

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK KIMIA
(DROMUS) TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA
PADA PROSES MESIN FRAIS

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

WAHYU WINARDI

1407230188



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN – II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK KIMIA
(DROMUS) TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA
PADA PROSES MESIN FRAIS

Disusun Oleh :

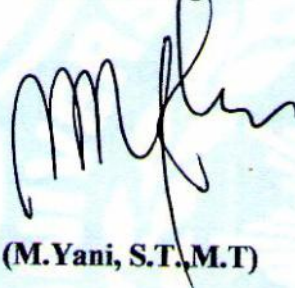
WAHYU WINARDI

1407230188

Telah Diperiksa dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 04 Agustus 2018


Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(M.Yani, S.T.,M.T)

Pembanding – II



(H.Muharnif, S.T.,M.Sc)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN – II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK KIMIA
(DROMUS) TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA
PADA PROSES MESIN FRAIS

Disusun Oleh :


WAHYU WINARDI

1407230188


Telah Diperiksa dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 04 Agustus 2018

Disetujui Oleh :

Pemanding – I


(M. Yani, S.T., M.T)

Pemanding – II


(H. Muharnif, S.T., M.Sc)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



Bila menjawab surat ini agar disebutkan Nomor dan tanggalnya

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

DAFTAR SPESIFIKASI

TUGAS SARJANA

PERIODE SEMESTER GANJIL/GENAP

T.A. 2017 / 2018

Nama Mahasiswa : WAHYU WINARDI
NPM : 1407230188
Semester : VIII (Delapan)
SPESIPIKASI : Pengaruh cairan pendingin minyak kimia (*Dromus*)
terhadap keausan mata pahat karbida pada proses
mesin frais.


Diberikan Tanggal : 22 Februari 2018
Selesai Tanggal : 17 Juli 2018
Asistensi : 1 Kali Dalam Seminggu
Tempat Asistensi : Di Kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Medan, 17 Juli 2018

Diketahui Oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing - I


(Afandi, S.T)


(Khairul Umurani, S.T.,M.T.)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila mendapat surat ini agar dibebaskan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

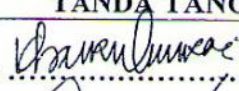
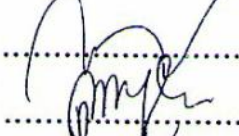

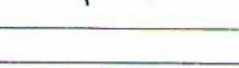
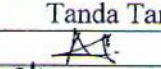
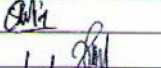
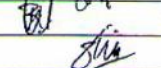
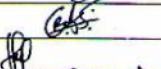
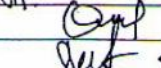
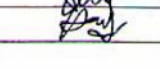

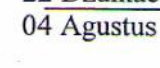
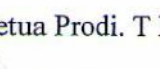

NAMA : WAHYU WINARDI
NPM : 1407230188

PEMBIMBING – I : Khairul Umurani, S.T.,M.T
PEMBIMBING – II : Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	26 februari 2018	- Pemberian spesifikasi tugas	le
	05 maret 2018	- Perbaikan bab I	le
	23 maret 2018	- Perbaikan bab II	le
	19 April 2018	- Perbaikan bab III	le
	04 mei 2018	- lanjut ke pembimbing II	le
	23 juni 2018	- presentasi hasil kerja - kerucut - volume - penyusutan	le
	30 juni 2018	- presentasi skripsi	le
	03 juli 2018	- daftar pustaka pada ACC	le
	14 juli 2018	- koreksi pada I kembali	le
	17 juli 2018	- ACC, selesai	le

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar
 Nama : Wahyu Winardi
 NPM : 1407230188
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Kimia (Promus)
 Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Proses Mesin
 Frais.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:	
Pembanding – I	: M. Yani.S.T.M.T	:	
Pembanding – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1202230128	ANGGA SARI HARDIANAYATI	
2	1202230096	Sodikin	
3	1407230100	Azhaf Wadlyasmoro	
4	140720249	NEOLAN SYAH	
5	140720195	YUDI PRATIYO	
6	1407250144	PORT UTAS	
7	1407230185	AHMAD HIDAYAT SIREGAR	
8	1407230226	KEBAL VAMIN	
9	1407230262	ERIK RAJALANTA	
10	1407230168	Ayung Baharce	

Medan, 22 Dzulkaedah 1439 H
04 Agustus 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin




Affandi.S.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Wahyu Winardi
NPM : 1407230188
Judul T.Akhir : Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus) Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Pada Proses Mesin Frais.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - I : M. Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Revisi pada draft skripsi


3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 22 Dzulkaedah 1439H
04 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.



Dosen Pembanding- I

M.Yani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Wahyu Winardi
NPM : 1407230188
Judul T.Akhir : Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Kimia (Bromus) Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Pada Proses Mesin Frais.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - I : M. Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :


.....
Lihat buku skripsi
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :


.....
.....
.....
.....

Medan 22 Dzulkaedah 1439H
04 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.

Dosen Pembanding- II


H.Muharnif.S.T.M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Winardi
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 08 Mei 1996
Npm : 1407230188
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Sarjana saya ini yang berjudul:

**“PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK KIMIA (*DROMUS*)
TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA PADA PROSES
MESIN FRAIS”**

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 04 Agustus 2018

Saya yang menyatakan,



Wahyu Winardi

ABSTRAK

Cairan pendingin pada proses pemesinan berfungsi untuk menurunkan temperatur dan pelumasan pada proses pemotongan. Aplikasi cairan pendingin pada proses pemotongan adalah memperbaiki kualitas hasil benda kerja selama proses pemotongan dan juga berfungsi untuk memperbaiki umur pahat sehingga pahat tidak mudah mengalami keausan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cairan pendingin Dromus Oil terhadap keausan pahat pada proses mesin milling, serta mengetahui efektif atau tidaknya cairan tersebut untuk menurunkan dan memperlambat keausan pada pahat. Dalam penelitian yang dilakukan pada proses milling ini menggunakan material besi cor (Cast Iron) sebagai spesimen benda kerja yang dipakai dan juga dengan menggunakan alat potong mata pahat insert karbida dengan tipe TPKN 22 VC2. Penelitian dilakukan dengan cara memvariasikan putaran mesin dan juga variasi cairan pendingin maupun tanpa cairan pendingin, pada alat uji instrumntasi dynamometer serta metode pemberian cairan pendingin yang dilakukan dengan cara disemprotkan langsung ke daerah benda kerja yang dipotong, pada proses milling dengan variabel respon yang di dapat berupa data ataupun nilai keausan pahat yang telah diamati dan dilakukannya pengujian dengan menggunakan alat uji mikrosko, menggunakan metode berat (massa) dan dengan metode volume air dalam gelas ukur untuk melihat nilai keausan yang diperoleh adalah keausan kawah (Creater Wear), Cairan pendingin yang lebih efektif pada saat percobaan dilakukan adalah cairan pendingin dromus oil, karna nilai keausan dari ketiga metode pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan lebih kecil dibandingkan dengan minyak cpo ataupun tanpa menggunakan cairan pendingin serta kualitas hasil permukaan benda kerja juga lebih halus

Kata kunci :Mesin frais, Metode pendinginan, Keausan pahat.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus – menerus hadir dan atas kerja keras penulis, serta banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda Warimin dan Ibunda Minarni, dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan do'a yang tulus, ikhlas, dengan penuh kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberi saran dan juga ide-ide sehingga dapat memperlancar proses penulisan tugas sarjana ini.
5. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.
6. Bapak M. Yani. S.T.,M.T selaku pembanding I yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengetahuannya sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak H. Muharnif. S.T.,M.Sc selaku pembanding II yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengetahuannya sehingga Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Bapak Affandi, S.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Chandra A Siregar,S.T,M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

10. Seluruh Dosen dan Staf Biro di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama proses pembelajaran di bangku perkuliahan.
11. Kepada rekan-rekan seperjuangan tim Instrumentasi Dynamometer Mesin Frais Abangda Dani Tumanggor, Abangda Bayu, Abangda Yogi, Abangda Mukrim, Abangda Hamdani, Abangda Choiri, Abangda Sakban yang telah banyak membantu proses menyiapkan Tugas Sarjana ini.
12. Rekan-rekan kelas A2 stambuk 2014 siang Teknik Mesin, yang telah banyak memberi support sekaligus saran serta membantu dan memotivasi penulis.
13. Kepada Keluarga Besar HMM FAKULTAS TEKNIK UMSU yang telah banyak mendukung dan member semangat sekaligus mengajarkan tentang ke Organisasian yang tidak akan pernah didapatkan didalam Akademik.
14. Rekan-rekan seperjuangan demisioner 2014 Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan telah banyak mengajarkan penulis dengan hal hal yang baru dalam penulisan tugas sarjana ini.
15. Kepada rekan-rekan seperjuangan 2014 Keluarga Besar Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah berkontribusi dalam memberikan ide dan masukannya untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Robbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 01 Agustus 2018

Penulis

WAHYU WINARDI
1407230188

10. Seluruh Dosen dan Staf Biro di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama proses pembelajaran di bangku perkuliahan.
11. Kepada rekan-rekan seperjuangan tim Instrumentasi Dynamometer Mesin Frais Abangda Dani Tumanggor, Abangda Bayu, Abangda Yogi, Abangda Mukrim, Abangda Hamdani, Abangda Choiri, Abangda Sakban yang telah banyak membantu proses menyiapkan Tugas Sarjana ini.
12. Rekan-rekan kelas A2 stambuk 2014 siang Teknik Mesin, yang telah banyak memberi support sekaligus saran serta membantu dan memotivasi penulis.
13. Kepada Keluarga Besar HMM FAKULTAS TEKNIK UMSU yang telah banyak mendukung dan member semangat sekaligus mengajarkan tentang ke Organisasian yang tidak akan pernah didapatkan didalam Akademik.
14. Rekan-rekan seperjuangan demisioner 2014 Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan telah banyak mengajarkan penulis dengan hal hal yang baru dalam penulisan tugas sarjana ini.
15. Kepada rekan-rekan seperjuangan 2014 Keluarga Besar Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah berkontribusi dalam memberikan ide dan masukannya untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Robbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 01 Agustus 2018

Penulis



WAHYU WINARDI
1407230188

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN - I	
LEMBAR PENGESAHAN - II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 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	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian Mesin Frais	6
2.1.1. Parameter Pada Mesin Frais	7
2.1.2. Gerakan-gerakan Pada Mesin Frais	8
2.1.3. Prinsip Pemotongan Mesin Frais	9
2.1.4. Jenis-jenis Mesin Frais	9
2.1.5. Macam-macam Pisau Frais	12
2.2. Pengertian Cairan Pendingin	13
2.2.1. Fungsi Cairan Pendingin	15
2.2.2. Jenis-jenis Cairan Pendingin	15
2.2.3. Metode Pemberian Cairan Pendingin	18
2.3. Definisi Keausan Mata Pahat	20
2.3.1. Jenis-jenis Keausan Mata Pahat	21
2.3.2. Faktor yang Mempengaruhi Keausan	24
2.3.3. Mekanisme Keausan Pada Pahat	24
2.3.4. Pertumbuhan Keausan Pada Mata Pahat	26
2.4. Analisa Rumus Keausan Mata Pahat	28
2.4.1. Analisa Rumus Keausan Dengan Metode Berat (<i>massa</i>)	28
2.4.2. Analisa Rumus Keausan Dengan Metode Volume	28
2.4.3. Analisa Rumus Keausan Dengan Metode Panjang (<i>linier</i>)	29
2.5. Besi Cor (<i>Cast Iron</i>)	29

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1.	Waktu dan Tempat	30
3.1.1.	Waktu	30
3.1.2.	Tempat	30
3.1.3.	Diagram Alir Penelitian	31
3.2.	Alat dan Bahan	32
3.2.1.	Alat	32
3.2.2.	Bahan	36
3.3.	Metode Pengumpulan Data	38
3.4.	Metode Pengolahan Data	39
3.5.	Pengamatan dan Tahap Pengujian	39
3.5.1.	Tahap Pengamatan	39
3.5.2.	Tahap Pengujian	39
3.6.	Alat Uji	40
3.7.	Prosedur Pengujian Alat Uji	41
3.8.	Pengambilan Data	42
3.8.1.	Pengambilan Data Keausan Pahat	42
BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1.	Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Berat (<i>Massa</i>)	43
4.1.1.	Data Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)	43
4.1.2.	Data Cairan Pendingin Minyak Kelapa Sawit (CPO)	44
4.1.3.	Data Tanpa Cairan Pendingin	45
4.1.4.	Hasil perbandingan berat keausan dari ketiga percobaan	46
4.2.	Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Volume Air Dalam Gelas Ukur	48
4.2.1.	Data Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)	48
4.2.2.	Data Cairan Pendingin Minyak Kelapa Sawit (CPO)	49
4.2.3.	Data Tanpa Cairan Pendingin	51
4.2.4.	Hasil perbandingan keausan volume dari ketiga percobaan	52
4.3.	Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Linier (<i>Panjang Keausan</i>)	54
4.3.1.	Data Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)	54
4.3.2.	Data Cairan Pendingin Minyak Kelapa Sawit (CPO)	55
4.3.3.	Data Tanpa Cairan Pendingin	56
4.3.4.	Hasil perbandingan panjang keausan dari ketiga percobaan	58
4.4.	Pembahasan	59
4.4.1.	Perhitungan keausan pahat dengan menggunakan metode berat (<i>massa</i>).	59
4.4.1.1.	Perhitungan berat mata pahat pada cairan pendingin dromus.	59
4.4.1.2.	Perhitungan berat mata pahat pada cairan pendingin	

minyak cpo.	60
4.4.1.3. Perhitungan berat mata pahat tanpa menggunakan Pendingin.	61
4.4.2. Perhitungan keausan pahat dengan menggunakan metode volume air dalam gelas ukur.	62
4.4.2.1. Perhitungan keausan pahat dengan cairan pendingin dromus pada volume air dalam gelas ukur.	62
4.4.2.2. Perhitungan keausan pahat dengan cairan pendingin minyak cpo pada volume air dalam gelas ukur.	64
4.4.2.3. Perhitungan keausan pahat tanpa cairan pendingin pada volume air dalam gelas ukur.	65
4.4.3. Perhitungan keausan pahat dengan menggunakan metode linier (<i>panjang aus</i>).	67
4.4.3.1. Perhitungan panjang keausan pahat dengan cairan pendingin dromus.	67
4.4.3.2. Perhitungan panjang keausan pahat dengan cairan pendingin minyak cpo.	68
4.4.3.3. Perhitungan panjang keausan pahat tanpa menggunakan cairan pendingin.	69
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Mesin Frais Vertikal	9
Gambar 2.2.	Mesin Frais Horizontal	10
Gambar 2.3.	Mesin Frais Universal	10
Gambar 2.4.	Pisau Frais Samping	12
Gambar 2.5.	Pisau Frais Muka	12
Gambar 2.6.	Pisau Frais Bentuk	13
Gambar 2.7.	Pisau Frais Belah	13
Gambar 2.8.	Dibanjiri Ke Benda Kerja	18
Gambar 2.9.	Disemprotkan Ke Benda Kerja	19
Gambar 2.10.	Dikabutkan Ke Daerah Benda Kerja	19
Gambar 2.11.	Keausan Tepi	21
Gambar 2.12.	Keausan Kawah	22
Gambar 2.13.	Pengelupasan (<i>Flanking</i>)	22
Gambar 2.14.	Penyerpihan (<i>Chipping</i>)	23
Gambar 2.15.	Built-Up Edge	23
Gambar 2.16.	Deformasi Plastis Nyata	24
Gambar 2.17.	Mekanisme Keausan Pahat	25
Gambar 2.18.	Pertumbuhan Keausan	27
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2.	Mesin Milling Lab Teknik Mesin UMSU	32
Gambar 3.3.	Laptop	32
Gambar 3.4.	Bingkai Dynamometer Meja Frais	33
Gambar 3.5.	Dynamometer Meja Frais	33
Gambar 3.6.	Dynamometer Meja Mesin Frais	33
Gambar 3.7.	Arah Gerak Mata Pahat	34
Gambar 3.8.	Kunci L	34
Gambar 3.9.	Arbor Mesin Frais	34
Gambar 3.10.	Mikroskop	35
Gambar 3.11.	Gelas Ukur	35
Gambar 3.12.	Neraca Digital	36
Gambar 3.13.	Besi Cor (<i>Cast Iron</i>)	36
Gambar 3.14.	Mata Pahat Insert Karbida	37
Gambar 3.15.	Dromus Oil (<i>Minyak Kimia</i>)	37
Gambar 3.16.	Minyak CPO	38
Gambar 4.1.	Hasil berat mata pahat dengan dromus oil yang sudah di timbang	43
Gambar 4.2.	Grafik putaran mesin dan keausan dengan berat menggunakan cairan pendingin dromus oil	43
Gambar 4.3.	Gambar 4.3.Hasil berat mata pahat dengan cpo yang sudah di timbang	44

Gambar 4.4. Grafik putaran mesin dan keausan dengan berat menggunakan cairan pendingin CPO	45
Gambar 4.5. Hasil berat mata pahat tanpa pendingin yang sudah di timbang	45
Gambar 4.6. Grafik putaran mesin dan keausan dengan berat tanpa menggunakan cairan pendingin	46
Gambar 4.7. Grafik putaran mesin dan perbandingan berat keausan dengan menggunakan cairan serta tidak menggunakan cairan pendingin	47
Gambar 4.8. Hasil volume air yang dimasukan mata pahat dengan pendingin Dromus Oil	48
Gambar 4.9. Grafik putaran mesin dan keausan dengan volume air menggunakan cairan pendingin dromus oil	48
Gambar 4.10. Hasil volume air yang dimasukan mata pahat dengan pendingin Minyak CPO	49
Gambar 4.11. Grafik putaran mesin dan keausan dengan volume air menggunakan cairan pendingin minyak cpo	50
Gambar 4.12. Hasil volume air yang dimasukan mata pahat tanpa menggunakan cairan pendingin	51
Gambar 4.13. Grafik putaran mesin dan keausan dengan volume air tanpa menggunakan cairan pendingin	51
Gambar 4.14. Grafik putaran mesin dan perbandingan dalam volume air keausan pahat dengan menggunakan cairan serta tidak menggunakan cairan pendingin	52
Gambar 4.15. Hasil panjangkeausan dengan dromus oil	54
Gambar 4.16. Grafik putaran mesin dengan panjang keausan pada cairan pendingin dromus oil	55
Gambar 4.17. Hasil panjang keausan dengan minyak CPO	55
Gambar 4.18. Grafik putaran mesin dengan panjang keausan pada cairan pendingin minyak cpo	56
Gambar 4.19. Hasil panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	56
Gambar 4.20. Grafik putaran mesin dengan panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	57
Gambar 4.21. Grafik putaran mesin dengan perbandingan panjang aus dari ketiga percobaan	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Dan Sifat Kimia Dromus Oil	17
Tabel 2.2. Batas Keausan Kritis Pada Mata Pahat	20
Tabel 3.1. Jadwal Waktu dan Kegiatan Penelitian	30
Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin Frais Emco F3	40
Tabel 3.3. Spesifikasi Bahan Mata Pahat Insert Karbida	40
Tabel 3.4. Spesifikasi Neraca Digital GHL	40
Tabel 3.5. Spesifikasi Gelas Ukur	40
Tabel 3.6. Spesifikasi Mikroskop	41
Tabel 4.1. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	43
Tabel 4.2. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (<i>CPO</i>)	44
Tabel 4.3. Nilai keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	46
Tabel 4.4. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	48
Tabel 4.5. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (<i>CPO</i>)	49
Tabel 4.6. Nilai keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	51
Tabel 4.7. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	54
Tabel 4.8. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (<i>CPO</i>)	56
Tabel 4.9. Nilai keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	57
Tabel 4.10. Data hasil perhitungan keausan massa dengan cairan pendingin <i>dromus</i>	59
Tabel 4.11. Data hasil perhitungan keausan massa dengan cairan pendingin minyak CPO	60
Tabel 4.12. Data hasil perhitungan keausan massa tanpa cairan pendingin	61
Tabel 4.13. Data hasil perhitungan keausan volume dengan cairan pendingin <i>dromus</i>	62
Tabel 4.14. Data hasil perhitungan keausan volume dengan cairan pendingin minyak CPO	64
Tabel 4.15. Data hasil perhitungan keausan volume tanpa cairan pendingin	65
Tabel 4.16. Data hasil perhitungan panjang keausan dengan pendingin <i>dromus</i>	67
Tabel 4.17. Data hasil perhitungan panjang keausan dengan pendingin minyak CPO	68
Tabel 4.18. Data hasil perhitungan panjang keausan tanpa cairan pendingin	69

