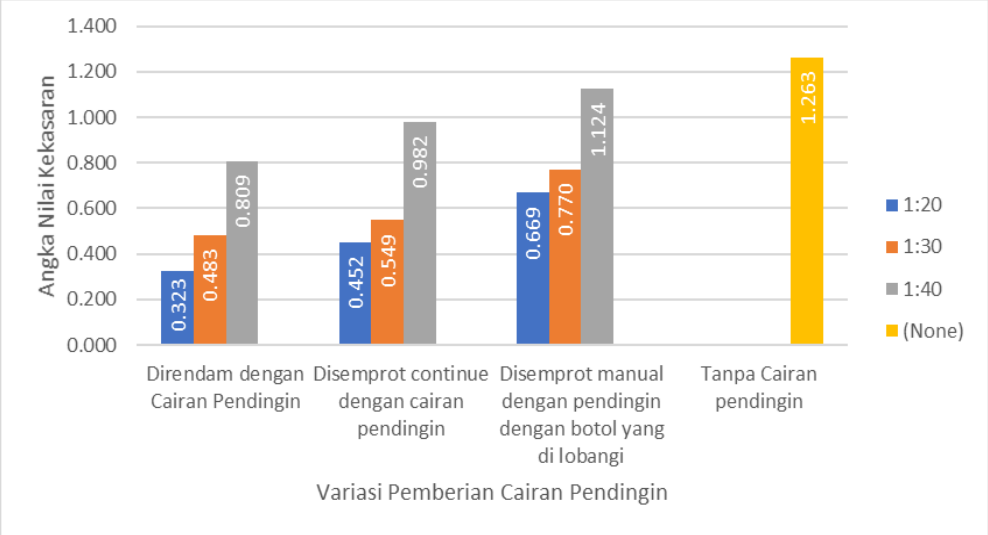
$$(\overline{\overline{\boldsymbol{Ra}}}) = \frac{Ra_{Kanan} + Ra_{Tengah} + Ra_{Kiri}}{3}$$

$$(\overline{\overline{\boldsymbol{Ra}}}) = \frac{0{,}268 + 0{,}328 + 0{,}374}{3}$$

$$= \frac{0{,}970}{3} = \mathbf{0,323}$$

Namun untuk perhitungan yang lebih efektif tepat, cepat dan akurat dilakukan menggunakan aplikasi kemudian lakukan hal yang sama pada data-data yang lainnya.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus di atas, didapatlah nilai rata-rata kekasaran permukaan pada setiap spesimen penelitian yang kemudian dituangkan pada sebuah table hasil penelitian dan grafik yang dapat mempermudah pembacaan hasil dari penelitian ini. Dengan demikian kita dapat mengabil kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian ini.




Gambar 4. 3 Grafik hasil pengujian

## 4.2 Tabel Hasil Pengujian

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian

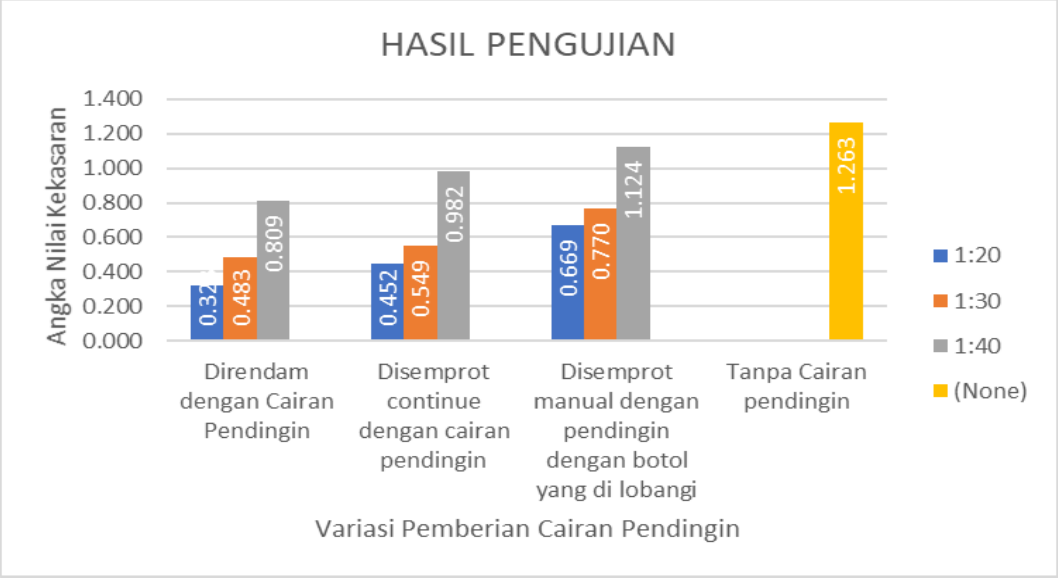
| NO | Variasi Pemberian Cairan Pendingin | Komposisi Emulsi Cairan Pendingin | Posisi pengambilan data Kekasaran | Nilai Uji Kekasaran Ra (µm) | | | $\overline{Ra}$ | $\overline{\overline{Ra}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | Direndam dengan Cairan Pendingin | 1:20 | Kanan | 0.244 | 0.279 | 0.282 | 0.268 | 0.323 |
| | | | Tengah | 0.277 | 0.329 | 0.378 | 0.328 | |
| | | | Kiri | 0.351 | 0.390 | 0.380 | 0.374 | |
| | | 1:30 | Kanan | 0.483 | 0.300 | 0.318 | 0.367 | 0.483 |
| | | | Tengah | 0.545 | 0.562 | 0.619 | 0.575 | |
| | | | Kiri | 0.467 | 0.590 | 0.460 | 0.506 | |
| | | 1:40 | Kanan | 0.715 | 0.869 | 0.613 | 0.732 | 0.809 |
| | | | Tengah | 0.823 | 0.940 | 0.795 | 0.853 | |
| | | | Kiri | 0.910 | 0.708 | 0.905 | 0.841 | |
| 2 | Disemprot *continue* dengan cairan pendingin | 1:20 | Kanan | 0.318 | 0.322 | 0.317 | 0.319 | 0.452 |
| | | | Tengah | 0.415 | 0.440 | 0.579 | 0.478 | |
| | | | Kiri | 0.555 | 0.512 | 0.606 | 0.558 | |
| | | 1:30 | Kanan | 0.538 | 0.382 | 0.567 | 0.496 | 0.549 |
| | | | Tengah | 0.658 | 0.554 | 0.418 | 0.543 | |
| | | | Kiri | 0.701 | 0.603 | 0.519 | 0.608 | |
| | | 1:40 | Kanan | 1.093 | 0.929 | 0.865 | 0.962 | 0.982 |
| | | | Tengah | 1.156 | 0.933 | 0.958 | 1.016 | |
| | | | Kiri | 0.929 | 0.996 | 0.976 | 0.967 | |
| 3 | Disemprot manual dengan pendingin dengan botol yang di lobangi | 1:20 | Kanan | 0.737 | 0.589 | 0.636 | 0.654 | 0.669 |
| | | | Tengah | 0.598 | 0.532 | 0.729 | 0.620 | |
| | | | Kiri | 0.796 | 0.685 | 0.718 | 0.733 | |
| | | 1:30 | Kanan | 0.505 | 0.550 | 0.613 | 0.556 | 0.770 |
| | | | Tengah | 0.850 | 0.780 | 0.619 | 0.750 | |
| | | | Kiri | 1.035 | 0.991 | 0.987 | 1.004 | |
| | | 1:40 | Kanan | 1.077 | 1.255 | 1.093 | 1.142 | 1.124 |
| | | | Tengah | 0.960 | 0.931 | 1.113 | 1.001 | |
| | | | Kiri | 1.141 | 1.255 | 1.293 | 1.230 | |
| 4 | Tanpa cairan pendingin | | Kanan | 1.131 | 0.933 | 1.083 | 1.049 | 1.263 |
| | | | Tengah | 1.300 | 1.361 | 1.443 | 1.368 | |
| | | | Kiri | 1.233 | 1.430 | 1.453 | 1.372 | |