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
V	Kecepatan potong	m/menit
d	Diameter pahat	mm
n	Putaran spindle	rpm
V	Volume keausan	mm^3
k	Konstanta probabilitas	-
L	Muatan antar permukaan	-
x	Jarak gesekan	mm/min
p	Kekasaran permukaan	-
"	Sudut kekasaran	°
n	Harga eksponen	e^x
T	Unsur pahat	min
Ct	Konstanta umur pahat taylor	t
<i>m</i>	Massa	gr
Δ	Perbandingan	-
V_{air}	Volume air	ml
V_0	Volume awal	ml
V_t	Volume akhir	ml
r^2	Jari-jari	mm
<i>f</i>	Phi	-
%	Persen	-

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri terus berkembang dari waktu ke waktu. Perkembangan teknologi ini didorong oleh kebutuhan dunia industri yang terus menerus menggunakan mesin perkakas, misalkan dalam penggunaan mesin frais (*milling*) baik untuk keperluan produksi maupun keperluan pendidikan, sangat dibutuhkan untuk produk yang lebih baik. Dalam beberapa segmen konsumen tertentu membutuhkan komponen yang mempunyai kehalusan permukaan tertentu dan menuntut agar komponen tersebut diproses dalam estimasi waktu yang seminimalis mungkin. Sebagai contoh yaitu dalam pembuatan cetakan *mould* dan *dies*, dalam pembuatan dies kekasaran permukaan dari cetakan tersebut harus sehalus mungkin tetapi dituntut untuk selesai dalam waktu yang cepat. Untuk itu optimasi parameter proses permesinan pada mesin *milling* perlu dilakukan agar kekasaran permukaan yang diinginkan dapat dicapai dalam waktu yang secepat-cepatnya.

Akan tetapi, parameter proses permesinan yang diatur maksimum akan dapat menyebabkan kekasaran suatu produk menjadi tinggi dibandingkan dengan pengaturan parameter yang standar, selain itu juga terjadi gesekan benda kerja dengan pahat yang akan dapat menimbulkan panas, sehingga temperatur pahat terutama pada bidang aktif pahat yang sangat tinggi. Hal ini juga akan mengakibatkan akan terjadinya keausan pada mata pahat, dan jika keausan terjadi secara berkelanjutan dan terus menerus akan memperbesar gaya pada proses pemotongan yang dapat menyebabkan kualitas produk menjadi menurun. Maka

dari itu diperlukannya usaha untuk menjaga agar laju keausan pada mata pahat lebih tahan pada saat pemotongan salah satunya adalah memberikan cairan pendingin pada pahat *milling*.

Fluida cair pada pemotongan ini sering juga di sebut dengan cairan pendingin (*coolant*) yang berfungsi untuk mengontrol sekaligus mengatur temperatur yang ditimbulkan pada saat pemotongan serta pelumasan. Aplikasi cairan pendingin pada saat pemotongan juga berfungsi untuk memperbaiki umur mata pahat sehingga memperkecil keausan pada mata pahat dan dapat digunakan dalam waktu yang lama.

Dari penjabaran di atas, maka penelitian yang akan dilakukan yaitu mengenai **“PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK KIMIA (*DROMUS*) TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT CARBIDA PADA PROSES MESIN FRAIS”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh cairan pendingin *dromus oil*, minyak *cpo* dan juga tanpa pendingin terhadap keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais.

1.3. Batasan Masalah

Pada penulisan penelitian ini ada beberapa pembatasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, antara lain :

1. Membahas mengenai keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil*, minyak *cpo* dan tanpa menggunakan cairan pendingin.
2. Mengetahui jenis keausan yang terjadi dari masing masing cairan pendingin yang digunakan pada mata pahat karbida dan pada saat pemotongan atau pemakanan berlangsung dengan proses mesin frais.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh keausan mata pahat carbida dengan menggunakan cairan pendingin pada mesin frais.

Tujuan Umum :

Untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada cairan pendingin *dromus oil* terhadap keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais.

Tujuan Khusus :

1. Untuk mengetahui jenis keausan yang terjadi pada mata pahat pada saat proses mesin frais dengan menggunakan cairan pendingin minyak kimia (*Dromus Oil*), ,minyak kelapa sawit (*CPO*) serta tanpa menggunakan cairan pendingin.
2. Agar mengetahui pengaruh cairan pendingin yang baik dan juga efektif terhadap keausan yang terjadi pada mata pahat karbida pada proses mesin frais dengan menggunakan dan sekaligus membandingkan media pendingin yang berbeda yaitu minyak kimia (*Dromus Oil*),minyak kelapa sawit mentah (*CPO*), dan tanpa cairan pendingin.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang sangat diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mampu memberikan kontribusi dan pengembangan teknologi mengenai cairan pendingin yang sesuai agar tidak cepat terjadinya keausan pada mata pahat pada mesin frais.
2. Dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi pada mesin perkakas cairan pendingin sangat bermanfaat untuk memperpanjang umur mata pahat agar dapat digunakan kembali dalam waktu yang lama.
3. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi untuk membuat tugas sarjana yang berhubungan dengan pengaruh cairan pendingin terhadap mata pahat.
4. Sebagai bahan perbandingan dan pembelajaran antara teori yang diperoleh dibangku perkuliahan dengan yang ada di dunia permesinan perkakas dalam hal cairan pendingin.
5. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan menambah pengetahuan serta pengalaman penulis agar dapat mengembangkan ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk lebih terarahnya penulisan ini dan untuk menghindari agar tidak terjadi pembahasan yang berulang serta untuk mempermudah pembaca dalam memahami, maka disusun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas tentang Latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Basalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Sistematika Penulisan dari Pengaruh Cairan Pendingin Dromus Terhadap Keausan Mata Pahat Carbida Pada Proses Mesin Frais.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan secara umum tentang teori-teori pendukung dalam pengaruh cairan pendingin dromus terhadap keausan mata pahat carbida pada proses mesin frais.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas secara terperinci dan tersusun mengenai penelitian dari pengaruh cairan pendingin dromus terhadap keausan mata pahat carbida pada proses mesin frais.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas Hasil dan Pembahasan mengenai pengaruh cairan pendingin terhadap keausan mata pahat yang terjadi pada proses mesin frais.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan mengenai inti pembahasan yang dapat di ambil dari Kesimpulan pengaruh cairan pendingin terhadap keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais sekaligus Saran saran yang dapat di kutip dari pokok pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Mesin Frais

Proses permesinan (*Machining Process*) adalah proses mengubah bentuk benda kerja dengan menghilangkan sebagian material benda kerja menggunakan pahat yang dipasang pada mesin-mesin perkakas. Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan menjadi komponen yang dikehendaki. Pada proses permesinan segala komponen mulai mesin perkakas dan bagian-bagiannya, pahat, material benda kerja, dan seluruh komponen lain yang mempengaruhinya haruslah selalu diperhatikan untuk memperoleh hasil yang optimal. Oleh karena itu sampai saat ini berbagai penelitian mengenai proses permesinan tetap dilakukan.

Proses *milling* adalah suatu proses permesinan pada umumnya menghasilkan bentuk bidang datar bidang datar ini terbentuk karena pergerakan adanya kontak antara alat potong yang berputar pada spindle dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin. Mesin *milling* jika dikolaborasikan dengan suatu alat bantu atau alat potong pembentuk khusus, akan dapat menghasilkan beberapa bentukan-bentukan lain yang sesuai dengan tuntutan produksi, misal : uliran, spiral, roda gigi, cam, drum scale, poros bintang, poros cacing, dll.

Pada tahun 1818 mesin *milling* pertama kali ditumukan di New Heaven Conecticut oleh Eli Whitney. Pada tahun 1952 John Parson mengembangkan milling dengan control basis angka (*Milling Numeric Control*) dalam

perkembangannya mesin *milling* mengalami berbagai perkembangan baik secara mekanisme maupun secara teknologi pengoperasiannya.

1. Prinsip dasar kerja *milling*

Proses pemotongan benda kerja yang diam dengan meja yang bergerak menuju alat potong yang berputar.

2. Tujuan prinsip dasar kerja *milling*

Menghasilkan benda kerja dengan permukaan yang rata bentuk-bentuk lain yang spesifik (profil, radius, silindris, dan lain-lain) dengan ukuran dan kualitas tertentu.

2.1.1. Parameter Pada Mesin Frais

Parameter pada mesin frais diperlukan agar proses produksi dapat berlangsung sesuai dengan prosedur perencanaan. Parameter sangat penting untuk diperhatikan dalam proses frais meliputi kecepatan potong, putaran spindel, kedalaman pemakanan, kecepatan penghasilan geram dan waktu pemesinan. Penentuan rasio kecepatan antara gerak benda kerja dan putaran pisau sangat penting diperhatikan. Jika langkah pemakanan benda kerja terlalu pelan waktu akan terbuang banyak dan pisau frais pun akan cepat tumpul dan menurunkan umur pahat. Pada proses frais besarnya diameter di tentukan seberapa besar diameter pahat yang akan digunakan. Berikut ini salah satu parameter pemotongan pada proses frais :

a. Kecepatan Potong

Kecepatan potong (*cutting speed*) merupakan kecepatan gerak putar pahat, yang dinyatakan dalam satuan meter permenit, dituliskan pada persamaan

2.1 sebagai berikut :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

b. Gerak makan pergigi (f_z)

Gerak makan pergigi merupakan kedalaman pemakanan dari setiap mata potong pahat, yang dinyatakan dalam satuan mm/gigi, dapat dituliskan dengan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} ; \frac{mm}{gigi} \quad (2.2)$$

c. Kecepatan penghasilan beram (Z)

Kecepatan penghasilan beram (*rate of metal removal*) merupakan kecepatan penghasilan beram yang dihasilkan dari proses *milling*, dapat dituliskan dengan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000} ; cm^3 / min \quad (2.3)$$

2.1.2. Gerakan-gerakan Pada Mesin Frais

Ada 3 gerakan yang terdapat pada proses mesin *milling* (*frais*) yaitu :

1. Gerakan Utama

Gerakan berputarnya alat potong pada spindle utama. Satuan yang digunakan adalah rpm (rotasi permenit) dengan di simbolkan **n**.

2. Gerakan pemakanan (*feeding*)

Gerakan benda kerja pada waktu proses pemotongan. Satuan yang digunakan adalah **mm / menit** dan simbolnya **s**.

3. Gerakan seting (*Depth Of Cut*)

Gerakan mendekatkan benda kerja pada alat potong. Satuan yang digunakan adalah **mm** dan simbolnya **a / t**.

2.1.3. Prinsip Pemotongan Pada Mesin Frais

1. Pemotongan *Face Cutting*

Pemotongan benda kerja dengan menggunakan sisi potong sebagian depan (*face*) dari alat potong (*Cutter*).

2. Pemotongan *Side Cutting*

Pemotongan dengan menggunakan sisi potong bagian samping (*side*) dari alat potong (*Cutter*). Pemotongan ini juga dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Pemotongan *Climbing*

Pemotongan benda kerja dengan arah putaran alat potong (*Cutter*) searah dengan arah gerakan pemakanan benda kerja (*Cutter*).

b. Pemotongan *Conventional*

Pemotongan benda kerja dengan arah putaran alat potong (*Cutter*) berlawanan arah dengan arah gerakan pemakanan benda kerja (*feeding*).

2.1.4. Jenis-jenis Mesin Frais

Terdapat beberapa jenis mesin frais. Berdasarkan spindelnya mesin frais dibedakan atas :

1. Mesin Frais Vertikal



Gambar 2.1 Mesin Frais Vertikal

Mesin frais vertical merupakan mesin frais dengan poros utama sebagai pemutar dengan pemegang alat potong dengan posisi tegak seperti (gambar 2.1 Mesin frais). Mesin ini adalah terutama sebuah mesin raung perkakas yang di kontruksi untuk pekerjaan yang sangat teliti. Penampilan mirip dengan mesin frais jenis datar. Perbedaan adalah bahwa meja kerjanya dilengkapi gerak empat yang memungkinkan meja untuk berputar horizontal.

2. Mesin Frais Horizontal



Gambar 2.2 Mesin Frais Horizontal

Merupakan mesin frais yang poros utamanya sebagai pemutar dan pemegang alat potong pada posisi mendatar seperti (gambar 2.2 Mesin horizontal)

3. Mesin Frais *Universal*



Gambar 2.3 Mesin Frais Universal

Mesin frais universal ini adalah mesin produksi dari kontruksi yang kasar. Bangkunya ini adalah benda cor yang kaku dan berat serta menyangga sebuah meja yang hanya memiliki gerakan logitudinal. Penyatan vertical di berikan dalam

kepal spindel dan suatu penyetelan lintang di buat dalam pena atau ram spindel seperti (gambar 2.3 Mesin universal)

4. Bagian-bagian Mesin Frais

Bagian-bagian mesin frais dapat dilihat pada gambar di bawah ini yaitu:

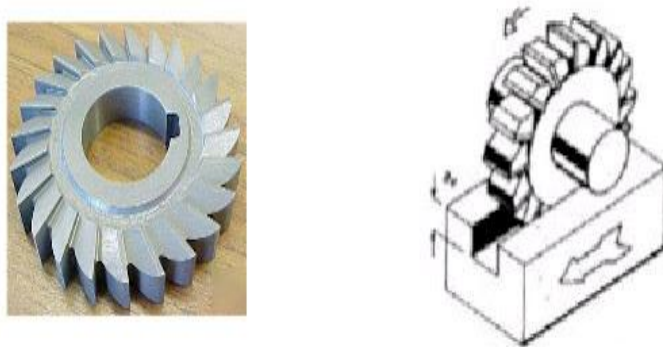
1. Lengan untuk kedudukan penyokong obor
2. Penyokong obor
3. Tunas untuk menggerakkan meja secara otomatis
4. Nok pembatas untuk membatasi jarak gerakan otomatis meja
5. Meja mesin tempat untuk memasang benda kerja dengan perlengkapan mesin
6. Engkol untuk menggerakkan meja dalam arah melintang
7. Tuas untuk mengunci meja
8. Baut menyetel untuk menghilangkan getaran meja
9. Engkol untuk menggerakkan lutut dalam arah melintang
10. Engkol untuk menggerakkan lutut dalam arah gerak
11. Tuas untuk mengunci meja
12. Tabung pendukung dengan bantalan uli, untuk mengatur tingginya meja
13. Lutut untuk kedudukan alas meja
14. Tuas untuk mengunci sadel
15. Alas meja tempat kedudukan meja
16. Tuas untuk merubah kecepatan motor listrik
17. Engkol meja
18. Tuas untuk menentukan besarnya putaran spindel / pisau frais

19. Tuas untuk mengatur angka-angka kecepatan spindel / pisau frais
20. Tiang untuk mengantar turun naiknya meja
21. Spindel untuk memutar arbor dan pisau frais
22. Tuas untuk menjalankan spindle

2.1.5. Macam-macam Pisau Frais

Ada bermacam-macam pisau pada mesin frais yang digunakan dalam proses mesin frais. Berikut ini jenis pisau frais adalah :

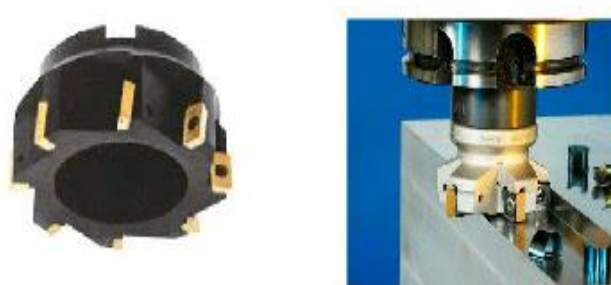
1. Pisau Frais Samping (*Side Milling Cutter*)



Gambar 2.4 Pisau Frais Samping

Pisau frais samping seperti (gambar 2.4 pisau frais samping) mirip dengan frais rata tetapi pada salah satu atau kedua sisinya terdapat gigi pemotong.

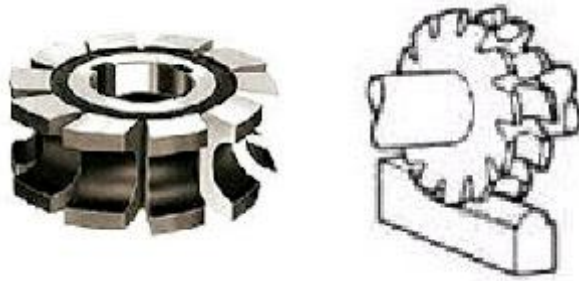
2. Pisau Frais Muka (*Face Milling Cutter*)



Gambar 2.5 Pisau Frais Muka

Pisau frais muka seperti (gambar 2.5 pisau frais muka) ada yang berbentuk pisau frais solid ada juga yang berupa pisau frais dengan gigi pemotong sisipan.

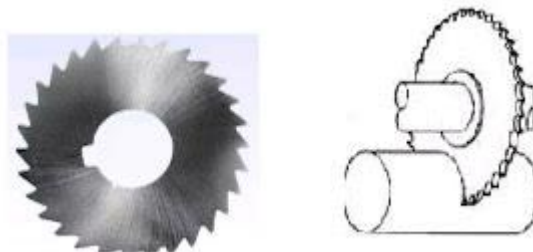
3. Pisau Frais Bentuk



Gambar 2.6 Pisau frais bentuk

Pisau frais bentuk ini seperti (gambar 2.6 pisau frais bentuk) digunakan untuk mengfrais benda kerja dengan bentuk-bentuk tertentu seperti bentuk cekung bentuk cembung dan lain-lain.