# BAB V
# PEMBAHASAN

Adapun dalam pembahasan ini akan membahas hasil dari pengujian yang disimpulkan dari nilai rata-rata hasil pengujian yang menggambarkan hasil pengujian kekasaran permukaan berdasarkan 10 (sepuluh) spesimen dengan metode pemberian cairan pendingin dan konsentrasi emulsi *cutting oil* yang berbeda pula.

Dilihat dari variasi metode pemberian cairan pendingin dan variasi konsentrasi emulsi cairan pendingin (*cutting oil*) yang digambarkan pada table dan grafik berikut ini:

| | Direndam dengan Cairan Pendingin Ra (µm) | Disemprot continue dengan cairan pendingin Ra (µm) | Disemprot manual dengan pendingin dengan botol yang di lobangi Ra (µm) | Tanpa Cairan pendingin Ra (µm) |
|---|---|---|---|---|
| Emulsi 1:20 | 0.323 | 0.452 | 0.669 | |
| Emulsi 1:30 | 0.483 | 0.549 | 0.770 | |
| Emulsi 1:40 | 0.809 | 0.982 | 1.124 | |
| (None) | | | | 1.263 |




Gambar 5. 1 Grafik hasi pengujian nilai kekasaran permukaan

Dari tabel 5.1 dan grafik 5.1 diatas untuk didapatakan data untuk spesimen dengan metode pemberian cairan pendingin dengan cara direndam dengan carian pendingin dengan variasi emulsi 1:20 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,232 µm, dengan cara direndam dengan carian pendingin dengan variasi emulsi 1:30 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,483 µm, dengan cara direndam dengan carian pendingin dengan variasi emulsi 1:40 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,809 µm. Dengan cara disemprot *continue* dengan carian pendingin dengan variasi emulsi 1:20 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,452 µm, dengan cara disemprot *continue* dengan carian pendingin dengan variasi emulsi 1:30 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,549 µm, dengan cara disemprot *continue* dengan carian pendingin dengan variasi emulsi 1:40 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,982 µm. dengan cara disemprot manual dengan carian pendingin menggunakan botol yang di lobangi dengan variasi emulsi 1:20 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,669 µm, dengan cara disemprot manual dengan carian pendingin menggunakan botol yang di lobangi dengan variasi emulsi 1:30 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 0,770 µm, dengan cara disemprot manual dengan carian pendingin menggunakan botol yang di lobangi dengan variasi emulsi 1:40 didapat rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 1,124 µm. dan untuk spesimen yang dilakukan proses pemesian dengan metode tanpa cairan pendingin di dapatkan nilai rata-rata kekasaran permukaan sebesar 1,263 µm.

Dari data diatas menunjukan bahwa metode pemberian cairan pendingin dapat mempengaruhi hasil kekasaran perpukaan pada hasil proses pemesinan karena hasil pengerjaan akan lebih halus jika cairan pending selalu besentuhan dengan pahat dan benda kerja yang dapat menjaga suhu pahat dan benda kerja sehinga tidak terjadi difusi dan menjaga pahat supaya tidak mudah aus, begitu juga konesntrasi 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.

Hampir seluruh energi pemotongan diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara geram dengan pahat dan antara pahat dengan benda kerja, serta proses perusakan molekul atau ikatan atom pada bidang geser *(shear plane)*. Panas ini sebagian besar terbawa oleh geram, sebagian merambat memalui pahat dan sisanya mengalir melalui benda kerjam menuju ke sekeliling. Panas yang timbul tersebut cukup besar karena luas bidang kontak relatif kecil maka temperatur pahat, terutama bidang geram dan bidang utamanya akan sangat tinggi, Karena tekanan permukaan aktif dari pahat akan mengalami ke ausan. Penyebab keausan dan kerusakan pahat dapat terjadi karena abrasif, kimiawi, adhesi, difusi, oksidasi, deformasi plastic, keretakan dan kelelahan. Keausan tersebut makin lama makin membesar yang selain memperlemah pahat juga akan memperbesar gaya potong sehingga dapat menimbulkan kerusakan fatal.Oleh karena itu metode dan konsentrasi emulsi cairan pendingin berperan penting dalam menjaga temperatur saat proses pemesinan berlangsung.

Ditinjau dari hasil uji kekasaran di atas maka dapat dilihat perbedaan nilai kekasaran yang dapat diurutkan dari permukaan hasil pemesinan frais yg paling halus (nilai Ra kecil) sampai yang paling kasar sebagai berikut:

1. Variasi pemeberian cairan pendingin dengan cara benda kerja dan pahat direndam dengan cairan pendingin, dengan rata-rata Ra 0,538 µm. Variasi pemberian cairan pendingin ini mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang paling halus karena pada saat proses pemesinan frais benda kerja dan pahat selalu bersentuhan langsung dengan cairan pendingin, hal ini menyebabkan sebaran panas yang tejadi akibat gesekan benda kerja dan pahat selalu terkonduksi dengan cairan pendingin sehingga temperatur pahat dan benda kerja sangat terjaga, hal ini juga menjadikan pelumasan yang memadai dan mencegah pahat supaya tidak mudah aus dan BUE *(Build Up Edge)* akan sangat lama untuk muncul pada mata pahat.
2. Variasi pemberian cairan pendingin terbaik ke-2 dalam penelitian ini didapatkan dengan cara disemprotkan secara terus-menerus (*continue)*

menggunakan pompa celup, dengan rata-rata Ra yang didapat sebesar 0,661µm, dengan penyemprotan cairan pendingin secara *contiunue* dapat meredam peningkatan panas yang terjadi pada pahat dan benda kerja saat proses pemesian, namun jika dibandingkan dengan cara direndam cairan pendingin yang disemrotkan ini cairan pendingin tersebar akibat gaya sentrifugal yang ditibulkan oleh putaran pahat.