4. Pisau Frais Belah (*Slitting Saw Milling Cutter*)



Gambar 2.7 Pisau Frais Belah

Pisau belah seperti (gambar 2.7 pisau frais belah) mempunyai bermacam-macam ukuran dengan jumlah gigi yang berbeda-beda.

2.2. Pengertian Cairan Pendingin (*Coolant*)

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses permesinan. Selain untuk memperpanjang umur dari mata pahat, cairan pendingin juga memiliki beberapa kasus misalkan mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk dari hasil permesinan tersebut. Selain itu, cairan

pendingin juga mempunyai fungsi sebagai pembersih dan juga pembawa beram serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi.

Menurut Bala Murugan Gopalsamy, Biswanath Mondal, dan Sukamal Ghosh, (2009), proses *end mill* dengan menggunakan pahat awalan, kedalaman pemakanan dan panjang pemakanan merupakan hal yang paling mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja, keausan pahat yang digunakan dan volume benda kerja yang dihasilkan. Sedangkan proses *end mill* menggunakan pahat finishing, kecepatan potong adalah hal yang paling mempengaruhi keausan pahat dan kekasaran permukaan yang dihasilkan.

Menurut S. Thamizhmanii, dan S. Harun (2008), temperatur sangat mempengaruhi keausan pahat. Serta pada pahat CBN keausan tepi disebabkan oleh proses abrasi dan defusi sedangkan pada pahat PCBN lebih disebabkan karena abrasi. Semua hal tersebut lebih disebabkan karena kecepatan potong yang tinggi.

Menurut Rochmat Efendi, (2006), penggunaan sistem pendingin pada proses pemakanan besi cor sangat berpengaruh terhadap tingkat keausan pahat. Dimana sistem pendingin dengan metode aliran dan cairan pendingin yang digunakan water coolant merupakan cairan pendingin yang paling efektif dalam memperkecil keausan mata pahat karbida.

Dian wahyudi (2006), dalam penelitiannya tentang studi metode pendinginan terhadap kualitas hasil *end milling* yang menyimpulkan bahwa : Kondisi yang paling baik dalam hasil dari proses *end milling* adalah pada Kecepatan potong (V_c) tinggi : 7200 rpm/menit, kedalaman pemakanan (V_f) rendah : 0,1 mm, pada metode pendinginan dengan cara disemprotkan.

2.2.1 Fungsi Cairan Pendingin

1. Melumasi proses pemotongan khususnya pada saat kecepatan potong rendah maupun kecepatan potong yang tinggi.
2. Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi agar tidak cepat terjadi keausan pada mata pahat dan menghaluskan permukaan benda kerja.
3. Membuang beram yang di timbulkan dari daerah pemotongan agar tidak mengganggu atau memperlambat gerakan putaran pada proses pemotongan.
4. Untuk menghindari terjadinya hal hal yang tidak di inginkan pada proses pemotongan seperti halnya penyebab yang ditimbulkan adalah korosi pada material tersebut.

2.2.2 Jenis-jenis Cairan Pendingin

Cairan pendingin digunakan pada proses pemotongan logam atau proses pemesinan untuk beberapa alasan, antara lain : untuk memperpanjang umur pahat, mengurangi deformasi benda kerja karena panas, meningkatkan kualitas permukaan hasil pemesinan, dan membersihkan beram dari permukaan potong. Cairan pendingin yang digunakan dapat dikategorikan dalam beberapa jenis yaitu meliputi sebagai berikut :

- Minyak murni (*Straight Oils*)
- Soluble Oils
- Cairan semi sintetis (*Semisynthetic fluids*)
- Cairan sintetis (*Synthetic fluids*)
- Minyak Kimia (*Dromus Oil*)
- Minyak CPO (*Crude Palm Oil*)

A. Minyak Murni (*Straight Oils*)

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, dan 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 menghasilkan pelumasan terbaik, akan tetapi sifat pendinginannya paling jelek diantara cairan pendingin yang lain.

B. Minyak Sintetik (*Synthetic Fluids*)

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 diantara semua cairan pendingin.

C. Soluble Oil

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 industri pemesinan dan harganya lebih murah diantara cairan pendingin yang lain.

D. Cairan semi sintetis (*Semi-synthetic fluids*)

Cairan semi sintetis (*Semi-synthetic fluids*) adalah kombinasi antara minyak sintetis dan soluble Oil dan memiliki karakteristik kedua minyak pembentuknya. Harga dan unjuk kerja penghantar panasnya terletak antara dua buah cairan pembentuknya tersebut.

E. Minyak Kimia (*Dromus Oil*)

Minyak kimia (*Dromus oil*) merupakan suatu minyak mineral hasil penyulingan dan aditif yang komposisi dan sifat kimianya tertera pada tabel 2.1 *Dromus Oil* memberikan pendinginan yang sangat baik, pelumasan dan perlindungan karat digunakan dalam berbagai pengerolan dan pengerjaan mesin terutama dalam proses pemesinan perkakas. *Dromus oil* mempunyai kelarutan tingkat tinggi terhadap air sehingga dapat diemulsikan dengan rasio air, selain dari pada itu *dromus oil* juga tidak memiliki ampas ampas ataupun larutan larutan yang kasar yang dapat merusak alat potong dan juga spesimen benda kerja, *dromus oil* biasanya dicampurkan dengan air sebanyak 5:1 sampai 10:1 misalnya 5 liter air dicampurkan dengan 1 liter *dromus oil*, dengan demikian sangat memungkinkan dimanfaatkan sebagai pendinginan pada besi saat terjadinya pemakanan pada proses pengerjaan berlangsung.

Tabel 2.1 Komposisi dan Sifat Kimia *Dromus Oil*

NO.	Komposisi		Chemical Properties
	Name	Proportion	
1	Sodium sulphonate	1 - 4.9%	Initial boiling : > 100 0C
2	Polyolefin ether	1 – 3%	Flash point : > 100 0C
3	Alkyl amide	1 -3 %	Density : 930 Kg/m ³ at 150C
4	Long chain alkenyl amide borate	1 – 2.4%	Kinematic viscositty 400 mm ² /sec

(Sumber: Karmin dan Muchtar Ginting, 2012:3)

F. Minyak CPO (*Crude Palm Oil*)

Minyak CPO (*Crude Palm Oil*) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati *edibel* yang didapatkan dari buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elaeis guineensis* dan sedikit dari spesies *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa*. (Reeves,1979 dalam wikipedia.org). Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan beta-karoten yang tinggi. Minyak *CPO* berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang sama. Minyak *CPO* juga banyak memiliki endapan atau sisa serat-serat yang diakibatkan oleh buah sawit pada saat pengefraisan sehingga dalam minyak *cpo* terdapat banyak serat-serat dan juga lemak jenuh yang dapat merusak alat potong pahat sekaligus dapat merusak permukaan benda kerja menjadi kasar.

2.2.3 Metode Pemberian Cairan Pendingin Pada Proses Permesinan.

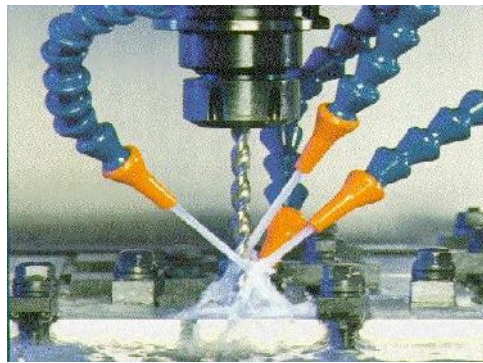
Cara pemberian cairan pendingin pada proses pemesinan memiliki beberapa cara adalah sebagai berikut :

1. Dibanjirkan ke benda kerja (*Flood Application of Fluid*) seperti pada (gambar 2.8), pada pemberian cairan pendingin ini seluruh benda kerja di sekitar proses pemotongan dibanjiri dengan cairan pendingin melalui saluran cairan pendingin yang jumlahnya lebih dari satu.



Gambar 2.8 Dibanjiri ke benda kerja

2. Disemprotkan (*Jet Application of Fluid*), seperti (gambar 2.9). 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 adalah 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 2.9 Disemprotkan langsung ke benda kerja

3. Dikabutkan (*Mist Application of Fluid*), seperti (gambar 2.10). pemberian cairan pendingin dengan cara ini cairan pendingin dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan.



Gambar 2.10 Dengan cara dikabutkan ke benda kerja.

2.3 Definisi Keausan Pada Mata Pahat

Keausan dan kerusakan pada pahat terjadi akibat suatu faktor atau gabungan dari beberapa faktor dominan berupa proses *abrasi*, proses kimiawi, proses *adhesi*, oksidasi, proses *deformasi plastis* dan proses keretakan dan juga kelelahan. Adapun jenis keausan yang terjadi pada mata pahat terdiri atas keausan kawah (*creater wear*) yang terjadi pada bidang geram, dan keausan tepi (*flank wear*) yang terjadi pada bidang utama pada pahat.

Semakin besar keausan yang terjadi pada pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis pula. Jika pahat tersebut masih juga digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat sama sekali akan rusak, untuk menghindari hal tersebut supaya tidak terjadi maka di tetapkan pula suatu batas harga keausan tersebut (dimensi dari keausan tepi atau keausan kawah) yang dapat dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tersebut tidak boleh digunakan kembali. Berdasarkan pengalaman batas keausan yang diizinkan bagi suatu jenis pahat yang digunakan dapat dilihat pada table 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Batas keausan kritis pada mata pahat

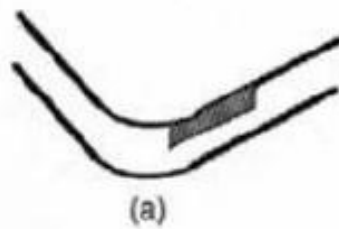
Pahat	Benda Kerja	VB (mm)	K
HSS	Baja dan Besi tuang	0,3-0,8	-
Karbida	Baja	0,2-0,6	0,3
Karbida	Besi tuang dan non Ferro	0,4-0,6	0,3
Keramik	Baja dan Besi tuang	0,3	-

Sumber : Taufik Rochim (2007) Institut Teknologi Bandung

2.3.1 Jenis-jenis Keausan Pada Mata Pahat

1. Keausan Tepi (*Flank Wear*)

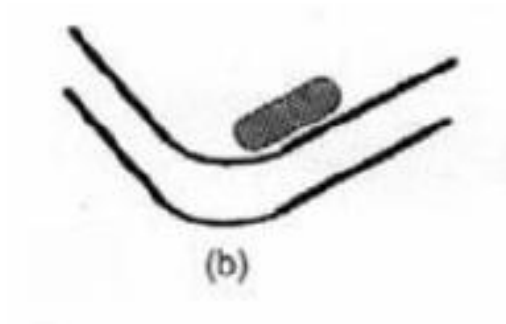
Keausan flank atau sering seperti (gambar 2.11) disebut juga keausan tepi yaitu keausan pada bidang utama atau mayor. Keausan tepi tidak dapat dilihat dengan kesat mata melainkan harus melihat dan mengamatinya menggunakan mikroskop, dimana bidang mata potong diatur sehingga tegak lurus terhadap sumbu optic. Dalam hal ini besarnya keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.



Gambar 2.11 Keausan tepi

2. Keausan kawah (*Crater Wear*)

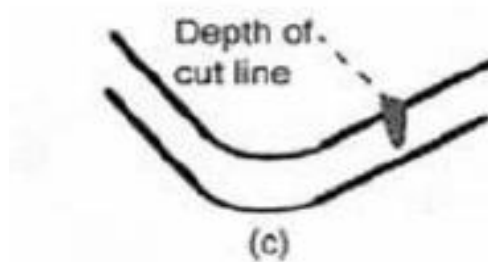
Keausan pada bidang geram sering seperti (gambar 2.12) disebut dengan keausan kawah (*crater wear*). Keausan kawah hanya dapat diukur dengan mudah dan dengan memakai alat ukur kekasaran permukaan. Dalam hal ini jarum atau sensor alat ukur digeserkan pada bidang geram pada sumbu pergeseran yang diatur sehingga sejajar dengan bidang geram. Dari grafik profil permukaan yang di peroleh dapat pula diukur jarak / kedalaman yang paling besar yang menyatakan harga KT (mm).



Gambar 2.12 Keausan kawah

3. Pengelupasan (*Flaking*)

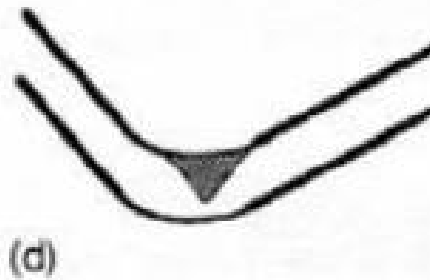
Pengelupasan sering seperti (gambar 2.13) merupakan bentuk keausan pada pahat yang letaknya sama dengan keausan tepi (*flank wear*) tetapi bentuknya lebih kecil dan juga halus.



Gambar 2.13 Pengelupasan (*Flaking*)

4. Penyerpihan (*Chipping*)

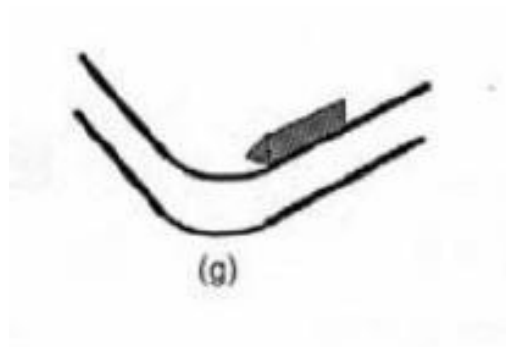
Penyerpihan seperti (gambar 2.14) merupakan salah satu bentuk kecacatan kecil pada mata pahat yang terletak pada bagian sisi dari mata pahat (*cutting edge*).



Gambar 2.14 Penyerpihan (Chipping)

5. Built-Up Edge (*BUE*)

Built Up Edge seperti (gambar 2.15) terjadi karena material benda kerja menyatu dengan mata pahat. Penumpukan lapisan material benda kerja pada bidang geram di daerah dekat mata potong di dalam proses permesinan di sebut dengan BUE (*Built Up Edge*) yang mengubah geometri pahat karena berfungsi sebagai mata potong yang baru dari pahat yang bersangkutan. Karena telah mengalami regangan yang tinggi. BUE dalam proses pemotongan baja akan menjadi sangat keras (*strain hardened*).

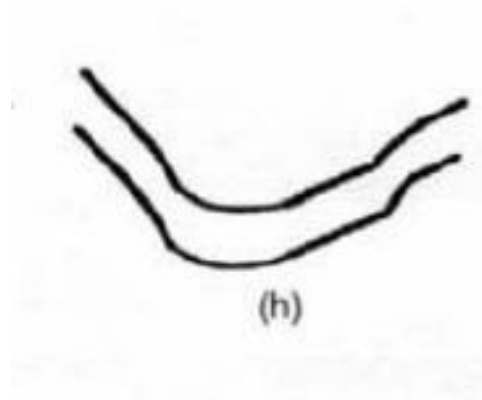


Gambar 2.15 Built-Up Edge (BUE)

6. Deformasi Plastis Nyata

Keausan pahat seperti (gambar 2.16) berupa deformasi plastis disebabkan oleh tekanan temperature yang tinggi pada bidang aktif pahat. Dimana

kekerasan dan kekuatan material akan turun bersamaan dengan naiknya temperature tersebut.



Gambar 2.16 Deformasi Plastis Nyata

2.3.2. Faktor yang Mempengaruhi Keausan

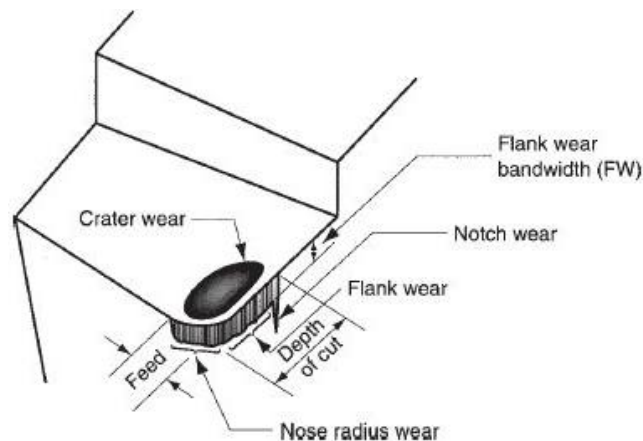
Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keausan pada mata pahat meliputi beberapa hal sebagai berikut, antara lain :

1. Pemakanan mata pahat pada suatu benda kerja yang bahannya lebih keras dibandingkan dengan pahat potong yang digunakan.
2. Kecepatan putar dari mesin kepada benda kerja yang terlalu tinggi dan terus menerus sehingga dapat menyebabkan keausan pada mata pahat.
3. Penggunaan fluida pendingin yang tidak efisien akan menyebabkan aus pada mata pahat.
4. Adanya kerak-kerak yang terdapat pada permukaan benda kerja sehingga dapat merusak mata pahat dan menyebabkan keausan.

2.3.3. Mekanisme Keausan Pada Pahat

Keausan didefinisikan sebagai kerusakan permukaan benda yang secara umum berhubungan dengan meningkatnya material yang hilang disebabkan oleh pergerakan relatif benda dan sebuah substansi kontak. Keausan pahat akan timbul

dengan sendirinya dalam proses pemotongan logam. Keausan dan kerusakan pada pahat terjadi akibat suatu faktor berupa *abrasive*, proses kimiawi, proses *adhesive*, dan *deformasi plastic*. Keausan pada pahat terdiri dari dua bagian yaitu keausan kawah, (*crater wear*) yang terjadi pada bidang geram dan keausan tepi (*flank wear*) yang terjadi pada bidang utama pada mata pahat, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.17 sebagai berikut.



Gambar 2.17. Mekanisme keausan pada pahat.

Adapun mekanisme keausan pada mata pahat meliputi beberapa hal, antara lain :

1. Keausan *Adhesive* adalah keausan yang terjadi ketika satu permukaan terjadi gesekan terhadap permukaan lain dan mengikis salah satu permukaan diikuti dengan yang lainnya, kemudian kikisan tersebut keluar dari permukaan sebelumnya. Setelah melalui berbagai percobaan, Hukum keausan adhesive meliputi :

- a. Keausan tersebut berbanding langsung dengan muatan antara permukaan yang berinteraksi.
- b. Keausan tersebut berbanding pada suatu jarak gesekan.

- c. Keausan tersebut berbanding terbalik dengan kekerasan yang telah diauskan.

Secara matematis dapat dituliskan rumus Hukum keausan Adhesive Holm-Archard seperti pada persamaan 2.4 berikut:

$$V = \frac{kLx}{p} \quad (2.4)$$

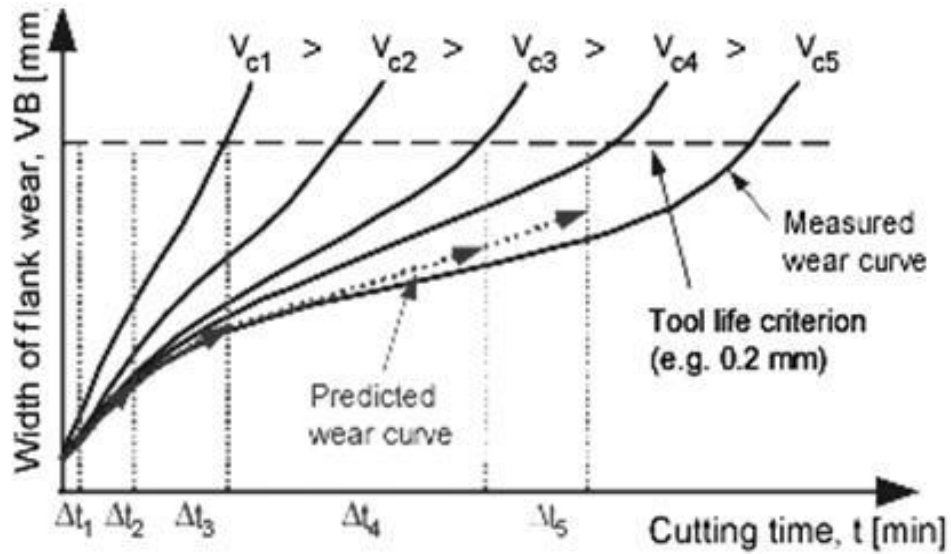
2. Keausan *Abrasive* dapat terjadi ketika permukaan kasar yang keras dan atau permukaan yang mengandung partikel keras menggesek bagian atas dari permukaan yang lunak. Pada keausan pahat, keausan *abrasive* adalah pemindahan dari material pahat oleh fase abrasif yang keras pada material kerja. Fase abrasif dengan morfologi yang kompleks dapat menghasilkan *abrasi* 2-body sementara abrasi dengan morfologi yang sederhana menghasilkan *abrasi* 3-body.

Model *abrasi* 2-body dapat dituliskan pada persamaan 2.5 berikut :

$$V_{2-body} = \frac{L \tan \alpha}{f \cdot p_1} x \quad (2.5)$$

2.3.4 Pertumbuhan Keausan Pada Mata Pahat

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya mengikuti bentuk, yaitu dimulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi seperti pada (Gambar 2.18 Pertumbuhan keausan).



Gambar 2.18 Pertumbuhan keausan

Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, dan hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai saat batas ini, keausan tepi (VB) dapat dianggap merupakan fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma maka mempunyai hubungan linier. Persamaan yang menunjukkan hubungan kecepatan potong dengan umur pahat pertama kali dikemukakan oleh F.W Taylor pada tahun 1970 .

Untuk harga yang tetap bagi batas dimensi keausan serta kombinasi pahat dan benda kerja tertentu, maka penentuan umur pahat yang dikemukakan oleh F.W Taylor (1970) dapat dituliskan pada persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$V \cdot T^n = C_t \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) di atas dikenal dengan nama *Persamaan Umur Pahat Taylor*. Harga Konstanta C_t dan eksponen n diperoleh dengan melakukan praktek

pemotongan/permesinan material benda kerja. Semakin kecil harga eksponen n , maka umur pahat yang bersangkutan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong.

Menurut penelitian yang pernah dilakukan, pengaruh perubahan variabel permesinan terhadap perubahan umur pahat, secara berurutan dari yang paling besar pengaruhnya adalah:

- a. Kecepatan potong, v ; bila diubah +5%, T turun 20%,
- b. Batasan keausan, VB ; bila diubah +5%, T naik 10%,
- c. Tebal geram atau gerak makan; bila diubah +5%, T turun 5%,
- d. Lebar geram, atau kedalaman potong; bila di-ubah +5%, T turun 2%.

2.4 Analisa Rumus Keausan Mata Pahat

Adapun analisa rumus yang digunakan dalam menghitung keausan mata pahat karbida yang digunakan pada saat proses mesin frais meliputi sebagai berikut :

2.4.1. Analisa Rumus Keausan Dengan Metode Berat (*massa*)

Adapun rumus ataupun cara yang digunakan untuk menghitung keausan pahat baik yang sudah digunakan maupun pahat yang belum digunakan dengan menggunakan metode berat (*massa*) seperti yang dituliskan pada persamaan 2.7 sebagai berikut :

$$\Delta m = m_0 - m_1 \quad (2.7)$$

2.4.2 Analisa Rumus Keausan Dengan Metode Volume

Adapun rumus ataupun cara yang digunakan untuk menghitung keausan volume pahat dalam gelas ukur baik pahat yang sudah digunakan maupun pahat

yang belum digunakan dengan menggunakan metode keausan volume seperti yang dituliskan pada persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$\Delta V = V_0 - V_1 \quad (2.8)$$

2.4.3 Analisa Rumus Keausan Dengan Metode Panjang (*linier*)

Adapun rumus ataupun cara yang digunakan untuk menghitung panjang keausan pahat baik pahat yang sudah digunakan maupun pahat yang belum digunakan dengan menggunakan metode panjang keausan (*linier*) seperti yang dituliskan pada persamaan 2.9 sebagai berikut :

$$\frac{\text{sebelum aus} - \text{sesudah aus}}{\text{sebelum aus}} \times 100\% \quad (2.9)$$

2.5 Besi Cor (*Cast iron*)

Cast Iron adalah Besi tuang atau besi cor (*Cast iron*) adalah paduan besi carbon-carbon dengan kandungan lebih dari 2%. Paduan besi dengan karbon kurang dari 2% disebut sebagai baja. Unsur paduan utama yang membentuk karakter besi tuang adalah karbon (*C*) antara 3-3,5% dan silikon (*Si*) antara 1,8-2,4%. Perbedaan kadar *C* dan *Si* menyebabkan titik lebur besi tuang yang terkandung lebih rendah dari baja, yakni sekitar 1.150 sampai 1.200° C. Unsur paduan yang terkandung didalamnya mempengaruhi warna patahannya ; besi tuang putih mengandung unsur karbida sedangkan besi tuang kelabu mengandung serpihan drafit.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan uji coba dilakukan sejak tanggal usulan oleh pengolah Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dan langkah langkah penelitian dilakukan pada tabel 3.1 dibawah ini.

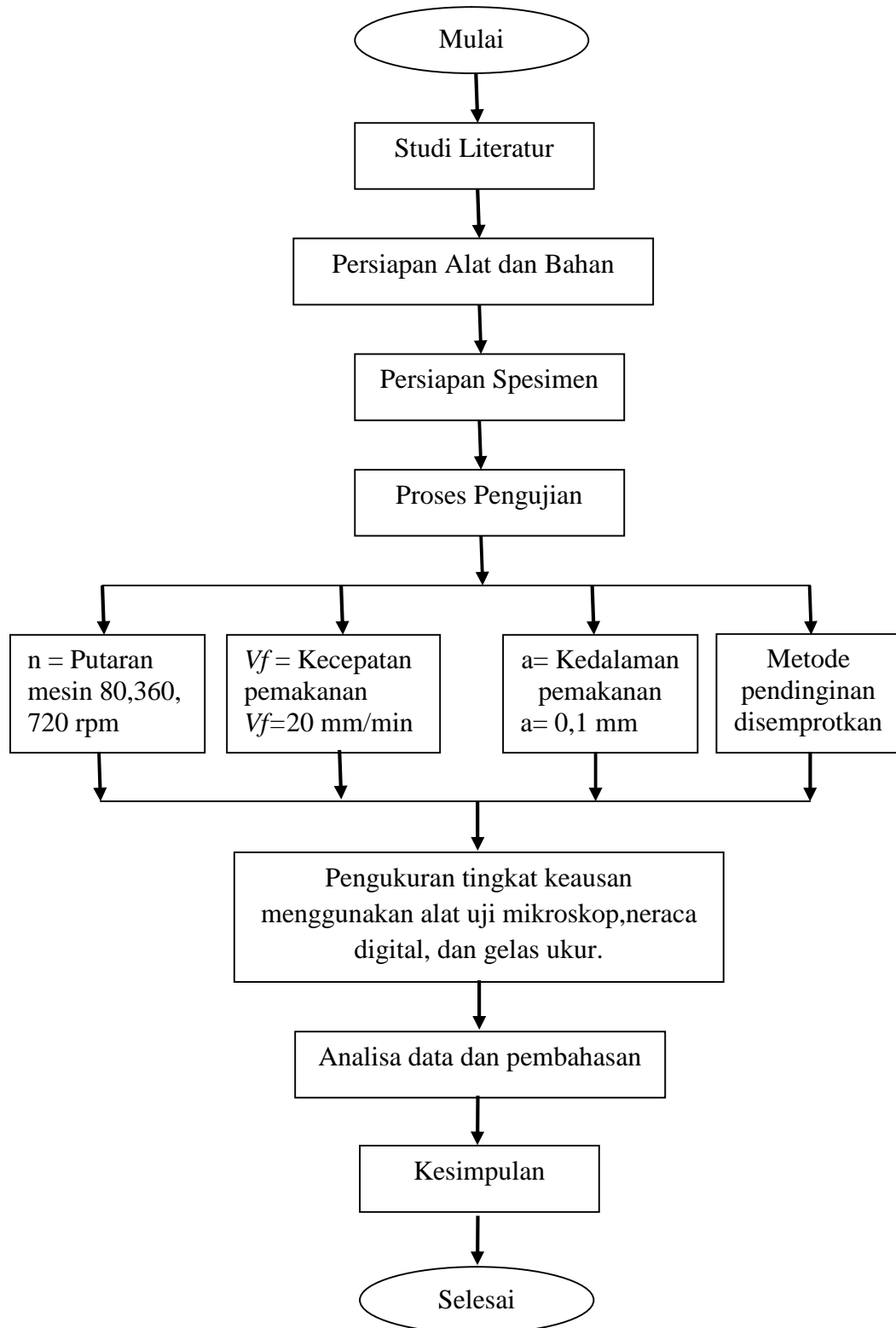
Tabel 3.1 Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian.

No	Kegiatan	Bulan (Tahun 2017/2018)						
		Februari 2018	Maret 2018	April 2018	Mei 2018	Juni 2018	Juli 2018	Agustus 2018
1	Pengajuan Judul							
2	Studi Literatur							
3	Penyiapan Alat Dan Bahan							
4	Pembuatan Alat Uji							
5	Pengujian Spesimen							
6	Penyelesaian Skripsi							
67	Seminar /Sidang							

3.1.2 Tempat

Tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang dipakai dalam pengujian ini terdiri dari :

1. Mesin *Milling*

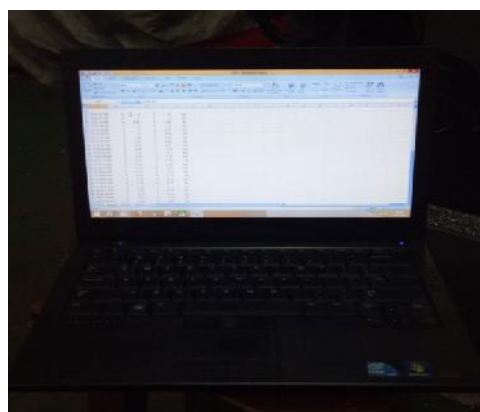
Berfungsi sebagai alat pengujian yang akan dilakukannya pelaksanaan pengujian pada mesin frais.



Gambar 3.2 Mesin *Milling* Lab Teknik Mesin UMSU

2. Laptop

Berfungsi sebagai system control pada perangkat yang terdapat didalam dynamometer tersebut pada saat pengujian.



Gambar 3.3 Laptop

3. Bingkai Dynamometer Meja Frais

Berfungsi sebagaiudukan sensor *Load Cell* pada proses pengujian mesin frais.



Gambar 3.4 Bingkai Dynamometer Meja Frais

4. Dynamometer Meja Frais

Berfungsi sebagai penekan sensor *Load Cell* pada bingkai meja frais



Gambar 3.5 Dynamometer Meja Frais

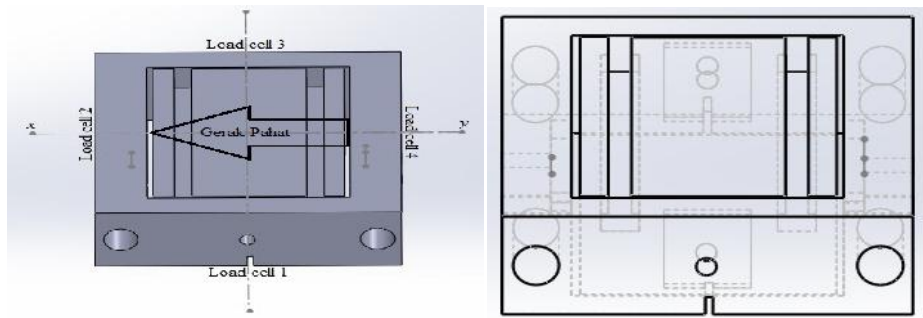
5. Dynamometer Meja Mesin Frais

Berfungsi sebagai alat uji mesin frais dan sekaligus dududukan spesimen besi cor pada saat pengujian.



Gambar 3.6 Dynamometer Meja Mesin Frais

6. Arah Gerak Mata Pahat



Gambar 3.7 Arah Gerak Mata Pahat

7. Kunci L

Berfungsi sebagai alat bantu dalam pemasangan dan pelepasan dynamometer serta mata pahat pada saat pengujian.



Gambar 3.8 Kunci L

8. Arbor mesin frais

Berfungsi sebagai tempat danudukan yang digunakan untuk memasang mata pahat pada proses frais.



Gambar 3.9 Arbor Mesin Frais

9. Mikroskopik

Digunakan untuk melihat dan mengukur keausan yang terjadi pada mata pahat yang digunakan pada proses pemakanan benda kerja dalam mesin *milling*.



Gambar 3.10 Mikroskop

10. Gelas Ukur

Digunakan untuk melihat permukaan volume air yang berada dalam gelas ukur ketika mata pahat yang sudah digunakan maupun belum di gunakan dimasukkan.



Gambar 3.11 Gelas Ukur

11. Neraca Digital

Digunakan untuk menimbang berat mata pahat yang sudah digunakan maupun belum di gunakan .



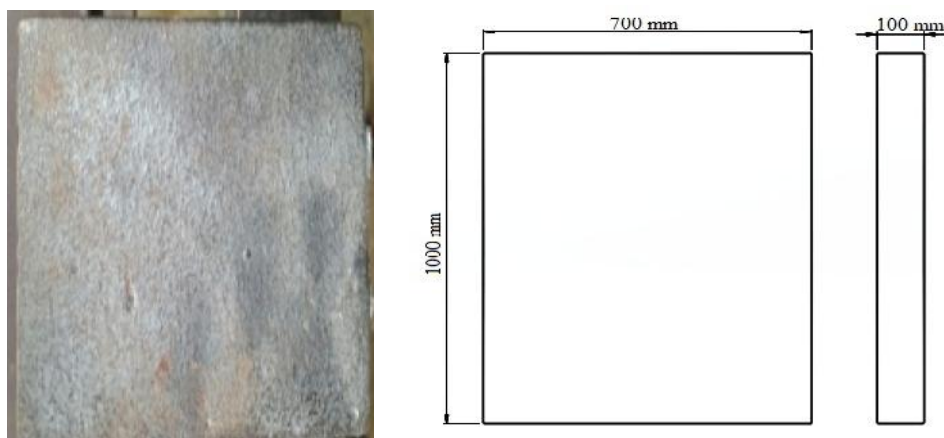
Gambar 3.12 Neraca Digital

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk menjadi objek dari pengujian ini adalah besi cor (*cast iron*).

1. Besi Cor (*Cast Iron*)

Berfungsi sebagai spesimen bend uji yang digunakan pada saat proses pengujian berlangsung.



Gambar 3.13 Besi Cor (*Cast Iron*)

2. Mata Pahat Insert Karbida

Berfungsi sebagai alat potong yang digunakan pada saat pengujian belangsung.



Gambar 3.14 Mata Pahat Insert Karbida

3. Dromus oil (*Minyak kimia*)

Berfungsi sebagai media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan spesimen dan mata pahat tersebut pada saat pengujian dimulai.



Gambar 3.15 Minyak kimia (*Dromus oil*)

4. Minyak kelapa sawit (*CPO*)

Minyak CPO (*Crude Palm Oil*) atau minyak kelapa sawit adalah berfungsi sebagai media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan specimen dan mata pahat tersebut pada saat pengujian dilakukan.



Gambar 3.16 Minyak CPO

3.3. Metode Pengumpulan Data

Prosedur yang dilakukan dalam pengujian proses frais dengan penggunaan dua jenis bahan uji mata pahat insert karbida dan besi cor yaitu :

1. Meguji mesin frais dengan tanpamengalami pemakanan.
2. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pada kecepatan putaran mesin 80 rpm dan melepaskan kembali mata pahat yang sudah digunakan untuk di lakukannya pengambilan data keausan mata pahat yang akan di uji kembali menggunakan alat uji mikroskop,gelas ukur dan neraca digital.
3. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pada kecepatan putaran mesin 360 rpm dan melepaskan kembali mata pahat yang sudah digunakan untuk dilakukannya pengambilan data keausan mata pahat yang akan di uji kembali menggunakan alat uji mikroskop,gelas ukur dan neraca digital, dan selanjutnya.
4. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pada kecepatan putaran mesin 720 rpm dan melepaskan kembali mata pahat yang sudah digunakan

untuk di lakukannya pengambilan data keausan mata pahat yang akan di uji kembali menggunakan alat uji mikroskop, gelas ukur dan neraca digital.

3.4. Metode Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari data primer dan data skunder yang diolah kedalam rumus empiris, kemudian data perhitungan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik.

3.5. Pengamatan dan Tahap Pengujian

3.5.1. Pengamatan

Pada penelitian yang akan diamati adalah :

1. Rpm (n)
2. Keausan mata pahat karbida (Vb)

3.5.2. Tahapan Pengujian

Pada tahapan ini yang menjadi acuan adalah besi cor dan mata pahat insert karbida. Yang kemudian akan dilakukan pengujian kembali untuk mendapatkan data karakteristik dari mata pahat yang telah digunakan pada proses pemakanan untuk dilakukannya pengujian dengan menggunakan alat neraca digital untuk mendapatkan perbandingan massa keausan dari mata pahat yang belum di gunakan maupun yang sudah digunakan, menggunakan alat gelas ukur untuk mendapatkan perbandingan volume keausan mata pahat baik yang belum digunakan ataupun sudah digunakan, dan selanjutnya menggunakan alat mikroskop guna untuk mendapatkan nilai dan juga data dari seberapa besar ataupun panjang keausan yang terjadi pada mata pahat tersebut.