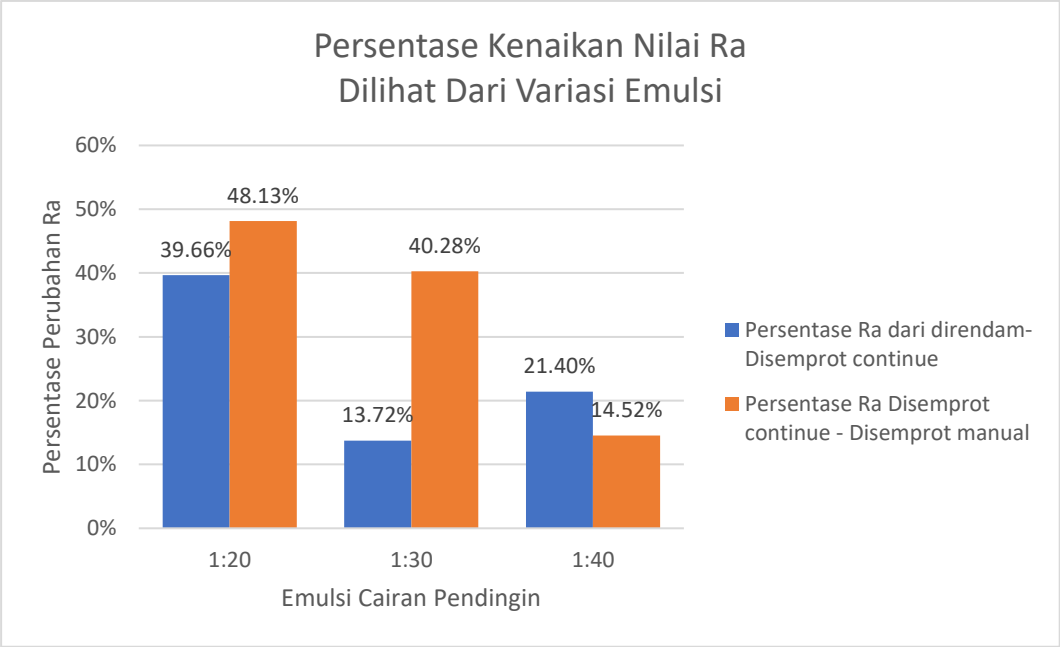
3. Variasi pemberian cairan pendingin terbaik ke-3 dalam penelitian ini adalah dengan cara emberian cairan pendingin dengan metode disemprotkan secara manual mengguankan botol yang di.lobangi dengan rata-rata Ra 0,854 µm, pada dasarnya metode ini mirip dengan metode disemprot *continue,* hanya saja perbedaanya terletak pada konsistensi debit cairan pendingin yang disemprotkan tidak stabil karena dilakukan secara manual menggunakan tekanan tangan, hal ini memungkinkan temperatur saat proses pemesinan juga menjadi tidak stabil.
4. Variasi yang terakhir yaitu proses pengfraisan tanpa cairan pendingin, pada dasarnya untuk pengerjaan yang menghasilkan panas tinggi metode ini sangan tidak dianjurkan karana akan menghasilkan panas berlebih pada benda kerja dan pahat yang menyebabkan pahat akan cepat aus atau bahkan terjadi retak *(crack).* Karena temperature kerja bias jadi sangat tinggi maka potensi munculnya tumpukan sisa geram *(Built Up Edge)* pada mata potong pahat dapat membuat permukaan mata potong pahat menjadi tumpul.

Selain itu juga konsentrasi *Cutting Oil* dalam emulsi cairan pendingin juga sangat berpengaruh pada hasil kekasaran permukaan, hal ini dikarenakan semkin tinggi konsentrasi *Cutting oil* terhadap air maka daya lumas dan pengurangan temperatur pahat dan benda kerja dapat dikurangi dengan baik, begitu juga sebaliknya.

Ditinjau dari perbandingan emulsinya, didapatkan nilai persentase kenaikan sebagai berikut:

- Persentase kenikan Ra dari metode direndam terhadap metode disemprot *continue* pada emulsi 1:20 adalah sebesar 39,66 %

- Persentase kenikan Ra dari metode disemprot *continue* terhadap metode disemprot manual pada emulsi 1:20 adalah sebesar 48,13 %
- Persentase kenikan Ra dari metode direndam terhadap metode disemprot *continue* pada emulsi 1:30 adalah sebesar 13,72 %
- Persentase kenikan Ra dari metode disemprot *continue* terhadap metode disemprot manual pada emulsi 1:30 adalah sebesar 40,28 %
- Persentase kenikan Ra dari metode direndam terhadap metode disemprot *continue* pada emulsi 1:40 adalah sebesar 21,40 %
- Persentase kenikan Ra dari metode disemprot *continue* terhadap metode disemprot manual pada emulsi 1:40 adalah sebesar 14,52 %




Gambar 5. 2 Persentase kenaikan nilai Ra dilihat dari variasi emulsi

# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Dari data hasil penelitian berupa nilai rata-rata kekasaran permukaan Ra (µm) maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagi berikut:

1. Metode pemberian cairan pendingin yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang paling kecil adalah dengan cara direndam dengan cairan pendingin, dengan nilai Ra 0.323 (emulsi 1:20), 0.483 (emulsi 1:30), 0.809 (emulsi 1:40).
2. Semakain tinggi konsentrasi emulsi cairan pendingin (*Cutting oil*) maka semakin halus permukaan benda kerja yang dihasilkan.

## 6.2 Saran

Dari proses penelitian ini penulis memiliki beberapa saran jika ada yang ini melakaukan penelitian serupa diantaranya:

1. Pastikan mesin dan alat yang digunakan dalam keadaan normal dan terkalibrasi dengan baik serta bisa berjalan secara otomatis supaya mendapatkan hasil yang stabil.
2. Saat melakukan proses pemesinan, harus didamping orang yang kompeten dibidang pemesinan yang digunakan.
3. Lakukan variasi pemberian cairan pendingin dengan di semprot *continue* mulai dari 1 arah, 2 arah, 3 arah dan seterunya
4. Pastikan selalu mengganti pahat yang digunakan pada setiap spesimen.

# DAFTAR PUSTAKA


Afriansyah, A. (2021) ‘ANALISIS PARAMETER PEMESINAN PADA PROSES SIDE *MILLING* BAJA AISI 1045 MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY ( RSM )’, 21(1).

Hidayat, T., Hartono, P. and Sujatmiko (2016) ‘Analisa Pengaruh Suhu Pada Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis (Kekerasan) Baja S45C Pada Proses Hardening’, *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin Unisma*, 6(2), pp. 31–35.

Karmin, Ginting M and Yunus Moch (2013) ‘Analisis Kekasaran Permukaan Hasil Proses Pengampelasan Terhadap Logam dengan Perbedaan Kekerasan’, *Jurnal Austenit*, 5(2), pp. 1–7.

MP Groover (2009) ‘Part VI Material Removal Processes 21 THEORY OF METAL MACHINING Chapter Contents’.

Pirnando, D. (2024) ‘Analisa Pengaruh Jarak Permukaan Pemotongan Dengan Pencekaman dan Penambahan Massa Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Proses Frais’, *Skripsi* [Preprint].

Pranoto, B. (2018) *Analisa Numerik Die Ekstrusi Dingin Pada*. Medan: Universitas Muhammadiah Sumatera Utara.

Rochim, T. (1993) *Teori & Teknologi Proses Permesianan*. 1st–4th edn. Edited by R. Taufiq. Bandung: lab. teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin FTI-ITB.

Rudi, A. dkk (2020) ‘Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face *Milling*’, *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), pp. 16–22. Available at: https://doi.org/10.30596/rmme.v3i1.4524.

Sumbodo, W. (2006) *TEKNIK PRODUKSI MESIN INDUSTRI JILID 2 Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*.

wibowo, andika heri (2016) ‘Analisis Pengaruh Feeding Pada Proses End *Milling* Surface Finish Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja Karbon Rendah’, pp. 1–51.