3.6. Alat Uji

Untuk melakukan penelitian ini, adapun spesifikasi alat uji yang digunakan adalah :

1. Mesin Frais Emco F3

Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin Frais Emco F3

Rentang meja kerja	:	300 x 200 x 350 mm
Alat pemegang	:	SK30, 8
Kecepatan poros	:	80 – 2200 rpm
Berat	:	500kg
Dimensi	:	1,30 x 1,20 x 1,80 m
Sumbu X dan Y, termasuk alat pendingin		

2. Mata Pahat Insert Karbida

Tabel 3.3 Spesifikasi Bahan Mata Pahat Insert Karbida

Grade Name	:	VC 2 (<i>valenite solid carbide</i>)
Insert Material	:	Uncoated medium grain
Tingkat Iso	:	M10 – 20 (Untuk pengerjaan stainless steel) K10 – 20 (Untuk pengerjaan besi cor)
Penggunaan	:	Rouging, Semi Finishing, Threading-Grooving
Kekerasan	:	1300 – 1800 (Hardness Vickers)
Daya Tahan Panas	:	1000°C
Masa Jenis	:	10,39 (gr)

3. Neraca Digital

Tabel 3.4 Spesifikasi Neraca Digital GHL

Nama	:	Neraca Digital GHL
Penggunaan	:	Menimbang Spesimen Mata Pahat Karbida
Beban Maksimal	:	0 – 1000 gram
Satuan	:	Gram (gr)

4. Gelas Ukur

Tabel 3.5 Spesifikasi Gelas Ukur PYREX LIC

Nama	:	PYREX Asahi Glass Under LIC
Penggunaan	:	Mengukur volume air
Volume Maksimal	:	0 – 1000 mililiter
Satuan	:	Mililiter (ml)

5. Mikroskop

Tabel 3.6 Spesifikasi Mikroskop

Nama	: Mikroskop Rax Vision Olympus
Skala Pembesaran	: 50 x, 100 x s/d 200 x Pembesaran
Satuan	: Milimeter (mm)
Jenis Penggunaan	: Foto Mikroskopis

3.7. Prosedur Pengujian

Pada pengujian kinerja mesin ini digunakan alat instrumentasi dynamometer mesin frais untuk mendapatkan nilai keausan pada mata pahat yang akan di teliti adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan dan alat-alat yang digunakan dalam pengujian.
2. Menyalakan laptop lalu memasang kabel *USB* arduino uno ke laptop.
3. Membuka program *load cell*.
4. Memasang meja frais .
5. Memasang mata pahat karbida ke spindle.
6. Mengisi cairan pendingin dromus oil kedalam tangki mesin frais dengan mencampurkannya menggunakan air bersih pada perbandingan 1 : 3 sama dengan 1 liter *dromus oil* dan 3 liter air bersih.
7. Memasang spesimen yang akan diuji.
8. Menghidupkan mesin pada putaran 80 rpm dengan waktu selama kurang lebih 6 sampai dengan 7 menit.
9. Menjalankan program *PLXDAQ* dengan cara klik tombol *connect*.
10. Setelah mencapai putaran maksimum, klik tombol *disconnect* pada program *PLX DAQ* lalu simpan data hasil pengujian.

11. Melakukan hal yang sama seperti diatas dengan variasi rpm yang berbeda dan juga menggunakan cairan pendingin yang berbeda yaitu minyak cpo dan juga tanpa menggunakan cairan pendingin serta mata pahat yang berbeda dengan bahan mata pahat yang sama.
12. Matikan mesin dan melepaskan kembali mata pahat sekaligus besi cor
13. Membersihkan area ruangan dan mesin uji yang telah di gunakan pada saat pengujian berlangsung.

3.8. Pengambilan Data

3.8.1. Pengambilan Data Keausan Mata Pahat

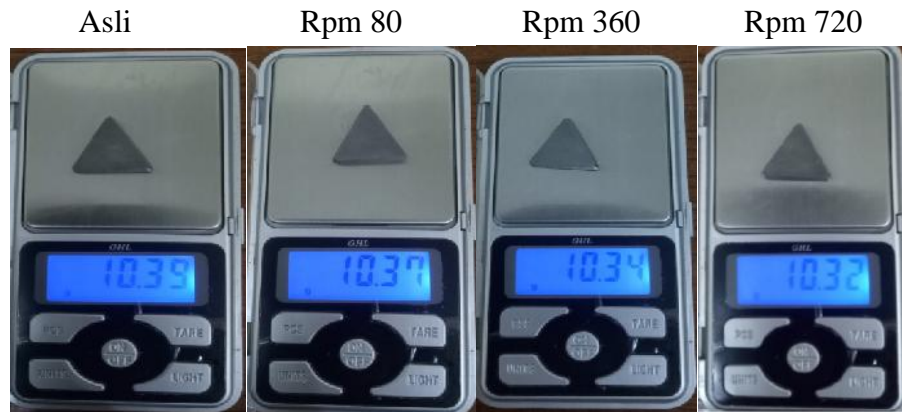
Pengambilan data berupa keausan pada mata pahat dapat dilihat dan diuji dengan menggunakan alat uji mikroskop yang selanjutnya data hasil pengujian keausan mata pahat tersebut diolah kembali untuk dijadikan hasil dalam pembahasan dari penelitian ini.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Berat (Massa)

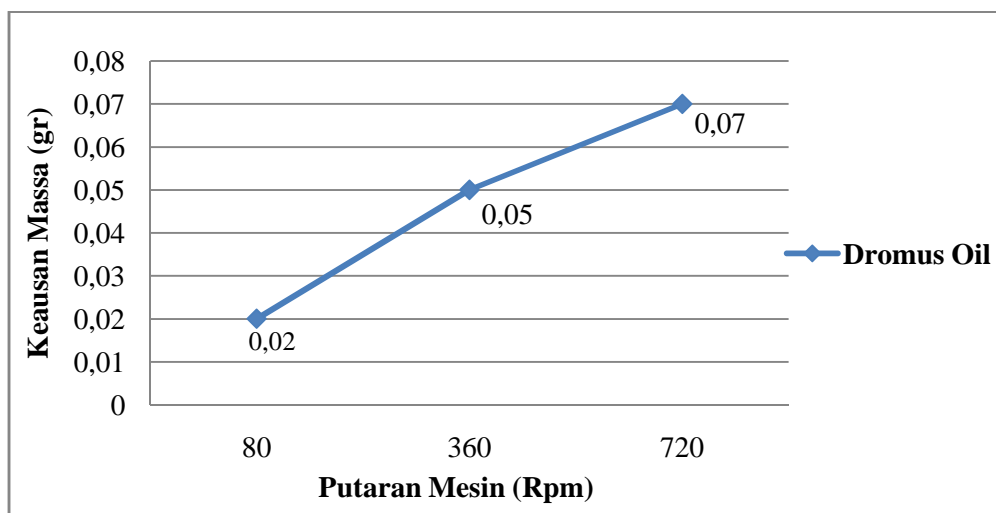
4.1.1. Data Cairan Pendingin Minyak Kimia (*Dromus Oil*)



Gambar 4.1. Hasil berat mata pahat dengan *dromus oil* yang sudah di timbang

Tabel 4.1. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (*dromus*)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Massa Sebelum (gr)	Massa Sesudah (gr)	Keausan Massa (gr)
80	0,1	20	Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	10,39	10,37	0,02
360	0,1	20		10,39	10,34	0,05
720	0,1	20		10,39	10,32	0,07



Gambar 4.2. Grafik putaran mesin dan keausan dengan berat menggunakan cairan pendingin *dromus oil*

Berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* menghasilkan keausan berat sebesar 0,02 gr, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,05 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,07 gr.

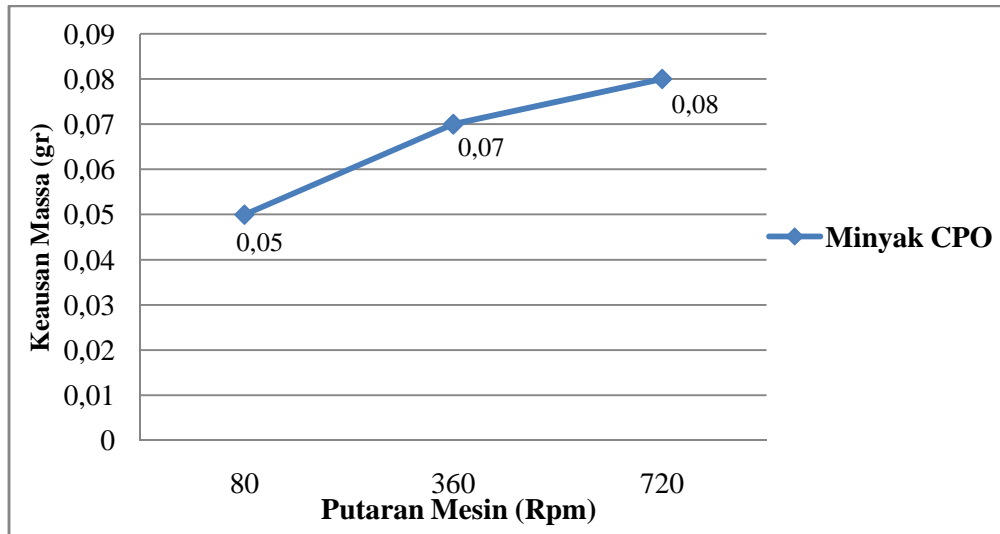
4.1.2. Data Cairan Pendingin Minyak Kelapa Sawit (CPO)



Gambar 4.3. Hasil berat mata pahat dengan *cpo* yang sudah di timbang

Tabel 4.2. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (CPO)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Massa Sebelum (gr)	Massa Sesudah (gr)	Keausan Massa (gr)
80	0,1	20	Minyak (CPO)	10,39	10,34	0,05
360	0,1	20		10,39	10,32	0,07
720	0,1	20		10,39	10,31	0,08



Gambar 4.4. Grafik putaran mesin dan keausan dengan berat menggunakan cairan pendingin *CPO*

Berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin Minyak *CPO* menghasilkan keausan berat sebesar 0,05 gr, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,07 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,08 gr.

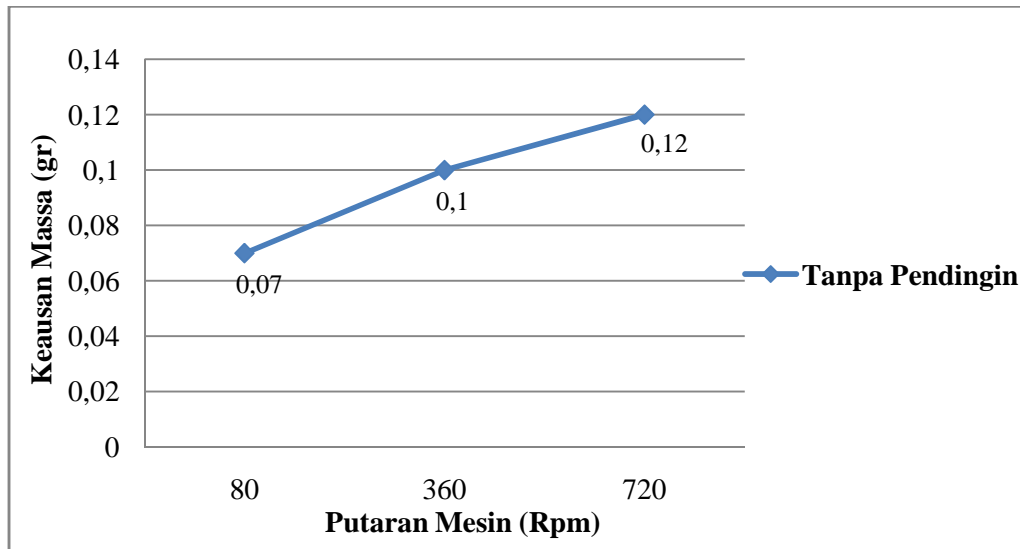
4.1.3. Data Tanpa Cairan Pendingin



Gambar 4.5. Hasil berat mata pahat tanpa pendingin yang sudah di timbang

Tabel 4.3. Nilai keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Massa Sebelum (gr)	Massa Sesudah (gr)	Keausan Massa (gr)
80	0,1	20	Tanpa Cairan Pendingin	10,39	10,32	0,07
360	0,1	20		10,39	10,29	0,1
720	0,1	20		10,39	10,27	0,12



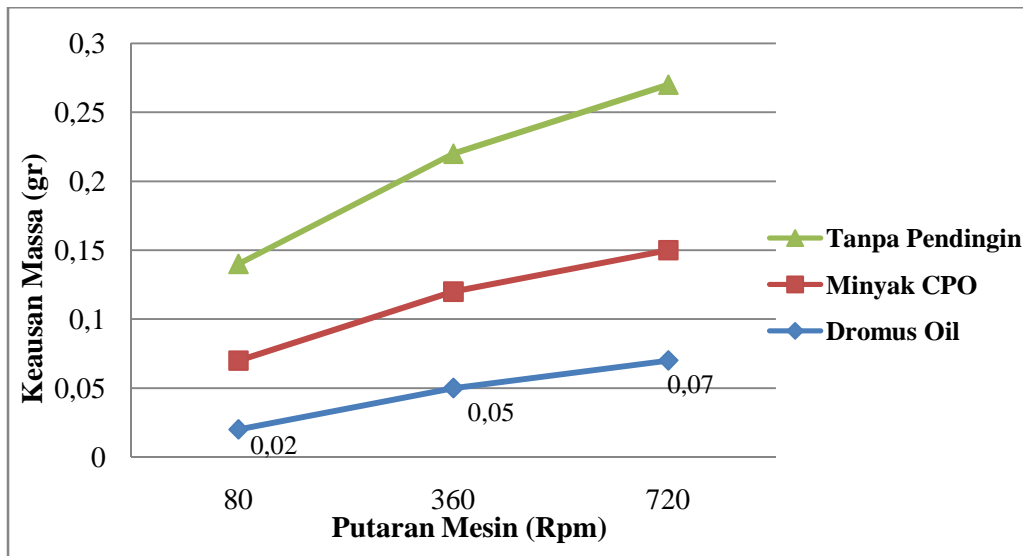
Gambar 4.6. Grafik putaran mesin dan keausan dengan berat tanpa menggunakan cairan pendingin

Berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr dari kecepatan putaran mesin 80 rpm tanpa menggunakan cairan pendingin menghasilkan keausan berat sebesar 0,07 gr, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,1 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,12 gr.

4.1.4. Hasil perbandingan berat keausan dari ketiga percobaan

Dari perbandingan masing masing ketiga percobaan yang dilakukan telah di dapatlah perbandingan berat keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin dromus oil, minyak kelapa sawit mentah dan juga tanpa menggunakan

cairan pendingin dapat dilihat dan di perhatikan seperti pada gambar 4.7 dibawah ini.

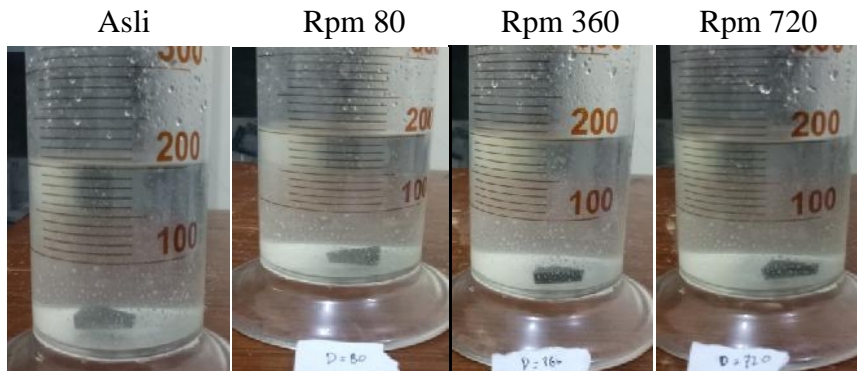


Gambar 4.7. Grafik putaran mesin dan perbandingan keausan berat dengan menggunakan cairan serta tidak menggunakan cairan pendingin

Berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *Dromus Oil* menghasilkan keausan berat sebesar 0,02 gr, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,05 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,07 gr. Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *Minyak CPO* menghasilkan keausan berat sebesar 0,05 gr, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,07 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,08 gr. Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm tanpa menggunakan cairan pendingin menghasilkan keausan berat sebesar 0,07 gr, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,1 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan berat sebesar 0,12 gr.

4.2. Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Keausan Volume

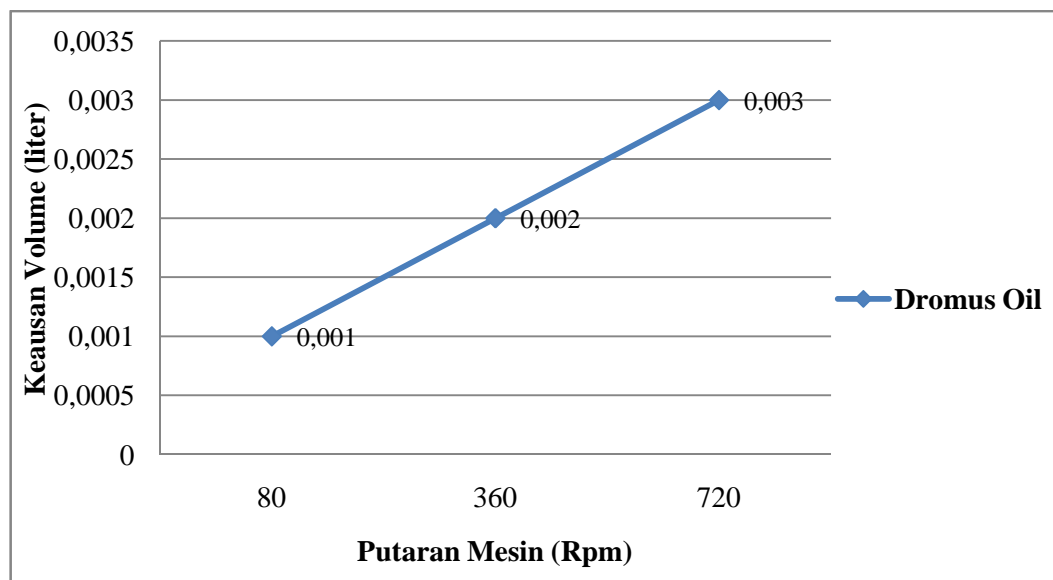
4.2.1. Data Cairan Pendingin Minyak Kimia (*Dromus Oil*)



Gambar 4.8. Hasil volume air yang dimasukkan mata pahat dengan pendingin *dromus oil*

Tabel 4.4. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (*dromus oil*)

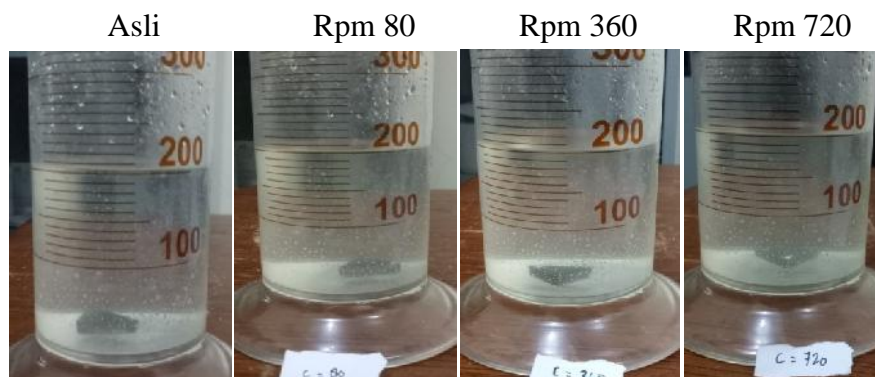
Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Cairan Pendingin	Volume Air Awal (V_{air}) ml	Volume Air Sebelum (V_0) ml	Volume Air Sesudah (V_1) ml	Keausan Volume (ΔV) ml
80	0,1	Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	200	207	206	1
360	0,1		200	207	205	2
720	0,1		200	207	204	3



Gambar 4.9. Grafik putaran mesin dan keausan dengan volume air menggunakan cairan pendingin *dromus oil*

Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukkannya mata pahat sebesar 200 ml, lalu dimasukkan mata pahat yang belum digunakan volume permukaan air sebesar 207 ml, selanjutnya dimasukkan mata pahat yang sudah digunakan untuk pengujian pada kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 206 ml serta didapat keausan volume sebesar 1 ml sama dengan 0,001 liter, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 205 ml serta didapat keausan volume sebesar 1 ml sama dengan 0,001 liter, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 204 ml serta didapat keausan volume sebesar 3 ml sama dengan 0,003 liter,

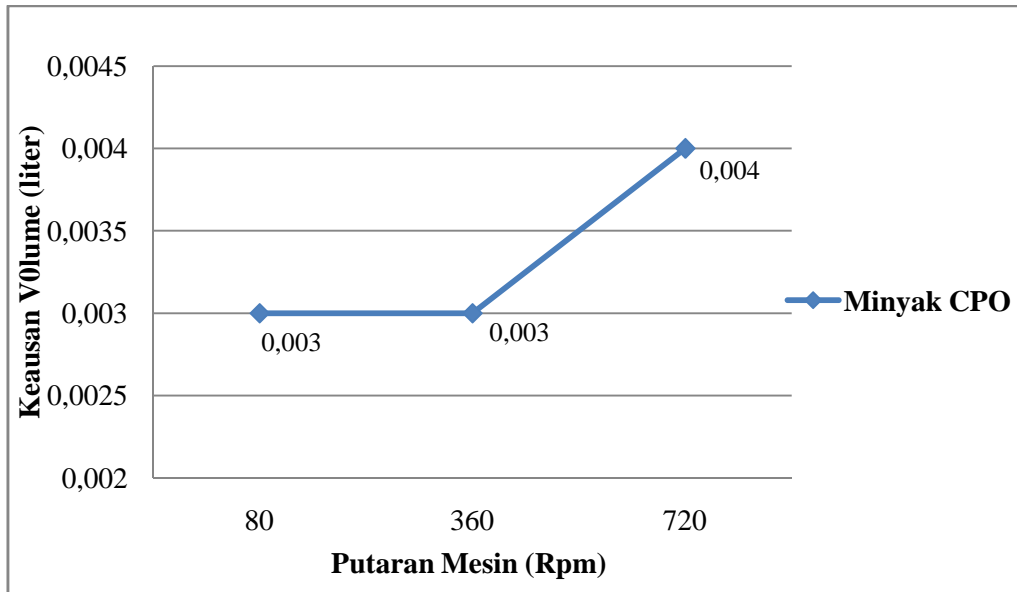
4.2.2. Data Cairan Pendingin Minyak Kelapa Sawit (CPO)



Gambar 4.10. Hasil volume air yang dimasukkan mata pahat dengan pendingin Minyak CPO

Tabel 4.5. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (CPO)

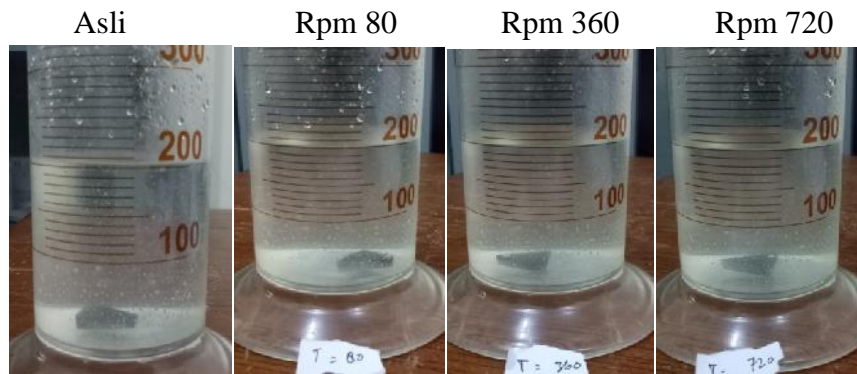
Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Cairan Pendingin	Volume Air Awal (V_0) ml	Volume Air Sebelum (V_1) ml	Volume Air Sesudah (V_2) ml	Keausan Volume (V_3) ml
80	0,1	Minyak (CPO)	200	207	204	3
360	0,1		200	207	204	3
720	0,1		200	207	203	4



Gambar 4.11. Grafik putaran mesin dan keausan dengan volume air menggunakan cairan pendingin minyak *CPO*

Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukkannya mata pahat sebesar 200 ml, lalu dimasukan mata pahat yang belum digunakan volume permukaan air sebesar 207 ml, selanjutnya dimasukan mata pahat yang sudah dipakai untuk pengujian, dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin minyak *cpo* menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 204 ml serta didapat keausan volume sebesar 3 ml sama dengan 0,003 liter, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 204 ml serta didapat keausan volume sebesar 3 ml sama dengan 0,003 liter, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 203 ml serta didapat keausan volume sebesar 4 ml sama dengan 0,004 liter.

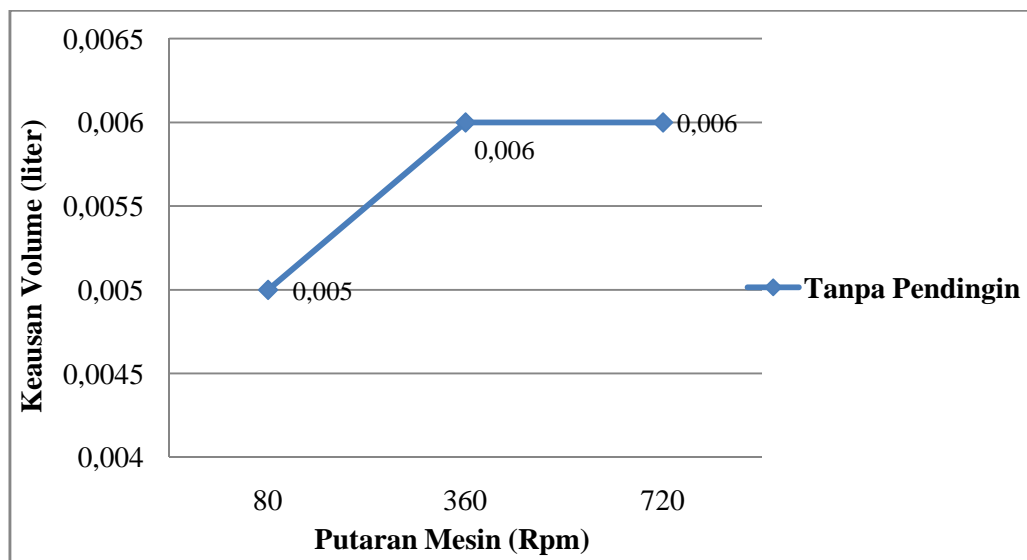
4.2.3. Data Tanpa Cairan Pendingin



Gambar 4.12. Hasil volume air yang dimasukkan mata pahat tanpa menggunakan cairan pendingin

Tabel 4.6. Nilai keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Cairan Pendingin	Volume Air Awal (V_0) ml	Volume Air Sebelum (V_1) ml	Volume Air Sesudah (V_2) ml	Keausan Volume (V_3) ml
80	0,1	Tanpa Pendingin	200	207	202	5
360	0,1		200	207	201	6
720	0,1		200	207	201	6



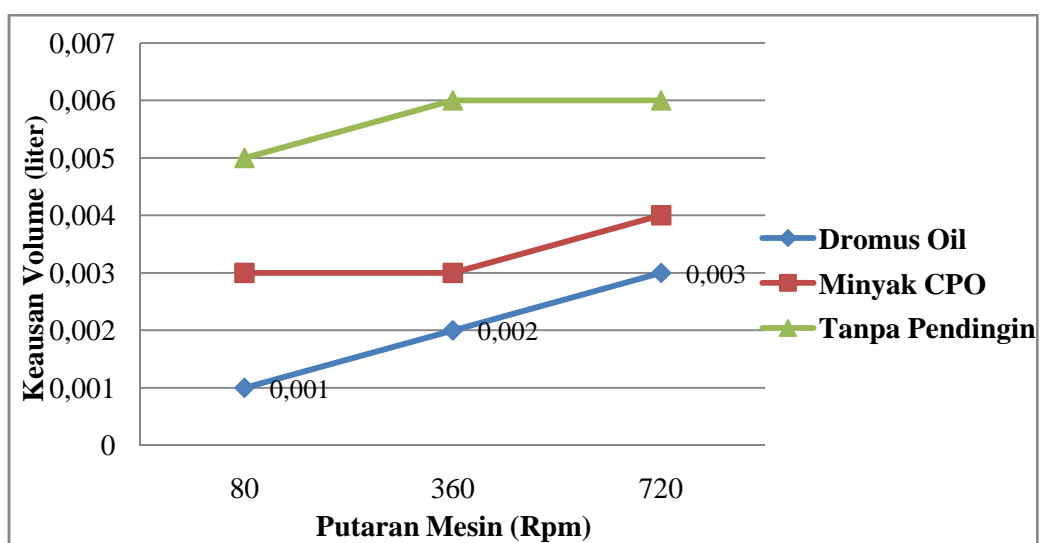
Gambar 4.13. Grafik putaran mesin dan keausan dengan volume air tanpa menggunakan cairan pendingin

Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukkannya mata pahat sebesar 200 ml, lalu dimasukkan mata pahat yang belum digunakan volume

permukaan air sebesar 207 ml, selanjutnya dimasukan mata pahat yang sudah dipakai untuk pengujian, dari kecepatan putaran mesin 80 rpm tanpa dengan menggunakan cairan pendingin menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 202 ml serta didapat keausan volume sebesar 5 ml sama dengan 0,005 liter, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 201 ml serta didapat keausan volume sebesar 5 ml sama dengan 0,005 liter dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 201 ml serta didapat keausan volume sebesar 6 ml sama dengan 0,006 liter.

4.2.4. Hasil perbandingan keausan volume dari ketiga percobaan

Dari perbandingan masing masing ketiga percobaan yang dilakukan telah di dapatlah perbandingan volume permukaan air dari dalam gelas ukur keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil*, minyak kelapa sawit mentah (*cpo*) dan juga tanpa menggunakan cairan pendingin dapat dilihat dan di perhatikan seperti pada gambar 4.14 dibawah ini.



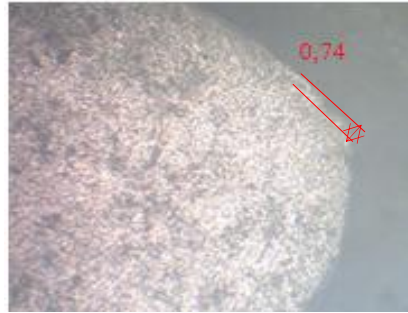
Gambar 4.14. Grafik putaran mesin dan perbandingan dalam volume air keausan pahat dengan menggunakan cairan serta tidak menggunakan cairan pendingin

Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukkannya mata pahat sebesar 200 ml, lalu dimasukkan mata pahat yang belum digunakan volume permukaan air sebesar 207 ml, selanjutnya dimasukkan mata pahat yang sudah digunakan untuk pengujian pada kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 206 ml serta didapat keausan volume sebesar 1 ml sama dengan 0,001 liter, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 205 ml serta didapat keausan volume sebesar 2 ml sama dengan 0,002 liter, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 204 ml serta didapat keausan volume sebesar 3 ml sama dengan 0,003 liter. Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin minyak *cpo* menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 204 ml serta didapat keausan volume sebesar 3 ml sama dengan 0,003 liter, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 204 ml serta didapat keausan volume sebesar 3 ml sama dengan 0,003 liter, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 203 ml serta didapat keausan volume sebesar 4 ml sama dengan 0,004 liter. Dan dari kecepatan putaran mesin 80 rpm tanpa menggunakan cairan pendingin menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 202 ml serta didapat keausan volume sebesar 5 ml sama dengan 0,005 liter, dari kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 201 ml serta didapat keausan volume sebesar 5 ml sama dengan 0,005 liter, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan

volume permukaan air sebesar 201 ml serta didapat keausan volume sebesar 6 ml sama dengan 0,006 liter.

4.3. Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Linier (Panjang Aus Pahat)

4.3.1. Data Cairan Pendingin Minyak Kimia (*Dromus Oil*)

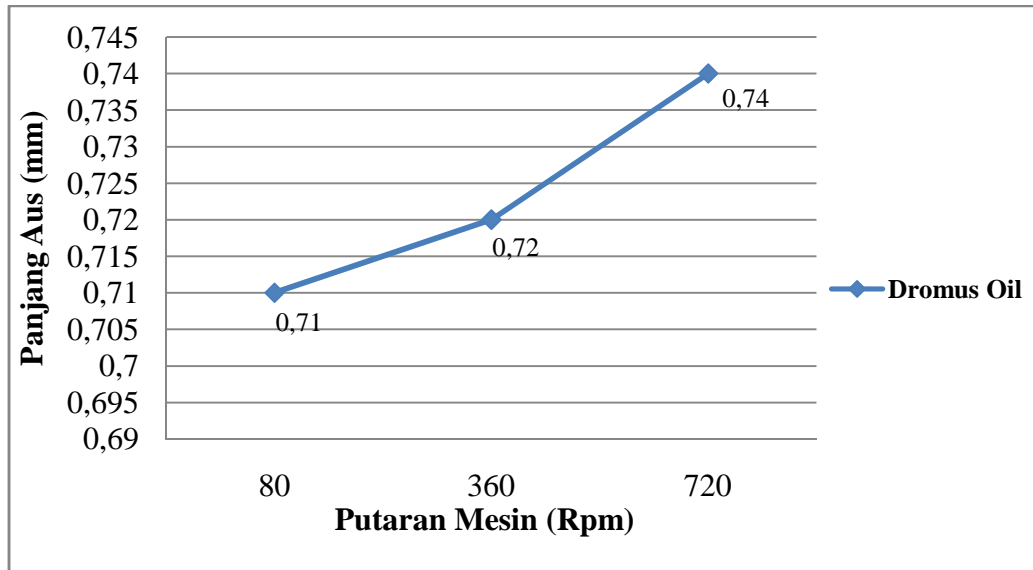


Gambar 4.15. Hasil panjang keausan dengan *dromus oil*

Seperti yang sudah dilakukannya pengamatan sekaligus penglihatan mengenai keausan mata pahat dengan menggunakan alat uji mikroskop didapatkan hasil jenis keausan yang terjadi adalah keausan kawah (*creater wear*) pada sisi mata pahat yang digunakan.

Tabel 4.7. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (*dromus*)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)
80	0,1	20	Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	0,71
360	0,1	20		0,72
720	0,1	20		0,74



Gambar 4.16. Grafik putaran mesin dengan panjang keausan pada cairan pendingin *dromus oil*

Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* menghasilkan panjang keausan sebesar 0,71 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,72 mm, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,74 mm.

4.3.2. Data Cairan Pendingin Minyak Kelapa Sawit (*CPO*)

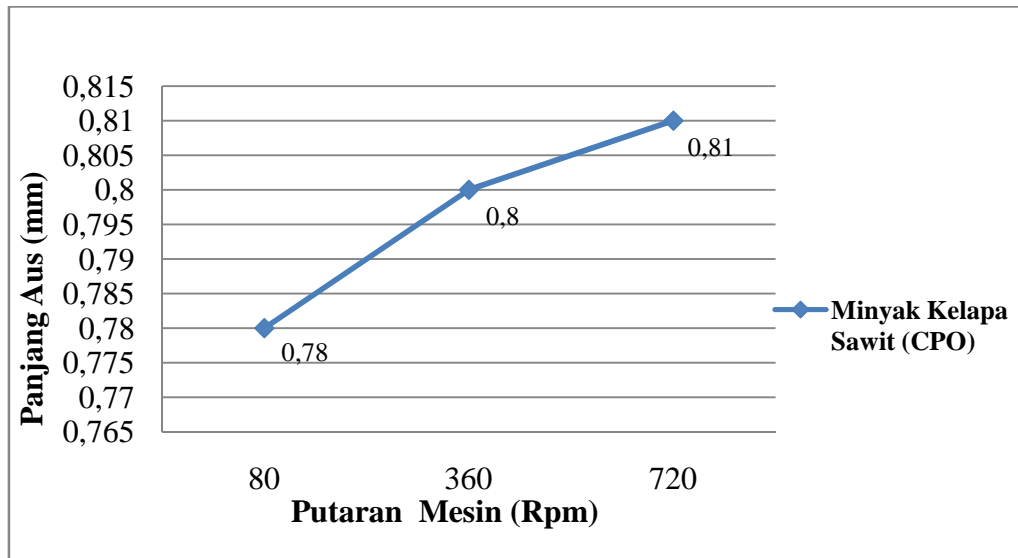


Gambar 4.17. Hasil panjang keausan dengan minyak *CPO*

Seperti yang sudah dilakukannya pengamatan sekaligus penglihatan mengenai keausan mata pahat dengan menggunakan alat uji mikroskop didapatkan hasil jenis keausan yang terjadi adalah keausan kawah (*creater wear*) pada sisi mata pahat yang digunakan.

Tabel 4.8. Nilai keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak (CPO)

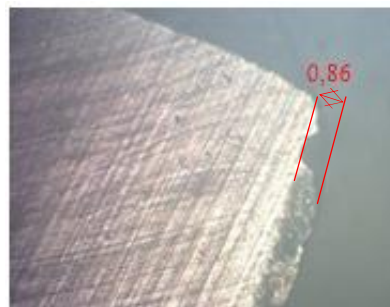
Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)
80	0,1	20	Minyak (CPO)	0,78
360	0,1	20		0,80
720	0,1	20		0,81



Gambar 4.18. Grafik putaran mesin dengan panjang keausan pada cairan pendingin minyak *cpo*

Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin minyak *cpo* menghasilkan panjang keausan sebesar 0,78 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,80 mm, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,81 mm.

4.3.3. Data Tanpa Cairan Pendingin

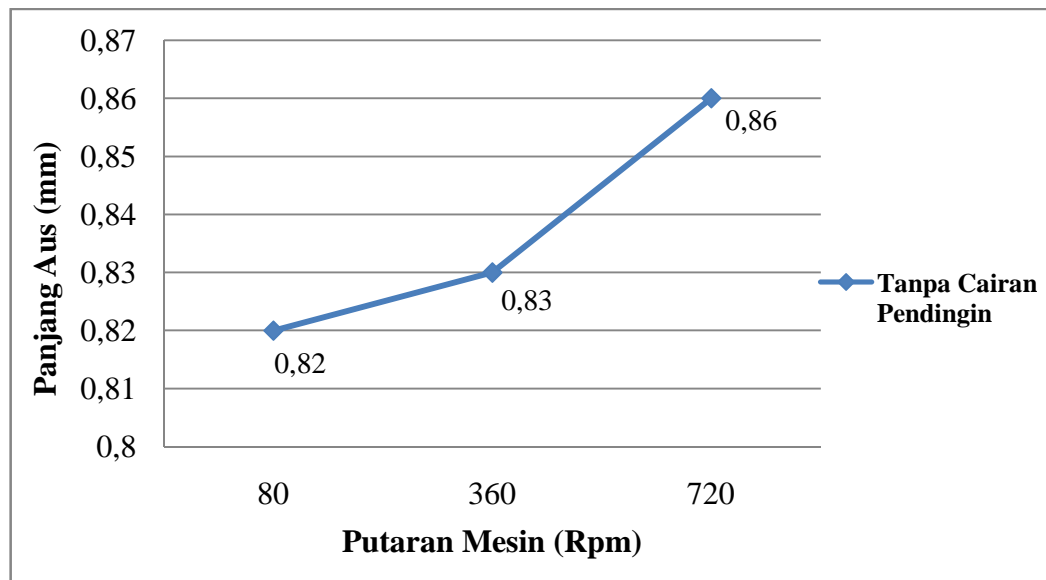


Gambar 4.19. Hasil panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Seperti yang sudah dilakukanya pengamatan sekaligus penglihatan mengenai keausan mata pahat dengan menggunakan alat uji mikroskop didapatkan hasil jenis keausan yang terjadi adalah keausan kawah (*creater wear*) pada sisi mata pahat yang digunakan.