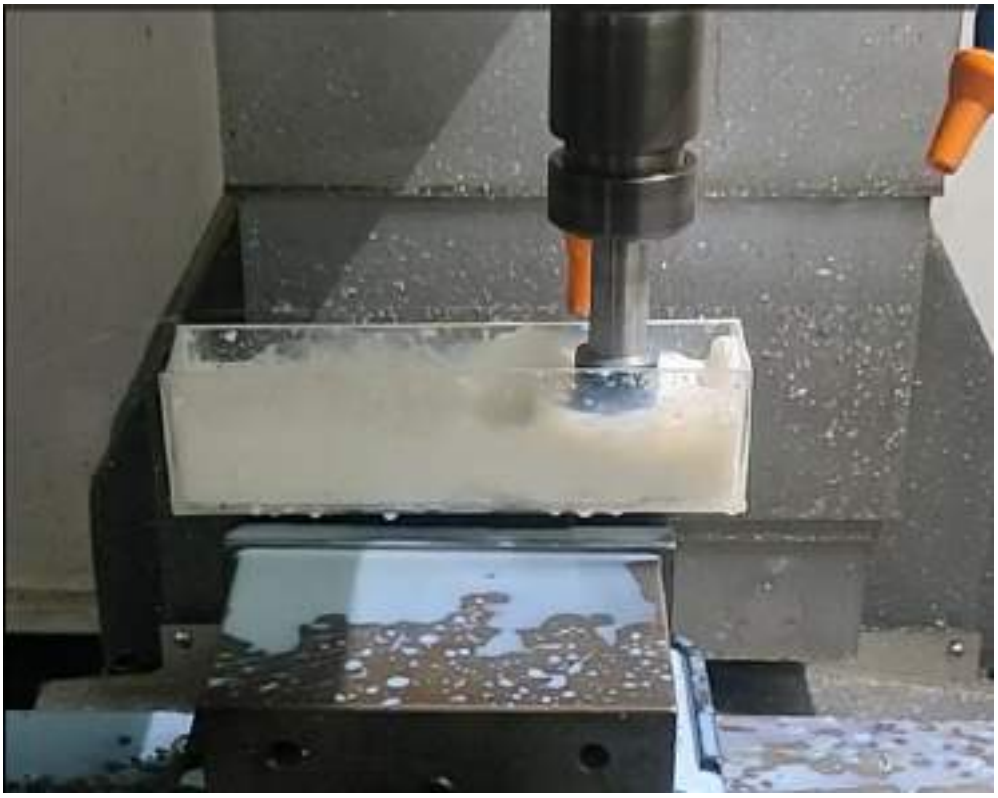
Widarto, D. (2008) *Teknik Permesinan Jilid 2*. 2nd edn. Edited by dkk widarto. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Points, S. (1926) ‘An International Organization for Standardization’, *Science*, 63(1639), pp. 539–539. Available at: https://doi.org/10.1126/science.63.1639.539.a.

# LAMPIRAN

**PEMOTONGAN SPESIMEN**

**PENGUJIAN DI SKMK PGRI 2 PALEMBANG**



**PENGUJIAN DIRENDAM CAIRAN PENDINGIN**

**PENGUJIAN DISEMPROT CONTINUE DENGAN CAIRAN PENDINGIN**

**PENGUJIAN DISEMPROT MANUAL DENGAN CAIRAN PENDINGIN**

**PENGUJIAN TANPA CAIRAN PENDINGIN**

**PENGAMBILAN DATA KEKASARAN PERMUKAAN (Ra)**

**PENGAMBILAN DATA KEKASARAN PERMUKAAN (Ra)**

**PENGAMBILAN DATA KEKASARAN PERMUKAAN (Ra)**

**HASIL PENGUJIAN**

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

**SURAT KEPUTUSAN**
**DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA**
Nomor : FT/E 23/2024/IX/**179**
tentang
PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA**

Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA

Memperhatikan
1. Permohonan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin untuk menyusun Skripsi, pada semester Ganjil/Genap Tahun Akademik 2024/2025
2. Surat Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas IBA Nomor : PSTM/E 7/2024/IX/032, tanggal 24 September 2024, tentang usulan Dosen Pembimbing Skripsi.

Menimbang
1. Bahwa guna pelaksanaan penulisan skripsi tersebut perlu mengangkat dan menunjuk Dosen Pembimbing skripsi yang relevan dengan bidang kajian skripsi.
2. Bahwa untuk tertib administrasi perlu diterbitkan surat keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.

Mengingat
1. Undang-Undang RI Nomor 2 Tahun 1989
2. Peraturan Pemerintah No 60 Tahun 1999
3. Statuta Universitas IBA
4. Surat Keputusan BAN-PT No. 7477/SK/BAN-PT/Ak-PPJ/S/XI/2020, tentang status akreditasi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.
5. Surat Kep. Rektor UIBA Nomor : 197/UI/M.6/VIII/1991, tentang ketentuan umum dan prosedur penulisan Skripsi.
6. Surat Kep. Pengurus Harian Yayasan IBA, Nomor : 203/Pers. IBA/C-3/VIII/2024, tentang pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA.

MEMUTUSKAN

Menetapkan

Pertama : Menunjuk dan mengangkat Dosen Pembimbing skripsi dengan susunan sebagaimana terlampir.

Kedua : Masa berlakunya SK. Pembimbing selama 2x semester dan dinyatakan selesai setelah mahasiswa yang dibimbing dinyatakan lulus dalam sidang sarjana. **Jika penyusunan skripsi melebihi batas waktu 2x semester, maka dinyatakan gagal dan SK. Akan ditinjau kembali.**

Ketiga : Surat keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan selesainya penyusunan skripsi tersebut dengan ketentuan apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam keputusan ini, maka akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di [illegible]mbang
Pada tangga[illegible]ober 2024
Dekan,

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Dr. Ir. [illegible]
NIK. [illegible]

Tembusan Yth.
1. Ketua Program Studi
2. Dosen Pembimbing skripsi
3. Arsip



Dipindai dengan CamScanner

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

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 Tebu | Reny Afriany, ST, M.Eng. | Ir. Asmadi, MT |
| 2. | Thorik Alfajri (20320008) | 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 Azami (20320010) | Analisa Pengaruh Variasi Sudut Potong Utaama 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. H
NIK. -



Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS IBA

**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 : Cahyo Ruswanto / 21320011P

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Metode Pemberian Cairan Pendingin dan Variasi Emulsi Cairan Pendingin Terhadap Kekasararan Permukaan Proses Pemesinan Frais Pada Baja S45C

Dosen Pembimbing 1 : Yeny Pusvyta S.T., MT

| No | Tanggal | Bahasan | Perbaikan | Paraf Pembimbing |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 2/12/2024 | BAB I Pendahuluan | - Perbaikan urutan kata pengantar dan penambahan ucapan terima kasih | |
| 2. | 6/12/2024 | BAB II Tinjauan pustaka | - Tambahkan tinjauan pustaka tentang analisa kekasaran dan pendingin. | |
| 3. | 17/12/2024 | BAB III Metodelogi penelitian | - perbaikan keterangan gambar dan keterangan tabel<br>Tambahkan grafik poin x dan poin y. | |
| 4. | 8/1/2025 | BAB IV Pengolahan data | - Pengolahan data dibuat lebih rinci, namun harus lengkap dan mudah dipahami. | |
| 5. | 16/1/2025 | BAB V Hasil & pembahasan | - Hasil penelitian dibuat beberapa poin | |
| | | BAB VI Kesimpulan dan saran | - Penyimpulan sesuai dengan latar belakang & rumusan masalah. | |

**Mengetahui,**

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Reny Kriany, S.T. M.Eng.

Dipindai dengan CamScanner

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 : Cahyo Ruswanto /21320011P

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Metode Pemberian Cairan Pendingin dan Variasi Emulsi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Pemesinan Frais Pada Baja S45C.

Dosen Pembimbing II : Reny Afriany. S,T. M,Eng.

| No | Tanggal | Bahasan | Perbaikan | Paraf Pembimbing |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 3/12/2024 | BAB I | • penyesuaian ukuran dan jenis huruf pada daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel. | |
| 2. | 9/12/2024 | BAB II | • penyesuaian pola penulisan dan penyesuaian ukuran jarak antar paragraf<br>• Tambahkan jenis-jenis baja sesuai kegunaan dan kandungannya. | |
| 3. | 13/12/2024 | BAB III | • Cantumkan metode penelitian yang akan di lakukan secara ringkas. | |
| 4. | 17/12/2024 | BAB IV | - pengolahan data harus dilakukan menggunakan grafik dan tabel yg rinci | |
| 5. | 2/1/2025 | BAB V | - Tambah lagi lembar untuk pembahasan | |
| 6 | 10/1/2025 | BAB VI | - penambahan poin kesimpulan<br>- Siap kompre. | |

**Mengetahui,**

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Reny Afriany. S,T. M,Eng.

Dipindai dengan CamScanner