Tabel 4.9. Nilai keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)
80	0,1	20	Tanpa Cairan Pendingin	0,82
360	0,1	20		0,83
720	0,1	20		0,86

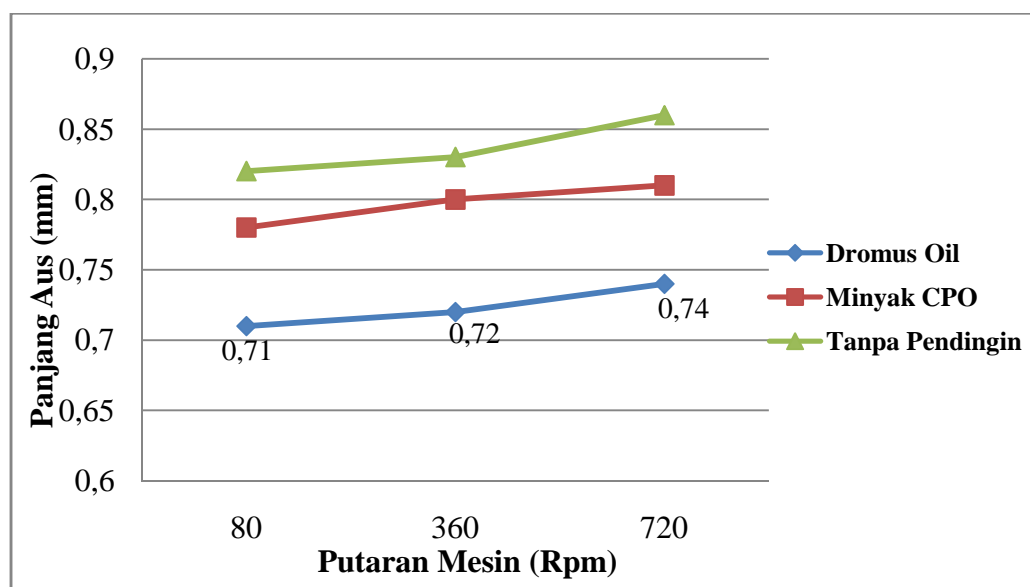


Gambar 4.20. Grafik putaran mesin dengan panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm tanpa menggunakan cairan pendingin menghasilkan panjang keausan sebesar 0,82 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,83 mm, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,86 mm.

4.3.4. Hasil perbandingan panjang keausan dari ketiga percobaan

Dari perbandingan masing masing ketiga percobaan yang dilakukan telah di dapatlah perbandingan penganalisaan dengan menghitung menggunakan kertas millimeter pada keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil*, minyak kelapa sawit mentah (*cpo*) dan juga tanpa menggunakan cairan pendingin dapat dilihat dan di perhatikan seperti pada gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.21. Grafik putaran mesin dengan perbandingan panjang aus dari ketiga percobaan

Dari kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* menghasilkan panjang keausan sebesar 0,71 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,72 mm, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,74 mm. dengan menggunakan cairan pendingin minyak *cpo* pada kecepatan putaran mesin 80 rpm menghasilkan panjang keausan sebesar 0,78 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,80 mm, dan dari kecepatan

putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,81 mm. Selanjutnya tanpa menggunakan cairan pendingin pada kecepatan putaran mesin 80 rpm menghasilkan panjang keausan sebesar 0,82 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,83 mm, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,86 mm.

4.4. Pembahasan

4.4.1. Perhitungan keausan pahat dengan menggunakan metode berat (*massa*).

4.4.1.1. Perhitungan keausan berat mata pahat pada cairan pendingin *dromus oil*.

Berat mata pahat sebelum digunakan sebesar $m_0 = 10,39$ gram

Tabel 4.10. Data hasil perhitungan keausan massa dengan cairan pendingin *dromus*

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	Keausan Massa (gr)
80	Minyak Kimia (<i>dromus oil</i>)	0,02
360		0,05
720		0,07

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm

Diketahui $m_0 = 10,39$ gr

$$m_1 = 10,37 \text{ gr}$$

Ditanya = Δm ?

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian} = \Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,37 \end{aligned}$$

$$m = 0,02 \text{ gr}$$

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,34 \\ &= 0,05 \text{ gram}\end{aligned}$$

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,32 \\ &= 0,07 \text{ gram}\end{aligned}$$

4.4.1.2. Perhitungan keausan berat mata pahat pada cairan pendingin minyak *cpo*.

Berat mata pahat sebelum digunakan sebesar $m_0 = 10,39$ gram

Tabel 4.11. Data hasil perhitungan keausan massa dengan cairan pendingin minyak *CPO*

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	Keausan Massa (gr)
80	Minyak Kelapa Sawit (CPO)	0,05
360		0,07
720		0,08

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,34 \\ &= 0,05 \text{ gram}\end{aligned}$$

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,32 \\ &= 0,07 \text{ gram}\end{aligned}$$

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,31 \\ &= 0,08 \text{ gram}\end{aligned}$$

4.4.1.3. Perhitungan keausan berat mata pahat tanpa menggunakan pendingin

Berat mata pahat sebelum digunakan sebesar $m_0 = 10,39$ gram

Tabel 4.12. Data hasil perhitungan keausan massa tanpa cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	Keausan Massa (gr)
80	Tanpa Cairan Pendingin	0,07
360		0,1
720		0,12

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,32 \\ &= 0,07 \text{ gram}\end{aligned}$$

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,29 \\ &= 0,1 \text{ gram}\end{aligned}$$

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,27 \\ &= 0,12 \text{ gram}\end{aligned}$$

4.4.2. Perhitungan keausan pahat dengan menggunakan metode volume air dalam gelas ukur.

Tinggi awal permukaan air sebelum dimasukan benda uji $V_{air} = 200\text{ ml}$

4.4.2.1. Perhitungan keausan pahat dengan cairan pendingin *dromus* pada volume air dalam gelas ukur.

Diketahui : $V_{air} = 200\text{ ml}$

$$V_0 = 207\text{ ml}$$

$$V_t = 206\text{ ml}$$

Ditanya : ΔV ?

Penyelesaian : $\Delta V = V_0 - V_t$

$$= 207 - 206$$

$$v = 1\text{ ml}$$

$$v = 0,001\text{ liter}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200\text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207\text{ ml}$$

Tabel 4.13. Data hasil perhitungan keausan volume dengan cairan pendingin *dromus*

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	V_{air} (ml)	V_0 (ml)	V_t (ml)	ΔV (ml)
80	Minyak Kimia (<i>Dromus oil</i>)	200	207	206	1
360		200	207	205	2
720		200	207	204	3

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 206 \\ &= 1 \text{ ml} \\ &= 0,001 \text{ liter}\end{aligned}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 205 \\ &= 2 \text{ ml} \\ &= 0,002 \text{ liter}\end{aligned}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V - V_t \\ &= 207 - 204 \\ &= 3 \text{ ml} \\ &= 0,003 \text{ liter}\end{aligned}$$

4.4.2.2. Perhitungan keausan pahat dengan cairan pendingin minyak cpo pada volume air dalam gelas ukur.

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200\text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207\text{ ml}$$

Tabel 4.14. Data hasil perhitungan keausan volume dengan cairan pendingin minyak CPO

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	V_{air} (ml)	V_0 (ml)	V_t (ml)	ΔV (ml)
80	Minyak (CPO)	200	207	204	3
360		200	207	204	3
720		200	207	203	4

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 204 \\ &= 3\text{ ml} \\ &= 0,003\text{ liter} \end{aligned}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200\text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207\text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 204 \\ &= 3 \text{ ml} \\ &= 0,003 \text{ liter}\end{aligned}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 203 \\ &= 4 \text{ ml} \\ &= 0,004 \text{ liter}\end{aligned}$$

4.4.2.3. Perhitungan keausan pahat tanpa cairan pendingin pada volume air dalam gelas ukur.

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207 \text{ ml}$$

Tabel 4.15. Data hasil perhitungan keausan volume tanpa cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	V_{air} (ml)	V_0 (ml)	V_t (ml)	ΔV (ml)
80	Tanpa Cairan Pendingin	200	207	202	5
360		200	207	201	6
720		200	207	201	6

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 202 \\ &= 5 \text{ ml} \\ &= 0,005 \text{ liter}\end{aligned}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 201 \\ &= 6 \text{ ml} \\ &= 0,006 \text{ liter}\end{aligned}$$

Volume air mula-mula

$$V_{air} = 200 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$V_0 = 207 \text{ ml}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 - V_t \\ &= 207 - 201 \\ &= 6 \text{ ml} \\ &= 0,006 \text{ liter}\end{aligned}$$

4.4.3. Perhitungan keausan pahat dengan menggunakan metode linier (panjang aus).

4.4.3.1. Perhitungan panjang keausan pahat dengan cairan pendingin *dromus oil*.

Tabel 4.16. Data hasil perhitungan panjang keausan dengan pendingin *dromus*

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)	Keausan Pahat (%)
80	Minyak Kimia (<i>dromus oil</i>)	0,71	1,97
360		0,72	2
720		0,74	2,05

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,71 mm

Sesudah Aus = 35,29 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,29}{36} \cdot 100\% \\ &= 1,97\% \end{aligned}$$

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,72 mm

Sesudah Aus = 35,28 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,28}{36} \cdot 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,74 mm

Sesudah Aus = 35,26 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,26}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,05\% \end{aligned}$$

4.4.3.2. Perhitungan panjang keausan pahat dengan cairan pendingin minyak *cpo*.

Tabel 4.17. Data hasil perhitungan panjang keausan dengan pendingin minyak *CPO*

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)	Kondisi Pahat (%)
80	Minyak Kelapa Sawit (<i>CPO</i>)	0,78	2,16
360		0,80	2,2
720		0,81	2,47

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,78 mm

Sesudah Aus = 35,22 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,22}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,16\% \end{aligned}$$

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,80 mm

Sesudah Aus = 35,2 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,2}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,2\% \end{aligned}$$

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,81 mm

Sesudah Aus = 35,11 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,11}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,47\% \end{aligned}$$

4.4.3.3. Perhitungan panjang keausan pahat tanpa menggunakan cairan pendingin.

Tabel 4.18. Data hasil perhitungan panjang keausan tanpa cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)	Kondisi Pahat (%)
80	Tanpa Cairan Pendingin	0,82	2,27
360		0,83	2,30
720		0,86	2,38

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,82 mm

Sesudah Aus = 35,18 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,18}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,27\% \end{aligned}$$

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,83 mm

Sesudah Aus = 35,17 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,17}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,30\% \end{aligned}$$

Panjang keausan pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm

Panjang Aus = 0,86 mm

Sesudah Aus = 35,14 mm

$$\begin{aligned} &= \frac{36 - 35,14}{36} \cdot 100\% \\ &= 2,38\% \end{aligned}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya pengujian pada masing-masing variasi kecepatan putaran pada mesin frais dengan menggunakan cairan pendingin minyak kimia (*Dromus Oil*), minyak kelapa sawit (*CPO*) serta tanpa menggunakan cairan pendingin dan kemudian di dapatlah kesimpulan dari data sebagai berikut:

1. Semakin tinggi putaran pada mesin maka semakin tinggi pula tingkat keausan yang terjadi pada mata pahat yang digunakan baik itu menggunakan *dromus oil*, minyak *cpo* atau pun tanpa pendingin.
2. Adapun jenis keausan yang terjadi setelah dilihat dan di amati menggunakan alat mikroskop pada masing masing percobaan dan juga cairan pendingin keausan yang terjadi mata pahat adalah jenis keausan kawah (*creater wear*).
3. Dari ketiga metode pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dengan menggunakan alat neraca digital untuk metode berat (*massa*) dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* lebih kecil tingkat keausan *massanya* dibandingkan dengan menggunakan minyak *cpo* ataupun tanpa menggunakan cairan pendingin, dengan menggunakan alat gelas ukur yang di masukan air untuk metode keausan volume dengan menggunakan cairan pendingin *dromus oil* lebih sedikit tingkat keausan volumenya dibandingkan dengan menggunakan minyak *cpo* ataupun tanpa menggunakan cairan pendingin, dan dengan menggunakan alat mikroskop guna mengetahui keausan apa yang terjadi serta seberapa panjang keausan yang terjadi dengan

menggunakan cairan pendingin *dromus oil* lebih kecil keausannya dibandingkan dengan menggunakan minyak *cpo* ataupun tanpa menggunakan cairan pendingin.

4. Cairan pendingin yang lebih efektif yang digunakan pada saat pengujian berlangsung adalah cairan pendingin *dromus oil* karna *dromus oil* lebih lembut,halus dan juga licin sehingga tidak cepat terjadinya kerusakan ataupun keausan pada mata pahat dan sekaligus memperhalus permukaan benda kerja, dibandingkan dengan minyak *cpo* yang masih banyak terdapat serat serat halus sisa dari ampas kelapa sawit dan masih banyak terdapat lemak jenuh yang berlebihan pada saat percobaan berlangsung sehingga dapat merusak mata pahat dan mempercepat timbulnya keausan serta menjadikan permukaan benda kerja menjadi kurang baik ataupun tidak halus, dan tanpa menggunakan cairan pendingin mengakibatkan cepat terjadinya panas akibat gesekan mata pahat dengan benda kerja secara berlebihan sehingga cepat merusak pahat dan meyebabkan pahat menjadi semakin cepat mengalami keausan serta hasil benda kerja yang diperoleh menjadi tidak halus ataupun menjadi kasar.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat saya tuliskan untuk menjadikan pengujian kedepannya menjadi lebih baik lagi meliputi beberapa hal sebagai berikut.

1. Untuk pengujian selanjutnya agar lebih di sempurnakan kembali alat pengujian instrumentasi dynamometer pada meja mesin frais yang ada di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pada pengujian selanjutnya agar lebih di sempurnakan serta di teliti dengan baik program yang terdapat pada sensor *Load cell* dan juga sensor *rpm* agar menjadi lebih stabil ketika akan digunakan kembali.
3. Pada saat pengujian berlangsung sebaiknya lakukanlah dengan sungguh-sungguh dan ikutilah prosedur yang terdapat pada mesin frais yang akan digunakan.
4. Sebaiknya memperhatikan kembali pada saat mencampurkan cairan kimia atau dromus tersebut dengan air agar tercampur sesuai dengan perbandingan yang dibutuhkan pada saat pengujianakan di mulai.
5. Gunakanlah cairan pendingin yang lebih efektif agar dapat memperoleh umur mata pahat yang lumayan lama untuk terhidar daricepatnya keausan dan hasil yang bagus untuk permukaan benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Rahdiyatna, Proses Frais (2010:3), Buku 3 Proses Frais (Milling)
- Effendi, Rochmat. 2006. *Pengaruh system pendingin pada proses bubut terhadap keausan pahat High Speed Steel (HSS).* Tugas Akhir. Surakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- F.W Taylor padatahun 1907 [2],*Persamaan Umur Pahat Taylor.*Teknologi Industri,Universitas Bung Hatta, Padang.
- Gopalsamy, Bala Murugan, dkk. 2009. *Optimasi of Machining Parameter for Hard Machining : Grey Relational theory Approach and Anova.* India: Central Mechanical Engineering Research Institute. Jurnal Springer.
- HendriBudimandan Richard.(2008).*Analisis umur dan keausan pahat karbida untuk membubut baja paduan (assab 760) dengan metoda variable speed machining test..* Lab Proses Produksi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Padang.
- Karmin dan Muchtar Ginting,(2012:3), Komposisi sifat kimia *Dromus Oil*.
- Rajesh, J. J. and Bijwe, J.(2005), Dimensionals analysis for *abrasive wear behavior of various polyamides, Tribol. Lett.*,18,331-340.
- Thamizhmanii, S, dan S. Hasan. 2008. *Measurement of Surtace Roughness and Flank Wear on Hard Martensitic Stainless Steel by CBN AND PCBN Cutting Tools.* Malaysia: University Tun Hussein Onn Malaysia. Jurnal Jo Jamme.
- Taufiq Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Bandung, Jurusan Teknik Mesin,FTI-ITB, 1993.
- Wahyudi, Dian, 2011, *Studi Metode Pendingin Terhadap Kualitas Hasil End Milling*,TugasAkhir s-1, UMS, Surakarta.
- ZaenalAbidin.(2010). *Mekanisme keausan pahat pada proses pemesinan: sebuah tinjauan pustaka.* Politeknik Negeri Semarang.
- <http://www.scribd.com/doc/221401090/Macam-macam-keausan>
- <http://dunia-pemesinan-.blogspot.com/2012/03/mengenal-cairan-pendingin.html>.
- <http://muhammadrohan.wordpress.com.cdn.ampproject.org/v/s/muhammadrohan.wordpress.com/2010/11/26/cara-pemberian-cairan-pendingin/amp/>

LAMPIRAN

DROMUS OIL

1. Data kecepatan pengujian 80 rpm

Load Cell 2	Load Cell 4	Rpm
0,0	0,0	80,0
0,0	0,0	80,0
0,0	0,0	80,0
0,0	0,3	80,0
0,0	0,1	80,0
0,1	0,2	80,0
0,3	0,8	80,0
0,2	0,6	80,0
0,5	0,7	80,0
0,7	0,5	80,0
0,8	0,8	80,0
0,8	1,3	80,0
0,9	1,0	80,0
0,7	1,2	80,0
1,1	1,3	80,0
1,0	1,0	80,0
1,4	1,2	80,0
1,3	1,1	80,0
1,6	0,5	80,0
1,8	0,7	68,0
1,8	0,9	68,0
1,9	0,5	68,0
2,1	0,2	68,0
2,4	0,8	68,0
2,4	0,8	68,0
2,3	0,8	68,0
2,4	1,4	68,0
2,5	2,0	68,0
2,2	2,1	68,0
2,2	2,1	60,0
2,3	2,4	60,0
2,2	2,1	60,0
2,2	2,6	60,0
2,2	2,1	60,0
2,0	2,1	60,0
2,2	3,1	60,0
2,4	2,1	60,0

2,2	2,1	60,0
2,2	2,1	60,0
2,2	2,2	60,0
2,2	2,1	60,0
2,2	2,1	60,0
2,4	2,3	60,0
2,2	2,1	60,0
2,2	2,1	60,0
2,3	2,2	60,0
2,2	2,2	54,0
2,2	2,1	54,0
2,0	2,2	54,0
2,2	2,3	54,0
2,2	2,1	54,0
2,2	2,1	54,0
2,1	2,4	54,0
2,2	2,1	54,0
2,2	2,1	54,0
2,4	2,1	54,0
2,2	2,2	54,0
2,2	2,3	54,0
2,2	2,1	50,0
2,2	2,1	50,0
2,6	2,1	50,0
2,2	2,1	50,0
2,2	2,4	50,0
2,2	2,1	50,0
2,1	2,1	40,0
2,2	2,1	40,0
2,2	2,2	40,0
2,2	2,1	40,0
2,2	2,1	40,0
2,4	2,1	40,0
2,2	2,4	40,0
2,2	2,1	40,0
2,2	2,4	40,0
2,1	2,1	40,0
2,0	2,1	40,0
1,9	2,5	40,0
1,5	2,1	40,0
1,7	2,1	40,0
1,8	2,2	40,0

1,4	2,1	40,0
1,3	1,8	40,0
1,1	1,7	40,0
1,0	1,4	40,0
0,8	1,1	40,0
0,6	0,7	30,0
0,7	0,8	30,0
0,5	0,6	30,0
0,3	0,5	30,0
0,2	0,3	30,0
0,3	0,0	30,0
0,4	0,1	30,0
0,2	0,1	30,0
0,0	0,0	30,0
0,0	0,0	30,0
0,0	0,0	30,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0

2. Data kecepatan pengujian 360 rpm

Load Cell 2	Load Cell 4	Rpm
0,0	0,1	360,0
0,0	0,2	360,0
0,2	0,4	360,0
0,3	0,7	360,0
0,2	0,8	360,0
0,4	0,9	360,0
0,5	0,5	360,0
0,7	1,2	360,0
0,9	1,3	360,0
1,4	0,9	360,0
1,3	1,1	360,0
1,6	0,9	360,0
1,9	1,3	360,0
2,1	1,1	360,0
2,0	1,2	360,0
2,3	1,3	335,0
2,2	1,2	335,0
2,1	1,2	335,0
2,3	1,1	335,0
2,1	1,3	335,0

2,2	1,2	335,0
2,0	1,2	335,0
2,1	1,3	335,0
2,2	1,1	335,0
2,4	1,2	320,0
2,2	1,3	320,0
2,3	1,6	320,0
2,2	1,5	320,0
2,3	1,9	320,0
2,1	2,0	320,0
2,0	2,2	320,0
2,1	2,1	320,0
2,3	2,1	320,0
2,2	2,1	320,0
2,3	2,1	320,0
2,2	2,2	320,0
2,3	2,0	320,0
2,3	1,8	320,0
2,1	1,9	320,0
2,3	1,9	308,0
2,3	1,9	308,0
2,0	2,0	308,0
2,3	2,1	308,0
2,3	2,1	308,0
2,3	1,9	308,0
2,1	2,0	308,0
2,3	2,1	308,0
2,2	2,2	308,0
2,1	2,1	308,0
2,3	2,3	292,0
2,2	2,1	292,0
2,3	2,3	292,0
2,2	2,1	292,0
2,2	2,4	292,0
2,1	2,3	292,0
2,3	2,1	292,0
1,9	2,2	292,0
2,0	2,3	292,0
1,9	2,0	292,0
1,7	1,9	292,0
1,5	2,0	292,0

1,4	2,1	276,0
1,0	2,3	276,0
1,0	2,3	276,0
0,9	2,4	276,0
0,9	2,3	276,0
0,8	2,2	276,0
0,8	2,3	276,0
0,9	2,1	276,0
1,0	2,0	276,0
1,1	2,2	276,0
1,3	2,1	258,0
1,0	2,3	258,0
1,2	2,5	258,0
1,0	2,5	258,0
1,1	2,3	258,0
1,3	2,4	258,0
1,2	2,6	258,0
1,1	2,4	258,0
1,3	2,1	258,0
1,4	2,2	258,0
1,2	2,3	258,0
1,4	1,9	258,0
1,2	2,0	258,0
1,1	2,1	258,0
0,9	2,0	258,0
0,7	1,8	247,0
0,6	1,6	247,0
0,8	1,7	247,0
0,7	1,5	247,0
0,4	1,2	247,0
0,6	1,3	247,0
0,3	0,9	247,0
0,3	0,7	247,0
0,2	0,4	247,0
0,0	0,3	247,0
0,3	0,0	247,0
0,1	0,1	247,0
0,2	0,0	0,0
0,0	0,1	0,0

3. Data kecepatan pengujian 720 rpm

Load Cell 2	Load Cell 4	Rpm
0,2	0,2	720
0,1	0,1	720
0,3	0,4	720
0,6	0,6	720
0,8	0,8	720
1,1	1,2	720
1,3	0,9	720
1,6	1,3	720
1,4	1,4	720
1,7	1,3	720
1,9	1,5	720
2,1	1,3	720
1,9	1,2	720
1,8	0,9	720
1,8	1,4	720
2,1	1,3	720
1,7	1,2	720
2,1	1,4	720
1,8	1,5	720
1,9	1,3	720
2,1	1,4	673
2,4	1,5	673
2,1	1,2	673
2,0	1,2	673
1,9	1,1	673
1,9	1,0	673
1,7	0,9	673
1,8	0,9	673
1,5	1,0	673
1,2	0,9	673
1,0	0,9	652
1,3	0,9	652
1,2	0,9	652
1,1	1,5	652
1,0	1,4	652
1,1	1,8	637
1,3	2,0	637
1,2	1,9	637
1,1	2,1	637
0,9	2,2	637

0,9	2,1	637
1,0	2,0	637
0,9	1,9	637
0,8	1,8	637
0,9	1,6	637
0,7	1,4	637
0,6	1,2	637
0,8	1,2	637
1,0	0,9	611
0,9	0,9	611
0,9	1,0	611
0,6	0,9	611
0,4	0,8	611
0,3	0,9	611
0,2	0,6	611
0,3	0,4	538
0,1	0,2	538
0,4	0,3	538
0,0	0,1	538
0,2	0,3	538
0,2	0,1	538
0,1	0,0	0

MINYAK CPO

1. Data kecepatan pengujian 80 rpm

<i>Load Cell 2</i>	<i>Load Cell 4</i>	<i>Rpm</i>
0,3	0,4	20
0,3	0,4	20
0,3	0,5	20
1,0	0,5	20
1,0	1,6	20
1,0	1,5	20
1,0	1,7	20
1,0	1,6	20
1,0	1,6	20
1,0	1,6	20
1,0	1,5	20
1,0	1,6	20
1,0	1,5	20
1,0	1,5	20
1,0	1,5	20
1,0	1,5	20
1,0	1,5	20

1,0	1,4	20
1,0	1,5	20
1,0	1,5	20
1,0	1,4	20
1,0	1,3	20
1,0	1,5	20
1,0	1,4	20
1,0	1,5	20
1,0	1,6	20
1,0	1,6	20
1,0	1,4	20
1,0	1,5	20
1,0	1,5	20
1,0	1,4	20
1,0	1,4	20
1,0	1,4	20
1,0	1,4	20
1,1	1,4	20
1,1	1,4	20
1,0	1,6	40
1,0	1,6	40
1,0	1,6	40
1,0	0,6	40
1,0	1,5	40
1,0	1,5	40
1,0	1,6	40
1,0	1,6	40
1,0	1,5	40
1,0	1,4	40
1,0	1,6	40
1,0	1,6	40
1,0	1,4	40
0,3	0,4	60
0,9	1,7	60
1,0	1,7	60
1,0	1,5	60
1,0	1,5	60
1,0	0,8	60
1,0	1,6	60
1,0	1,5	60
1,0	1,5	60
1,0	1,5	60
1,0	1,6	60

1,0	1,4	80
1,0	1,6	80
1,0	1,4	80
1,0	1,4	80
1,0	1,4	80
1,0	1,4	80
1,0	1,4	80
1,0	1,4	80
1,0	1,4	80
1,0	1,3	80
1,0	1,4	80
1,1	1,3	80
1,1	1,4	80
1,1	1,4	80

2. Data kecepatan pengujian 360 rpm

<i>Load Ceel 2</i>	<i>Load Cell 4</i>	<i>Rpm</i>
1,0	1,3	40
1,0	1,4	40
1,1	0,9	200
1,1	1,3	200
1,1	1,3	220
0,2	0,4	240
1,0	0,3	240
2,7	0,5	240
1,1	0,2	240
1,1	1,2	240
1,1	1,2	240
1,1	1,2	240
1,1	1,2	240
1,2	1,1	240
1,1	1,1	240
1,1	1,1	240
1,0	1,3	240
1,1	1,2	240
1,1	1,3	240
1,1	1,3	240
1,1	1,2	240
1,0	1,3	240
1,0	1,2	240
1,1	1,2	240

1,1	1,7	240
1,0	1,2	240
1,0	1,3	240
0,2	0,5	280
0,1	0,2	280
1,0	0,4	280
1,0	0,5	280
2,6	1,1	280
2,6	1,6	280
1,1	0,9	280
1,1	1,2	280
1,1	1,2	280
1,1	1,2	280
1,1	1,1	280
1,1	1,1	280
1,1	1,2	280
1,1	1,2	280
1,0	1,2	280
1,0	1,2	280
1,0	1,2	280
1,0	1,2	280
1,1	1,3	280
1,1	1,3	280
1,1	1,2	280
1,1	1,3	280
1,1	1,2	280
1,1	1,3	280
1,0	1,3	280
1,0	1,2	280
1,1	1,2	280
1,0	1,2	280
1,1	1,2	280
1,0	1,3	280
0,3	0,6	320
0,3	0,6	320
1,0	0,2	320
1,0	0,1	320
1,0	0,3	320
2,6	1,6	320
1,1	0,9	320
1,1	1,2	320

1,1	1,2	320
1,1	1,2	320
1,1	1,2	320
1,1	1,2	320
1,1	1,2	320
1,0	1,2	320
1,1	1,3	320
1,1	1,2	320
1,1	1,2	320
1,0	1,3	320
1,1	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,3	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
1,0	1,2	320
0,0	0,0	360
0,1	0,2	360
1,0	0,1	360
1,1	1,3	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,1	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,3	360
1,1	1,3	360
1,0	1,3	360
1,1	1,2	360
1,1	1,3	360
1,1	1,2	360

1,1	1,2	360
1,1	1,2	360
1,0	1,3	360
1,0	1,3	360
1,1	1,3	360
1,0	1,2	360
1,0	1,2	360
1,0	1,2	360
1,0	1,2	360
1,0	1,2	360
1,1	1,2	360
1,1	1,3	360
1,1	1,3	360
1,1	1,2	360

3. Data kecepatan pengujian 720 rpm

<i>Load Cell 2</i>	<i>Load Cell 4</i>	<i>Rpm</i>
0,5	0,8	466
0,5	0,6	466
0,5	0,6	466
0,6	0,9	508
1,6	0,9	508
0,5	0,8	508
0,5	0,8	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,7	508
0,5	0,6	508
0,5	0,6	508
0,5	0,6	508
0,5	0,6	508
0,5	0,7	551
1,6	0,8	551
1,6	0,2	551
0,5	0,8	551
0,5	0,8	551
0,5	0,9	551
0,5	0,8	551

0,5	0,7	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0,5	0,6	720
0	0	720

Tanpa Cairan Pendingin

1. Data kecepatan pengujian 80 rpm

<i>Load Cell 2</i>	<i>Load Cell 4</i>	<i>Rpm</i>
0,3	0,0	80,0
0,4	0,0	80,0
0,5	0,0	80,0
0,4	0,0	80,0
0,3	0,0	80,0
0,3	0,0	80,0
0,5	0,1	80,0
0,5	0,1	80,0
0,4	0,1	80,0
0,4	0,1	80,0
0,3	0,4	80,0
0,4	0,4	80,0
0,3	0,3	80,0
0,3	0,3	80,0
0,4	0,4	80,0
0,5	0,5	80,0
0,5	0,7	80,0
0,3	0,8	80,0
0,3	0,7	80,0
0,5	0,8	80,0
0,5	0,8	80,0
0,4	0,7	80,0
0,2	0,8	60,0
0,4	1,0	60,0
0,3	1,3	60,0
0,2	1,3	60,0
0,1	1,3	60,0
0,1	1,3	60,0

0,3	1,3	60,0
0,2	1,4	60,0
0,1	1,5	60,0
0,0	1,4	60,0
0,3	1,4	60,0
0,4	1,4	40,0
0,5	1,3	40,0
0,3	1,4	40,0
0,4	1,4	40,0
0,5	1,4	40,0
0,6	1,4	40,0
0,5	1,4	20,0
0,4	1,4	20,0
0,4	1,4	20,0
0,4	1,5	20,0
0,7	1,4	20,0
0,7	1,3	20,0
1,0	1,3	20,0
1,2	1,2	20,0
1,2	1,1	20,0
1,1	1,2	20,0
1,0	1,1	20,0
1,1	0,9	20,0
1,0	1,0	20,0
0,9	1,0	20,0
0,9	0,9	20,0
0,9	0,9	20,0
1,0	1,0	20,0
1,0	1,0	20,0
1,0	1,1	20,0
1,0	1,0	20,0
1,0	0,9	20,0
1,0	0,9	20,0
1,0	1,1	20,0
0,9	1,1	20,0
0,9	1,2	20,0
1,0	1,1	20,0
1,0	1,0	20,0
0,0	0,0	0,0

2. Data kecepatan pengujian 360 rpm.

<i>Load Cell 2</i>	<i>Load Cell 4</i>	<i>Rpm</i>
0,0	0,0	400,0
0,0	0,0	400,0
0,0	0,0	400,0
0,0	0,6	400,0
0,0	0,6	400,0
0,0	0,6	400,0
0,0	0,6	400,0
0,0	0,8	400,0
0,0	0,8	400,0
0,0	0,8	400,0
0,0	0,8	400,0
0,0	0,9	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,9	360,0
0,0	0,9	360,0
0,0	0,8	360,0
0,0	0,8	360,0
4,7	0,9	360,0
4,7	1,1	360,0
4,7	1,0	360,0
3,7	0,9	360,0
3,7	0,9	360,0
3,6	0,8	360,0
1,5	1,0	360,0
1,7	1,0	360,0
1,5	0,9	360,0
1,5	0,9	360,0
1,5	0,9	360,0
1,5	0,8	360,0
1,4	0,8	360,0
1,5	0,9	360,0
0,8	0,9	320,0
0,5	0,8	320,0
0,5	0,8	320,0
0,5	0,8	320,0
0,5	0,9	320,0
0,5	0,9	320,0
0,5	0,9	320,0
0,6	0,8	320,0

1,7	2,3	720,0
1,8	2,0	720,0
1,8	1,1	678,0
1,7	1,2	678,0
1,7	1,2	678,0
1,8	1,5	678,0
1,4	1,4	678,0
1,7	1,8	678,0
1,8	2,0	678,0
1,8	4,8	678,0
1,8	5,8	678,0
1,8	5,8	678,0
1,8	5,7	678,0
1,8	4,7	678,0
1,8	4,0	678,0
1,8	3,1	678,0
1,8	3,4	678,0
1,9	3,2	635,0
1,9	3,3	635,0
1,9	3,4	635,0
2,0	3,3	635,0
2,0	3,3	635,0
2,0	3,2	635,0
2,1	3,3	635,0
2,2	3,2	635,0
2,3	3,2	635,0
1,2	3,2	635,0
0,8	3,2	635,0
2,0	3,2	635,0
2,5	3,4	635,0
2,5	3,3	635,0
2,6	3,4	635,0
2,6	3,3	635,0
2,6	3,2	635,0
2,6	3,2	635,0
2,6	3,3	635,0
2,6	3,4	635,0
2,7	3,4	635,0
2,7	3,3	635,0
2,8	3,3	635,0
2,7	3,2	635,0
2,7	3,3	635,0
2,7	3,2	635,0

2,8	3,2	635,0
2,8	3,1	635,0
2,9	3,1	593,0
2,9	3,1	593,0
2,9	3,2	593,0
2,9	3,2	593,0
2,9	3,2	593,0
2,9	3,2	593,0
2,9	3,2	593,0
2,9	3,1	593,0
2,9	3,1	593,0
2,9	3,1	593,0
2,9	3,1	593,0
2,8	3,1	593,0
2,8	3,2	593,0
2,8	3,1	593,0
2,8	3,2	593,0
2,9	3,2	593,0
2,8	3,2	593,0
2,9	3,3	593,0
2,7	3,4	593,0
2,8	3,4	593,0
2,8	3,2	593,0
2,8	3,2	593,0
2,9	3,1	593,0
3,0	3,2	593,0
3,0	3,3	593,0
3,0	3,2	593,0
3,0	3,2	593,0
3,0	3,1	593,0
3,0	3,1	593,0
3,0	3,1	593,0
2,9	3,1	593,0
2,9	3,1	593,0
3,0	3,1	593,0
3,0	3,2	593,0
3,0	3,3	593,0
3,0	3,3	551,0
3,0	3,3	551,0
3,0	3,3	551,0
3,0	3,3	551,0
3,0	3,2	551,0
3,0	3,2	551,0
3,0	3,2	551,0

3,0	3,3	551,0
2,9	3,3	551,0
2,9	3,2	551,0
2,9	3,1	551,0
3,0	3,1	551,0
3,0	3,6	551,0
2,9	2,9	551,0
2,9	3,1	551,0
2,9	3,0	551,0
2,9	2,8	551,0
2,9	2,8	551,0
2,9	2,8	551,0
2,9	2,7	508,0
2,9	2,7	508,0
2,9	2,7	508,0
2,9	2,7	508,0
1,6	2,7	508,0
1,6	2,7	508,0
1,6	2,7	508,0
1,5	2,7	508,0
1,5	2,8	446,0
1,5	2,8	0,0

Saat melakukan pengujian mikrostruktur pada mata pahat dengan menggunakan mikroskop di Laboratorium Teknik Mesin UNIMED



Gambar pada saat melakukan pengujian untuk melihat keausan mata pahat dengan menggunakan mikroskop di Lab Teknik Mesin USU



Gambar saat sedang melakukan pengujian untuk mengetahui komposisi dan sifat sifat dari material bahan besi cor yang digunakan di Laboratorium Teknik Mesin UNIMED.



Saat sedang melakukan pengujian mata pahat dengan menggunakan cairan dromus oil,minyak cpo dan tanpa menggunakan cairan pendingin di Lab Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Wahyu Winardi
NPM : 1407230188
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 08 Mei 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jalan Marelan IX Pasar 1 Rel Link VII
 Kecamatan : Medan Marelan
 Kabupaten : Kota Madya
 Provinsi : Sumatra Utara
Nomor HP : 082218081117
E-mail : wahyuwinardi08@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Warimin
 Ibu : Minarni

PENDIDIKAN FORMAL

2003 - 2009 : SD Swasta Tri Bakti II Medan
2009 - 2011 : SMP Negeri 32 Medan
2011 - 2014 : SMK Harapan Mekar-I Medan
2014 - 2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara