

TUGAS SARJANA

KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK NABATI 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 :

SAKBAN SALEH
1407230169



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

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK NABATI
TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA PADA
PROSES MESIN FRAIS

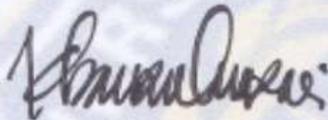
Disusun Oleh :

SAKBAN SALEH

1407230169

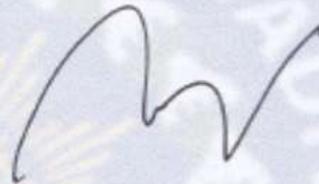
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I



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

Pembimbing – II



(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)

Diketahui oleh :

Ka. 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 NABATI
TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA PADA
PROSES MESIN FRAIS

Disusun Oleh :

SAKBAN SALEH

1407230169

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 11 Agustus 2018

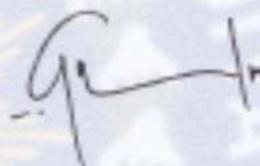
Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(Sudirman Lubis, S.T.,M.T)

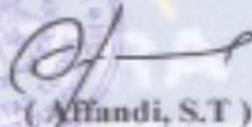
Pembanding – II



(Chandra A Siregar, S.T.M.T)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T)

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



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

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Nuhkar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624667 -
6622480 - 6610430 - 6619006 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umhu.ac.id>

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : Sakban Saleh
NPM : 1407230169
Semester : VIII (Delapan)
SPESIFIKASI :

PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK NABATI TERHADAP KEAUSAN
MATA PAHAT KARBIDA PADA PROSES MESIN FRAIS

Diberikan Tanggal : 22 Februari 2018
Selesai Tanggal : 28 juli 2018
Asistensi : Satu Minggu Sekali
Tempat Asistensi : Kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 28 juli 2018

Dosen Pembimbing - I

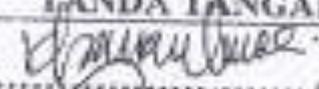
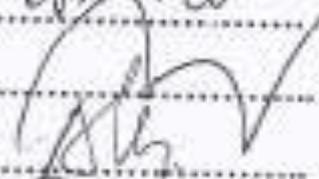
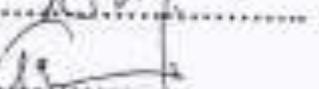
(Affandi, S.T)

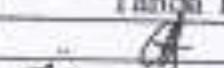
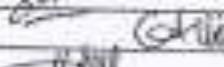
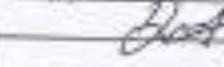
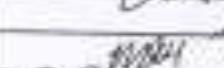
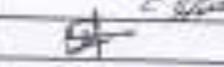
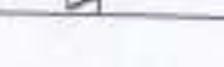
(Khairul Umurani, S.T.,M.T)

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar

Nama : Sakban Saleh
 NPM : 1407230169
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh cairan Pendingin Minyak Nabati Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Pada Proses Mesin Frais.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	
Pembimbing – II	: DR.Rakhmad Arief .SrgM.Eng	
Pembanding – I	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230111	ANGGHARI EFENDI	
2	1407230175	YANI PRATIYO	
3	1307230122	VERY IRAWAN	
4	1509030140	KHAIRUL PRAYANDI	
5	1307230109	DALIKI DARMAWAN	
6	1307230126	RIZKI ANGGRA PRATAMA	
7	1407230273	MUKHLIS	
8	1407230246	ALI MAWAZIR	
9	1207230087	Evdianto tumanggat	
10	1307230177	WANI MUKRICH	

Medan, 29 Dzulkaedah 1439 H
11 Agustus 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T

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

NAMA : Sakban Saleh
NPM : 1407230169
Judul T.Akhir : Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Nabati Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Pada Proses Mesin Frais.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : DR.Rahmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembanding - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

.....*Umat*.....*Gunan*.....*Megsa*.....*Sarjana*.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 29 Dzu'kaedah 1439H
11 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi, S.T.

Dosen Pembanding- II


Chandra A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : SAKBAN SALEH
Tempat / Tgl Lahir : PANYABUNGAN II, 01 JULI 1996
NPM : 1407230169
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 (skripsi) saya ini yang berjudul :

"PENGARUH CAIRAN PENDINGIN MINYAK NABATI TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT KARBIDA PADA PROSES MESIN FRAIS"

Bukan merupakan plagiarisme, pencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan dengan material maupun non material, atau pun segala kemungkinan yang lain, yang hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan akademik di program studi teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Agustus 2018

Saya yang menyatakan



SAKBAN SALEH

ABSTRAK

Media pendingin dalam proses pemesinan merupakan salah satu media yang digunakan ketika proses pemesinan, media pendingin dalam proses pemesinan mempunyai aneka ragam variasi jenis penggunaannya, jika dilihat dari fungsi media pendingin pada umumnya, ada yang digunakan untuk membersihkan benda, anti korosi, melumasi benda, dan bahkan pemisah antara beram dengan benda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cairan pendingin Minyak Nabati (Minyak Kelapa) terhadap keausan mata 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 mengkombinasikan putaran mesin, gaya potong pada Load Cell beban dari alat uji instrumentasi dynamometer serta metode pemberian cairan pendingin, pada proses milling dengan variabel respon yang di dapat berupa beban yang dihasilkan dari sensor Load Cell beban dan keausan pahat yang telah diamati dan dilakukannya pengujian dengan menggunakan alat uji mikroskop untuk melihat keausan yang diperoleh adalah keausan tepi (Flank Wear), Hasil penelitian menunjukkan nilai keausan mata pahat yang menggunakan minyak Nabati belum semaksimalnya minyak kimia (Dromus) untuk mengurangi tingkat cacat dan tingkat ausnya benda kerja maupun alat yang digunakan terhadap proses permesinan ini. Keausan mata pahat terbesar yang terjadi pada mata pahat saat menggunakan minyak nabati adalah sebesar 0,077 mm dan tanpa menggunakan cairan pendingin adalah sebesar 0,086 mm.

Kata kunci : End milling, Metode pendinginan, Keausan pahat.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan baik. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya, untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari para Dosen Pembimbing merencanakan sebuah **“Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Nabati Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Pada Proses Mesin Frais ”**

Shalawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat muslim dari alam kegelapan menuju alam yang terang menderang. Semoga kita mendapat syafa'atnya di yaumul akhir kelak amin yarabbal alamin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan baik dalam kemampuan pengetahuan dan penggunaan bahasa. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Dalam penulisan Tugas Sarjana ini, penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, pengarahan dari Dosen Pembimbing serta bantuan moril maupun material dari berbagai pihak sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Alm.ayahanda Ali Dirman Matondang dan ibunda Roslaini Lubis yang telah banyak memberikan kasih sayang, nasehatnya, doanya, serta pengorbanan yang tidak dapat ternilai dengan apapun itu kepada penulis selaku anak yang di cintai dalam melakukan penulisan Tugas Sarjana ini.
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 Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini dan selaku wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi saran dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.
6. Bapak Sudirman Lubis, S.T.,M.T. selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengetahuannya sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. pembimbing II dan selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
10. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin khususnya kelas A2 Siang dan semua mahasiswa Teknik Mesin stambuk 2014 yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari kata 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 bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin ya rabbal alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 11 Maret 2018

Penulis

SAKBAN SALEH

1407230169

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN - I	
LEMBAR PENGESAHAN - II	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.4.1. Tujuan Umum	3
1.4.2. Tujuan Khusus	3
1.5. Manfaat penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Proses Frais(<i>Milling</i>)	5
2.1.1. Jenis-Jenis Mesin Frais(<i>Milling</i>)	6
2.1.2. Macam-macam Mata Pahat / Pisau Frais(<i>Milling</i>)	8
2.1.3. Prinsip Pemotongan Pada Mesin Frais(<i>Milling</i>)	12
2.1.4. Gerakan-gerakan Pada Mesin Frais(<i>Milling</i>)	12
2.2. Coolant (Pendingin)	13
2.3. Metode Cairan Pendingin	15

2.3.1. Fungsi cairan pendingin	15
2.3.2. Mekanisme Keausan	15
2.4. Macam-macam Keausan Mata Pahat	16
2.5. Gaya Pemotongan Pada Proses Frais	17
2.6. Fluktasi Gaya Tangensial(gayapotong)	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Tempat Dan Waktu	21
3.1.1. Tempat	21
3.1.2. Waktu	21
3.2. Diagram Alir Penelitian	22
3.3. Alat Dan Bahan	23
3.3.1. Alat Yang digunakan	23
3.3.2. Bahan Yang digunakan	26
3.3.3. Spesifikasi Alat dan Bahan	28
3.4. Prosedur Pengujian Alat Uji	29
3.5. Pengamatan dan Tahap Pengujian	31
3.5.1. Pengamatan	31
3.5.2. Tahapan Pengujian	31
3.6. Metode Pengumpulan Data	31
3.7. Metode Pengolahan Data	32
3.8. Pengambilan Data	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Hasil Keausan Menggunakan Metode Linier (Panjang Pahat)	33
4.1.1. Cairan Pendingin Minyak Nabati (Kelapa)	33
4.1.2. Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)	34
4.1.3. Tanpa Cairan Pendingin	35

4.1.4. Hasil perbandingan panjang keausan pahat	35
4.2. Hasil Keausan Menggunakan Metode Massa (Berat)	37
4.2.1. Cairan Pendingin Minyak Nabati (Kelapa)	37
4.2.2. Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)	38
4.2.3. Tanpa Cairan Pendingin	39
4.2.4. Hasil perbandingan berat keausan dari ketiga percobaan	40
4.3. Hasil Keausan Menggunakan Metode Volume Permukaan Air	41
4.3.1. Cairan Pendingin Minyak Nabati (Kelapa)	41
4.3.2. Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)	42
4.3.3. Tanpa Cairan Pendingin	43
4.3.4. Hasil perbandingan volume air dari ketiga percobaan	44
4.4. Pembahasan	45
4.4.1. Perhitungan Panjang Keausan Mata Pahat (Linier)	45
4.4.1.1. Perhitungan Panjang Keausan Mata Pahat Dengan Cairan Pendingin Minyak Nabati (MinyakKelapa)	45
4.4.1.2. Perhitungan Panjang Keausan Mata Pahat Dengan Cairan Pendingin Minyak Kimia (MinyakDromus)	46
4.4.1.3. Perhitungan Panjang Keausan Mata Pahat Tanpa Cairan Pendingin	47
4.4.2. Perhitungan Keausan Pahat Dengan Metode Berat (Massa)	48
4.4.2.1. Perhitungan Berat Keausan Mata Pahat Dengan Cairan Pendingin Minyak Nabati (MinyakKelapa)	48
4.4.2.2. Perhitungan Berat Keausan Mata Pahat Dengan Cairan Pendingin Minyak Kimia (MinyakDromus)	49
4.4.2.3. Perhitungan Berat Keausan Mata Pahat Tanpa Cairan Pendingin	49
4.4.3. Perhitungan Keausan Pahat Dengan Metode Volume Air	50

4.4.3.1.Perhitungan Volume Air Keausan Mata Pahat Dengan Cairan Pendingin Minyak Nabati (Minyak Kelapa)	50
4.4.3.2.Perhitungan Volume Air Keausan Mata Pahat Dengan Cairan Pendingin Minyak Kimia (Minyak Dromus)	51
4.4.3.3.Perhitungan Volume Air Keausan Mata Pahat Tanpa Cairan Pendingin	53

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

	HAL	
Gambar 2.1	Mesin Frais <i>Horizontal</i>	6
Gambar 2.2	Mesin Frais <i>Vertikal</i>	7
Gambar 2.3	Mesin Frais <i>Universal</i>	8
Gambar 2.4	Pisau Frais Rata	8
Gambar 2.5	Pisau Frais Samping	8
Gambar 2.6	Pisau Frais Gigi Berseling-seling	9
Gambar 2.7	Pisau Frais Muka	9
Gambar 2.8	Pisau Sudut Tunggal	10
Gambar 2.9	Pisau Sudut Ganda	10
Gambar 2.10	Pisau frais bentuk	10
Gambar 2.11	Pisau Frais Alur-T	11
Gambar 2.12	Pisau Frais Belah	11
Gambar 2.13	Pisau Alur Pasak	11
Gambar 2.14	Mekanisme keausan pada pahat	16
Gambar 2.15	Macam-macam Keausan Mata Pahat	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2	Mesin Frais	23
Gambar 3.3	Laptop	23
Gambar 3.4	Bingkai frais dan Meja frais	24
Gambar 3.5	Meja Frais	24
Gambar 3.6	Bingkai Meja Frais	24
Gambar 3.7	Dynamometer Meja Mesin Frais	25
Gambar 3.8	Kunci Kunci	25
Gambar 3.9	Arbor Mesin Frais	25
Gambar 3.10	Arah Gerak Mata Pahat	26
Gambar 3.11	Mikroskopik	26
Gambar 3.12	Besi Cor (<i>Cast Iron</i>)	27
Gambar 3.13	Mata Pahat Insert Karbida	27
Gambar 3.14	Minyak Kelapa	27
Gambar 4.1	Hasil panjang keausan dengan minyak nabati	33
Gambar 4.2.	Hasil panjang keausan dengan minyak dromus	34
Gambar 4.3	Hasil panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	35
Gambar 4.4	Grafik putaran mesin dengan perbandingan panjang aus dari ketiga percobaan	36
Gambar 4.5.	Hasil berat mata pahat yang sudah di timbang(nabati)	37
Gambar 4.6.	Hasil berat mata pahat yang sudah di timbang (dromus)	38
Gambar 4.7.	Hasil berat mata pahat yang sudah di timbang (tanpa cairan)	39
Gambar 4.8	Grafik putaran mesin dan perbandingan berat keausan menggunakan cairan dengan tidak menggunakan cairan pendingin	40

Gambar 4.9	Hasil volume air yang dimasukan mata pahat menggunakan cairan pendingin minyak nabati	41
Gambar 4.10	Hasil volume air yang dimasukan mata pahat dengan pendingin Dromus Oil	42
Gambar 4.11	Hasil volume air yang dimasukan mata pahat tanpa menggunakan cairan pendingin	43
Gambar 4.12	Grafik putaran mesin dan perbandingan dalam volume air keausan mata pahat dengan menggunakan cairan serta tidak menggunakan cairan pendingin	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Gaya potong spesifikreferensi dalam proses mesin frais	19
Tabel 3.1. Jadwal penelitian dan pembuatan instrumen dynamometer mesin frais	21
Tabel 3.2. Spesifikasi mesin frais emco F3	28
Tabel 3.3. Spesifikasi bahan mata pahat insert karbida	28
Tabel 3.4. Spesifikasi bahan minyak nabati (minyak kelapa)	29
Tabel 3.5. Spesifikasi bahan uji besi cor (<i>cast iron</i>)	29
Tabel 4.1. Hasil panjang nilai keausan dengan menggunakan cairan minyak nabati	33
Tabel 4.2. Hasil nilai panjang keausan dengan menggunakan cairan minyak dromus	34
Tabel 4.3. Hasil nilai panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	35
Tabel 4.4. Nilai massa keausan dengan menggunakan cairan pendingin minyak nabati	37
Tabel 4.5. Nilai massa keausan dengan menggunakan cairan pendingin minyak dromus	38
Tabel 4.6. Nilai massa keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	39
Tabel 4.7. Nilai volume keausan mata pahat menggunakan cairan pendingin minyak nabati (minyak kelapa)	41
Tabel 4.8. Nilai volume keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (<i>dromus</i>)	42
Tabel 4.9. Nilai volume keausan tanpa menggunakan cairan pendingin	43

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
N	putaran spindle	Rpm
V _c	kecepatan potong	m/menit
d	diameter tools mata potong	mm
s	kecepatan penyayat	mm/menit
a	kedalaman potong	mm
z	jumlah gigi	buah
τ_{shi}	tegangan geser dinamik	N/mm
b.h	penampang geram	mm ²
k _{s 1.1}	gaya potong spesifik	N/mm ²
k _{sm}	gaya potong rata-rata	N/mm ²
ϕ_1	sudut masuk	rad
ϕ_2	sudut keluar	rad
ϕ_z	sudut sektor gigi	rad
π	nilai konstanta	-
ϕ	sudut	rad
Rpm	rotasi per meter	-
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	-
θ	Sudut Kekasaran	°
n	Harga Eksponen	e^x
T	Unsur Pahat	min
Ct	Konstanta Umur Pahat Taylor	t
%	persen	-

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempunyai peranan yang penting dalam kemajuan bangsa sekaligus mempengaruhi keberhasilan pembangunan dalam bidang industri, hal itu dilihat dari kemajuan teknologi yang semakin canggih. Tetapi hal itu tentunya bukan berarti permesinan secara konvensional ditinggalkan, hal ini masih diperlukan untuk menunjang permesinan secara modern karena dasar dari pada permesinan tersebut berasal dari permesinan konvensional industri yang memakai permesinan secara konvensional atau mungkin masih banyak lainnya. Di industri tersebut keduanya memakai perpaduan mesin digital dan konvensional.

Dalam dunia industri proses pemesinan merupakan hal yang penting. Untuk meningkatkan produktifitas pada proses permesinan selalu diikuti dengan kualitas hasil pengerjaan yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Proses permesinan merupakan proses membentuk sebuah benda kerja menjadi benda jadi dengan tujuan untuk mendapatkan produk jadi dengan ukuran, bentuk, dan yaitu proses bubut, proses sekrap, proses milling, proses gerinda, dan proses drilling.

Mesin Milling adalah suatu proses pemesinan yang pada umumnya menghasilkan bentukan bidang datar (bidang datar ini terbentuk karena pergerakan dari meja mesin) dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara alat potong yang berputar pada spindel dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin.

Pada proses milling sendiri memiliki bentuk pahat dan jenis pahat yang berbeda-beda sesuai dengan proses pemakanan yang akan dilakukan. Selain itu juga di sesuaikan dengan material pahat dan bahan yang akan di kerjakan. Untuk material lunak menggunakan baja

karbon, untuk kecepatan tinggi menggunakan HSS dan untuk material keras menggunakan karbida.

Selain itu, cairan pendingin juga turut berperan di dalam proses permesinan, terutama pada proses milling. Yang berguna untuk melumasi dan membuang geram serta menghambat laju korosi pada benda kerja dan mata pahat

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah bagaimana untuk mengetahui keausan mata pahat karbida yang di lumasi dengan cairan pendingin minyak nabati pada proses mesin frais.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penulisan tugas sarjana ini yaitu :

1. Mengetahui keausan mata pahat karbida yang terjadi pada saat pemotongan berlangsung dengan proses mesin frais.
2. Pengujian keausan mata pahat menggunakan material uji jenis karbida TPKN VC 2 (*valenite solid carbide*).
3. Membahas keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais dengan menggunakan cairan pendingin minyak nabati.

1.4. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan judul tugas sarjana “ Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Nabati Terhadap Keausan Mata Pahat Karbida Pada Proses Mesin Frais

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui pengaruh cairan pendingin minyak nabati terhadap keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais dengan menggunakan bahan uji besi cor

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui pengaruh cairan pendingin terhadap keausan mata pahat karbida pada proses mesin frais menggunakan media pendingin yang berbeda.
2. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan gaya potong terhadap mata pahat karbida dengan bahan uji besi cor pada proses mesin milling dengan Cairan pendingin minyak nabati.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi pada mesin perkakas cairan pendingin sangat bermanfaat untuk memperpanjang umur mata pahat agar dapat digunakan kembali.
2. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi untuk membuat tugas sarjana yang berhubungan dengan pengaruh cairan pendingin terhadap mata pahat.
3. Dapat dijadikan topik penulisan untuk menambah informasi, sekaligus dapat dijadikan sebagai salah satu bahan bagi penulisan ilmiah terkait.
4. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan menambah pengetahuan dan pengalaman penulis agar dapat mengembangkan ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Teknik Mesin.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan perencanaan yang meliputi tujuan umum dan khusus, manfaat penelitian dan sistematik penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab penulis menjelaskan tentang teori yang digunakan seperti karakteristik, gambar berupa skema perencanaan komponen utama.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang tempat dan waktu percobaan, material yang diuji, bentuk tiap komponen utama.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang berisi tentang spesifikasi sifat dan menguraikan hasil pengujian dan perhitungan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Mesin Frais

Mesin frais adalah suatu proses permesinan yang pada umumnya menghasilkan bentukan bidang datar (bidang datar ini terbentuk karena pergerakan dari meja mesin) dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara alat potong yang berputar pada spindle dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin. 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.

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 ditemukan di New Heaven Conecticut oleh Eli Whitney. Pada tahun 1952 John Parson mengembangkan milling dengan kontrol basis angka (Milling Numeric Control) dalam perkembangannya mesin milling mengalami berbagai perkembangan baik secara mekanis 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 (<https://iralsports.wordpress.com>).

2.1.1. Jenis-Jenis Mesin Frais

Penggolongan mesin frais menurut jenisnya penamaannya disesuaikan dengan posisi *spindel* utamanya dan fungsi pembuatan produknya, ada beberapa jenis mesin frais dalam dunia manufacturing antara lain (Van Terheidjen dan Harun,1981) :

1. Mesin Frais *Horizontal*

Adalah mesin frais yang poros utamanya sebagai pemutar dan pemegang alat potong pada posisi mendatar seperti gambar 2.1. dibawah ini :



Gambar 2.1. Mesin Frais *Horizontal*

Mesin ini termasuk type knee, namun bentuknya sama dengan mesin frais universal. Biasanya digunakan untuk mengerjakan permukaan datar dan alur. Type lain dari mesin ini adalah mesin frais type bed. Type bed ini lebih kuat karena meja mesin ditahan sepenuhnya oleh sadel yang terpasang pada lantai.

2. Mesin frais *Vertikal*

Adalah mesin frais dengan poros utama sebagai pemutar dengan alat potong dengan posisi tegak seperti gambar 2.2. dibawah ini :



Gambar 2.2. Mesin Frais *Vertikal*

Poros utama mesin frais tegak di pasang pada kepala tegak (*vertical head spindle*). Posisi kepala ini dapat dimiringkan kearah kiri atau kanan maksimal 60° . Biasanya mesin ini dapat mengerjakan permukaan bersudut, datar, beralur, melobang dan dapat mengerjakan permukaan melingkar atau bulat.

3. Mesin Frais *Universal*

Adalah mesin yang pada dasarnya gabungan dari mesin frais *horizontal* dan mesin frais *vertikal* seperti (gambar 2.3. Mesin frais *universal*). mesin ini dapat mengerjakan pekerjaan pengefraisan muka, datar, spiral, roda gigi, pengeboran dan reamer serta pembuatan alur luar dan alur dalam. Untuk melaksanakan pekerjaannya mesin frais dilengkapi dengan peralatan yang mudah digeser, diganti dan dipindahkan. Peralatan tambahan etrsebut berupa meja siku (*fixed angular table*), meja miring (*inclinable universal table*), meja putar (*rotary table*) dan kepala spindel tegak (*vertical head spindle*).



Gambar 2.3. Mesin Frais *Universal*

2.1.2. Macam macam mata pahat / pisau frais

Ada bermacam macam pisau pada mesin frais, berikut ini jenis pisau frais adalah :

1. Pisau Frais Rata (*Plain Milling Cutter*)



Gambar 2.4. Pisau Frais Rata

Pisau frais rata atau plain milling cutter seperti (gambar 2.4. Pisau frais rata) merupakan pisau frais yang berbentuk silinder yang memiliki gigi-gigi pemotong dibagian kelilingnya tetapi di kedua sisinya tidak terdapat gigi pemotong.

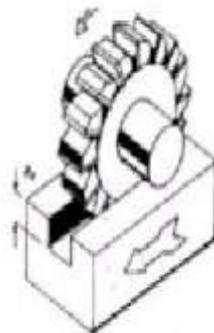
2. Pisau Frais Samping (*Side Milling Cutter*)



Gambar 2.5. Pisau Frais Samping

Pisau frais samping seperti (gambar 2.5.Pisau frais samping) mirip dengan frais rata tetapi pada salah satu atau kedua sisinya terdapat gigi pemotong.

3. Pisau Samping Gigi Berseling-seling (*Staggered Tooth Side Milling Cutter*)



Gambar 2.6. Pisau Frais Gigi Berseling-seling

Pisau ini memiliki gigi yang berselang-seling ke arah kiri dan arah kanan seperti (gambar 2.6. Pisau frais berseling seling) Medisusunya gigi yang berselang-seling ini dimaksudkan untuk menghilangkan gaya dorong ke samping pada pisau dan arbor.

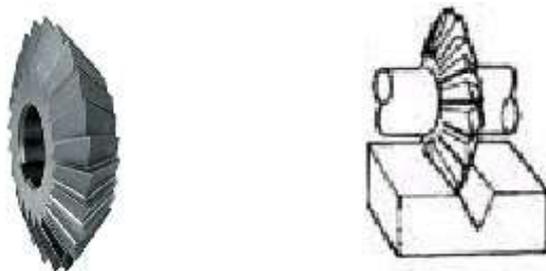
4. Pisau Frais Muka (*Face Milling Cutter*)



Gambar 2.7. Pisau Frais Muka

Pisau frais muka seperti (gambar 2.7. Pisau frais muka) ada yang berbentuk pisau frais solid ada juga yang berupa pisau frais dengan gigi pemotong sisipan.

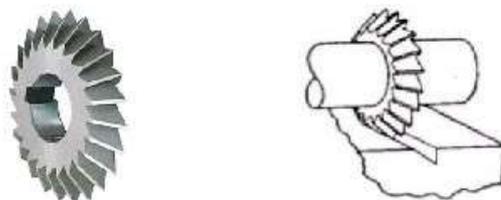
5. Pisau Sudut Tunggal (*Single Angle Milling Cutter*)



Gambar 2.8. Pisau Sudut Tunggal

Pisau sudut tunggal seperti (gambar 2.8. Pisau frais tunggal) mempunyai satu sisi sudut dengan gigi-gigi pemotong pada permukaannya.

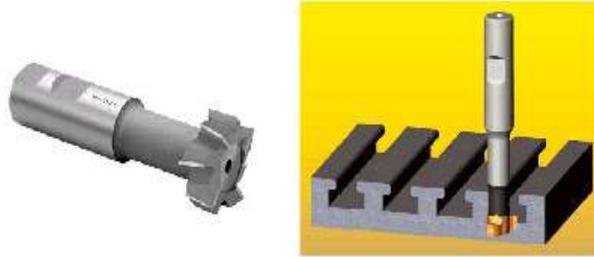
6. Pisau Sudut Ganda (*Double Angle Milling Cutter*)



Gambar 2.9. Pisau Sudut Ganda

Pisau sudut ganda seperti (gambar 2.9. Pisau frais sudut ganda) memiliki dua sisi sudut dengan gigi-gigi pemotong pada permukaannya.

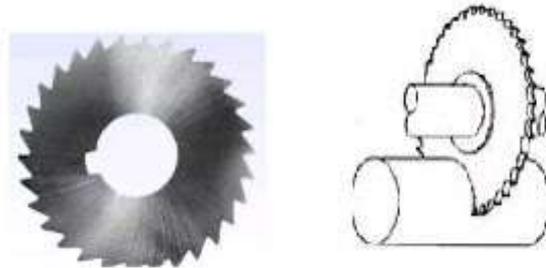
7. Pisau Frais Bentuk



Gambar 2.10. Pisau frais bentuk

Pisau frais ini bentuk seperti (gambar 2.10. Pisau frais bentuk) digunakan untuk mengfrais benda kerja dengan bentuk-bentuk tertentu seperti bentuk cekung bentuk cembung dan lain-lain.

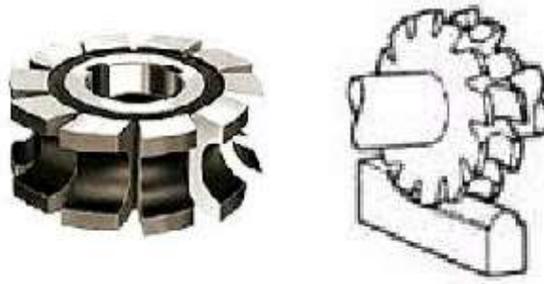
8. Pisau Frais Alur-T (*T-Slot Milling Cutter*)



Gambar 2.11. Pisau Frais Alur-T

Pisau seperti (gambar 2.11. Pisau frais alur – t) digunakan untuk membuat alur yang berbentuk T seperti alur-alur yang terdapat pada meja mesin frais meja mesin bor dan meja-meja kerja sejenis lainnya.

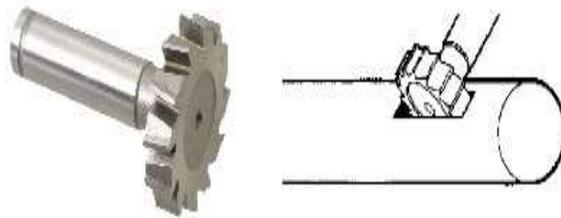
9. Pisau Frais Belah (*Slitting Saw Milling Cutter*)



Gambar 2.12. Pisau Frais Belah

Pisau belah seperti (gambar 2.12. Pisau frais belah) mempunyai bermacam-macam ukuran dengan jumlah gigi yang berbeda-beda.

10. Pisau Alur Pasak (*Keyseat Milling Cutter*)



Gambar 2.13. Pisau Alur Pasak

Pisau frais ini bertangkai seperti (gambar 2.13. Pisau alur pasak) ini digunakan untuk membuat alur pasak pada benda kerja membuat alur pasak pada poros atau alur pasak jenis *woodruff*.

2.1.3. Prinsip pemotongan mesin frais

Tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada *spindel* mesin *milling*.

Spindel mesin *milling* adalah bagian dari sistem utama mesin *milling* yang bertugas untuk memegang dan memutar *cutter* hingga menghasilkan putaran atau gerakan pemotongan.

Gerakan pemotongan pada *cutter* jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan menghasilkan pemotongan pada bagian benda kerja, hal ini dapat terjadi karena material penyusun *cutter* mempunyai kekerasan diatas kekerasan benda kerja.

2.1.4. Gerakan pada mesin frais

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

1. Gerakan Utama

Gerakan berputarnya alat potong pada spindle utama. Satuan yang digunakan adalah rpm (rotasi permenit) dan simbolnya **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**.

2.2 Coolant (pendingin)

Media pendingin dalam proses pemesinan merupakan salah satu media yang digunakan ketika proses pemesinan, media pendingin dalam proses pemesinan mempunyai aneka ragam variasi jenis penggunaannya, jika dilihat dari fungsi media pendingin pada umumnya, ada yang digunakan untuk membersihkan benda, anti korosi, melumasi benda, dan bahkan pemisah antara beram dengan benda.

Namun secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi utama dari media pendingin adalah untuk melumasi dan mendinginkan. Media pendingin dalam proses mesin milling ini memiliki kegunaan khusus untuk memperpanjang umur pahat, mengurangi keausan pahat, dan berpengaruh dalam kekasaran permukaan, hal tersebut dibuktikan ketika terjadinya proses pemesinan yang menimbulkan gaya gesek antara alat potong (pahat) dengan benda kerja, dan saat seperti itulah media pendingin memiliki peran yang sangat penting digunakan karena tidak merubah struktur logam benda, terutama pada ST 37 dan ST 60.

Pada proses pemotongan akan terjadi peningkatan temperature. temperatur ini kalau tidak dijaga akan mempengaruhi sifat mekanis bahan dan sifat material bahan, maka dari itu diperlukan media pendingin.

Coolant merupakan cairan hasil campuran ethylene atau propylene glycol dan air. Biasanya rasio perbandingan zat mineral itu berkisar 50/50. Penggantian cairan *coolant* perlu dilakukan karena pemakaian *coolant* yang terlalu lama menyebabkan timbunan pasir. Pasir yang terlalu berlebihan sanggup menutup sistem saluran pendinginan. Penggantian ini harus dilakukan karena dalam fase tertentu, kualitas *coolant* bisa menurun akibat panas dan lingkungan yang kotor. Selain itu, korosi pada material juga bisa mengakibatkan terjadinya pengendapan kotoran pada *coolant*.

Apabila penggantian *coolant* tidak dilakukan maka pengendapan kotoran yang terlalu banyak berpotensi menutup sistem saluran pendingin, sehingga menyebabkan arus pendinginan mesin terganggu. Bila hal ini terjadi, mesin mudah panas dan memicu mogok. Rentetan masalah lebih krusial pada mesin bisa terjadi.

Berdasarkan pengelompokan jenis *coolant* dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Air Blow

Pendingin atau *coolant* jenis ini hanya berupa udara yang di tiupkan ke benda kerja yang materialnya cepat menangkap dan melepaskan panas dengan melalui pipa khusus yang terhubung oleh blower.

2. Water Blow

Water Blow merupakan *coolant* atau pendingin yang berupa cairan yang disemprotkan ke benda kerja yang mempunyai laju perpindahan panas yang lambat. Ini merupakan pendingin paling umum digunakan di bengkel – bengkel karena mudah pemberiannya.

Pada proses ini jenis *coolant* yang sering digunakan adalah water blow. *Coolant* yang digunakan pada proses pemesinan yang umumnya digunakan diproses pemesinan pada industri

skala besar maupun skala kecil adalah jenis *chemical cutting fluid* (cairan pendingin kimia campuran air).

2.3. Metode Cairan Pendingin

Cairan pendingin adalah media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda kerja dan alat potong pada saat proses permesinan.

1. Basah

Basah merupakan pemberian cairan pendingin selama proses permesinan berlangsung memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap mata pahat.

2. Kering

Kering merupakan suatu cara proses permesinan tanpa menggunakan cairan pendingin melainkan menggunakan partikel udara sebagai media pendingin selama proses permesinan berlangsung.

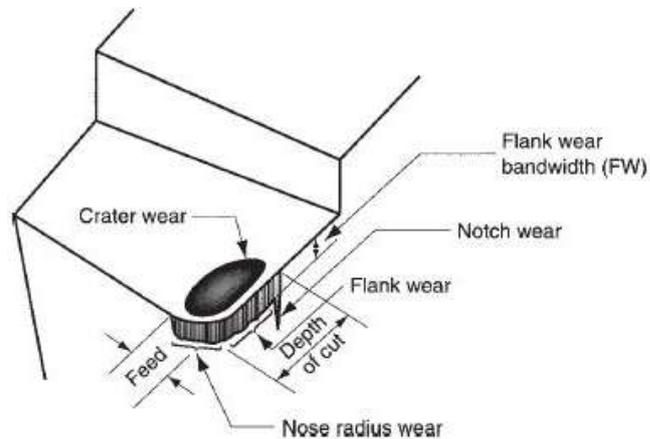
2.3.1. Fungsi cairan pendingin

Cairan pendingin berfungsi sebagai pembersih atau pembawa geram dari daerah pemotongan dan melumasi elemen mesin perkakas serta melindungi benda kerja dari korosi. Selain itu cairan pendingin juga dapat memperpanjang umur mata pahat, dan juga dapat mengurangi gesekan dan panas yang timbul di sepanjang daerah pemotongan / pemakanan bahan uji.

2.3.2 Mekanisme Keausan (*Wear*)

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 factor berupa *abrasive*, proses kimiawi, proses *adhesi*, 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 (Zaenal Abidin.2010), seperti diilustrasikan pada Gambar 2.14. dibawah ini :



Gambar 2.14. Mekanisme keausan pada pahat.

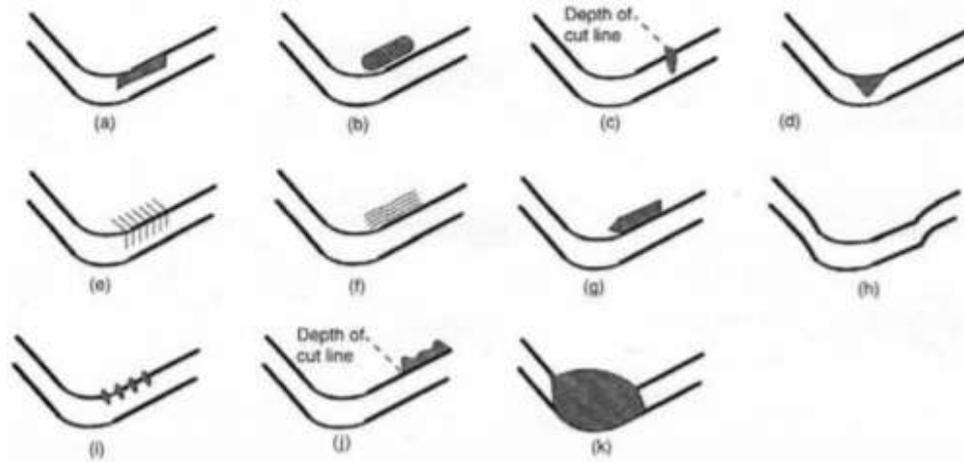
2.4. Macam-macam Keausan Mata Pahat

Keausan di defenisikan oleh ASTM sebagai kerusakan permukaan benda kerja yang secara umum berhubungan dengan peningkatan hilangnya material yang di sebabkan oleh pergerakan relatif alat potong

Pengertian luas keausan adalah kerusakan permukaan atau kontak material dari satu atau kedua permukaan. Adapun kegagalan sebuah mata pahat dilandasi dengan tiga cara yang berbeda, yaitu :

1. Depormasi plastis
2. Keausan bertahap
3. Perpatahan nyata

Tipe-tipe keausan di identifikasikan pada mata pahat titik tunggal seperti pada (gambar 2.20. Macam-macam keausan mata pahat) dimana (a) keausan flank, (b) keausan crater, (c) keausan notch, (d) keausan nose radius, (e) patahan termal, (f) patahan parallel, (g) built-up edge (BUE), (h) deformasi plastis, (i) edge chipping, (j) chip hammering, dan (k) perpatahan nyata. Tempat dan bentuk sebenarnya dari keausan akan bervariasi tergantung pada operasi permesinan (Zaenal Abidin.2010).



Gambar 2.15. Macam-macam Keausan Mata Pahat

2.5. Gaya Pemotongan pada proses frais

Gerakan dari setiap mata potong (gigi) pahat frais relatif terhadap benda kerja merupakan gerakan sikloldal. Oleh sebab itu, bagaimana pun posisi pahat frais relatif terhadap lebar pemotongan (pada mengefrais tegak) atau kedalaman potong (pada mengefrais datar) selalu akan memotong benda kerja dengan ketebalan geram yang berubah. Jarak antara sikloldal yang berurutan, pada arah kecepatan makan, akan selalu sama dan jarak ini dinamakan dengan gerak makan pergigi (f_z , *feed per tooth, mm*). Gerak makan pergigi merupakan variable yang penting dalam proses frais dan harganya di tentukan oleh kecepatan makan v_f , putaran pahat n , serta jumlah gigi z yaitu,

$$f_z = v_f / (nz); mm/(gigi)$$

Tebal geram pada setiap saat ditentukan oleh setiap sudut posisi ϕ sebagai mana yang diperlihatkan oleh rumus di bawah ini :

$$h = f_z \sin \phi \sin k_r$$

$$= f_z \sin \phi, \text{ untuk } k_r = 90^\circ$$

Dengan demikian, gaya pemotongan untuk setiap gigi akan berfluktuasi mengikuti perubahan sudut posisi gigi. Sesuai dengan rumus pada proses membubut maka gaya tangensial pada setiap mata potong pada setiap saat adalah,

$$f_t = t_{shi} b \cdot f_z \sin \phi \sin x, \frac{\cos(\eta - \gamma_0)}{\sin \phi \cos(\phi + \eta_0)} \quad (2.1)$$

Karena gerak geram menentukan besarnya gaya potong maka fluktuasi dari gaya potong dapat dianalisis dari fluktuasi penampang geram. Fluktuasi tersebut dipengaruhi juga oleh jumlah gigi efektif yang memotong material pada suatu saat, yaitu :

$$z_e = \frac{\phi}{2\pi} z \quad (2.2)$$

Jika jumlah gigi efektif kurang dari satu, berarti pada setiap saat maksimum hanya ada satu gigi yang aktif memotong (pada saat yang lain tidak ada) sehingga fluktuasi penampang geram akan mencapai harga maksimum. Untuk menghindari hal ini jikalau mungkin sudut persentuhan diperbesar atau mengganti pahat frais dengan jumlah gigi yang banyak. Selain itu, dapat juga dipakai pahat frais selubung yang mempunyai sudut helik ($\lambda_s \neq 0_0$) yang memungkinkan penerusan pemotongan oleh gigi berikutnya sebelum satu gigi selesai melakukan pemotongan.

2.6. Fluktuasi Gaya Tangensial (Gaya Potong)

Sebagaimana yang telah kita ketahui besarnya gaya potong ditentukan oleh luas penampang geram dan gaya potong spesifik. Gaya potong spesifik tersebut dipengaruhi oleh gerak makan f atau lebih tepatnya tebal geram sebelum terpotong h , yaitu sebagai mana rumus korelasi yang telah dibahas dalam proses bubut, gudi dan frais. Semakin tebal h maka gaya potong spesifik akan menurun. Khusus untuk proses frais harga tebal geram tersebut berubah sesuai dengan sudut posisi dari gigi pada saat tertentu. Dengan demikian untuk menghitung gaya potong / gaya tangensial perlu diketahui harga tebal geram h pada saat tersebut.

Dalam proses frais tegak maka beberapa rumus gaya tangensial pergigi dapat di turunkan sebagai berikut.

Tabel 2.1 Gaya potong spesifik referensi dalam proses frais

Jenis Benda Kerja	Klasifikasi DIN	Kekuatan UTS, Nmm ²	$K_{s1.1} N / MM^2$	P
Baja struktur (Structural Steels)	St 50	520	1990	0,25
	St 60	620	2110	0,16
Baja mmpu laku panas (Heat Treable Steels)	Ck 45	670	2220	0,14
	Ck 60	770	2130	0,17
Baja Sementals (Cementation Steels)	16 Mn Cr 5	770	2100	0,27
	18 Cr Ni 6	630	2260	0,30
	42 Cr Mo 4	730	2500	0,26
	34 Cr Mo 4	600	2240	0,21
	50 Cr V 4	600	2220	0,27
Baja Perkakas Ekstrusi (Cold Work Tool Steels)	EC Mo 80	590	2290	0,17
	55 Ni Mo V6 -anneeled -treated	940 (352 BHN)	1740 1920	0,25 0,24
Baja Perkakas Panas (Cold Extrusion T.S)	210 Cr 46	-	2100	0,26
	34 Cr 4	-	2100	0,26
Besi Tuang (Cast Iron)	GG 26	(200 BHN)	1160	0,26
	GG 30		1100	0,26

Dari table ini dapat diturunkan korelasi antara gaya potong spesifik referensi dengan kekuatan tarik (tidak termasuk material kondisi anneeled), yaitu :

$$k_{s1.1} = 939 \sigma_u^{0.13}$$

$$\text{Maka : } f_t = c(\sin \phi)^{1-p} \quad ; \quad (2.3)$$

a. Bentuk Rumus Empirik Gaya Potong

Dari analisa teoritik tentang proses pembentukan geram telah disinggung suatu bentuk

rumus gaya potong yaitu:

$$F_v = F_y = \tau_{shi} b.h. \frac{\cos(\eta - y_0)}{\sin \phi \cos(\phi + \eta - y_0)}$$

Dimana

$F_v = F_y =$ gaya potong; N,

τ_{shi} = tegangan geser dinamik, yang merupakan sifat benda kerja dalam

hubungan nya dengan proses pemotongan N/mm,

b.h. = penampang geram sebelum terpotong ; mm²

γ^0 = sudut geram, karakteristik geometri pahat,

ϕ = sudut geser,

η = sudut gesek,

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Tambahan penelitian dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik mesin Universitas Negeri Medan, dan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

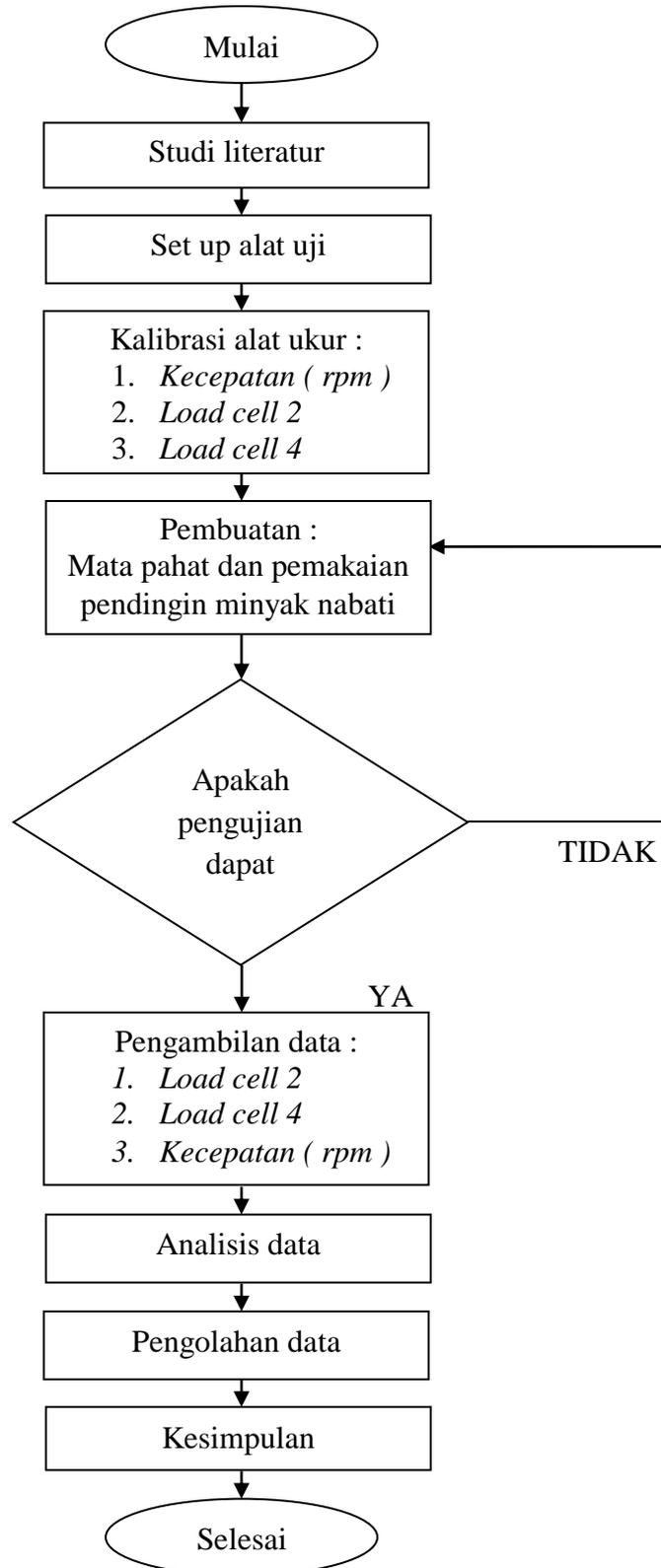
3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan uji coba dilakukan sejak tanggal usulan oleh pengolah Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3.1. Jadwal penelitian dan pembuatan instrumen dynamometer mesin frais

Nama Kegiatan	Bulan dan Tahun									
	Des 2017	Jan 2018	Feb 2018	Mar 2018	Apr 2018	Mai 2018	Jun 2018	Jul 2018	Ags 2018	
Pengajuan judul	■	■								
Studi literature		■	■							
Penyiapan alat dan bahan			■							
Pengujian				■						
Penyelesaian skripsi				■	■	■	■	■		

3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat yang dipakai dalam pengujian ini terdiri dari :

1. Mesin Frais



Gambar 3.2. Mesin Frais

Berfungsi sebagai alat penguji bahan yang akan dipakai pada mesin frais.

2. Laptop



Gambar 3.3. Laptop

Berfungsi sebagai alat pengendali semua sensor data baik ingin memulai dan memberhentikan pengujian.

3. Bingkai Frais dan Meja Frais



Gambar 3.4. Bingkai frais dan Meja frais

Berfungsi sebagai alat uji mesin frais menggunakan tambahan sensor.

4 Meja Frais



Gambar 3.5. Meja Frais

Berfungsi sebagai penekan sensor *load cell* pada bingkai meja frais.

5. Bingkai Meja Frais



Gambar 3.6. Bingkai Meja Frais

Berfungsi sebagaiudukan sensor *load cell*.

6. Dynamometer Meja Mesin Frais



Gambar 3.7. Dynamometer Meja Mesin Frais

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

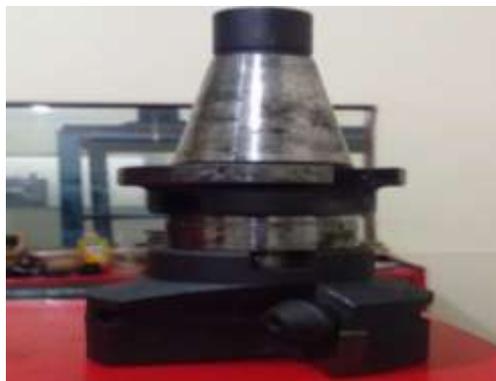
7. Kunci-kunci



Gambar 3.8. Kunci-kunci

Berfungsi sebagai pemasang dan pelepas sensor *load cell* di bingkai frais.

8. Arbor Mesin Frais

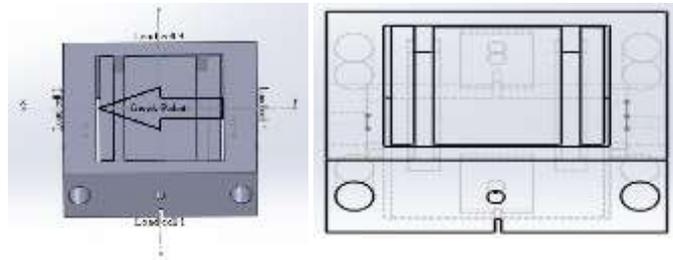


Gambar 3.9. Arbor Mesin Frais

Berfungsi sebagai tempat pisau-pisau mesin frais.

9. Arah Gerak Mata Pahat

Gerak mata pahat dari *load cell 4* menuju *load cell 2*.



Gambar 3.10. Arah Gerak Mata Pahat

10. Mikroskopik



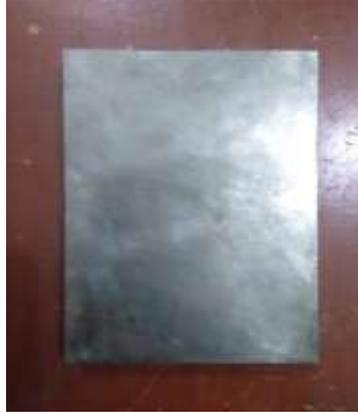
Gambar 3.11. Mikroskopik

Berfungsi untuk mengukur dan melihat keausan mata pahat yang digunakan pada saat pemakanan benda kerja dalam proses mesin frais.

3.3.2. Bahan

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

1. Besi Cor (*Cast Iron*)



Gambar 3.12. Besi Cor (*Cast Iron*)

2. Mata Pahat Insert Karbida



Gambar 3.13. Mata Pahat Insert Karbida

3. Minyak Kelapa



Gambar 3.14. Minyak Kelapa

3.3.3. Spesifikasi Alat dan Bahan

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

Nama	VC 2 (<i>valenite solid carbide</i>)
Bahan	Biji Media Tidak Di Lapsi
Tingkat Iso	M10 – 20 (Untuk pengerjaan stainless steel) K10 – 20 (Untuk pengerjaan besi cor)
Penggunaan	<i>Rouging, Semi Finishing, Threading-Grooving</i>
Kekerasan	1300 – 1800 (<i>Hardness Vickers</i>)
Daya Tahan Panas	1000°C
Masa Jenis	7.2 – 5(g/cm ³)

3. Minyak Nabati (Minyak Kelapa)

Tabel 3.4. Spesifikasi Bahan Minyak Nabati (Minyak Kelapa)

No	Jenis Minyak	Kadar Air (%)	ALB (%)	Berat Jenis (gr/ml)	Viscositas
1	Minyak Kelapa	0,19	0,19	0,96	3,98

(Sumber : Lab Pangan Fakultas Pertanian UMSU)

4. Besi Cor (*Cast Iron*)

Tabel 3.5. Spesifikasi Bahan Besi Cor (*Cast Iron*)

No	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	87,3	> 4,50	1,16	0,568	0,338	>0,300	0,110	0,0895
2	85,7	> 4.50	1,13	0,548	0,311	>0,300	0.106	0,0761
3	77,0	> 4,50	1,15	0,478	>0,700	>0,300	0,125	0,135
Ave	83,3	> 4,50	1,15	0,531	0,462	>0,300	0,114	0,100

No	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb
1	0,981	0,0086	0,0022	1,18	0,0481	0,0357	0,0564	0,204	0,111
2	2,00	0,0139	0,0011	1,26	0,0432	0,0313	0,0613	0,190	0,0991
3	6,39	0,0209	<0,0010	2,27	0,0831	0,0301	0,0784	1,18	>0,200
Ave	3,12	0,0145	0,0011	1,57	0,0581	0,0324	0,0653	0,527	>0,200

(Sumber : Lab Teknik Mesin UNIMED)

3.4. Prosedur Pengujian Alat Uji

Pada pengujian kinerja mesin ini digunakan alat instrumentasi dynamometer mesin frais untuk mendapatkan nilai kecepatan dan gaya potong adalah sebagai berikut :

1. Merengklai sensor *load ceel* ke instrumentasi dynamometer mesin frais.
2. Menyetel putaran mesin frais, menyetel kecepatan gerak meja.
3. Memasang mata pahat insert karbida ke spindel mesin frais.
4. Memasang bahan uji yaitu besi cor ke alat instrumentasi dynamometer mesin frais.
5. Kemudian bahan uji diikat dengan menggunakan ragum.
6. Lalu menyetel mata pahat agar menyentuh permukaan benda kerja.
7. Kemudian menghidupkan mesin frais tanpa pemakanan.

8. Menyalakan laptop lalu memasang kabel *USB* arduino uno ke laptop, kemudian membuka program *PLX DAQ* untuk menyimpan data hasil dynamometer mesin frais.
9. Menjalankan Program *PLX DAQ* dengan cara klik tombol *connect*.
10. Mengoprasikan mesin frais pada kecepatan 80 rpm dengan pemakan 0,1 mm dan kecepatan pergerakan meja 20 mm/min.
11. Mengoprasikan mesin frais pada kecepatan 360 rpm dengan pemakan 0,1 mm dan kecepatan pergerakan meja 20 mm/min..
12. Mengoprasikan mesin frais pada kecepatan 720 rpm dengan pemakan 0,1 mm dan kecepatan pergerakan meja 20 mm/min.
13. Setelah mesin frais selesai melakukan pemakanan kemudian klik tombol *disconnect* pada program *PLX DAQ* lalu simpan data hasil pengujian.
14. Kemudian matikan alat uji mesin frais.
15. Setelah mendapatkan semua hasil data pengujian, kemudian melepaskan mata pahat bersama arbor dari spindel, selanjutnya melepaskan alat instrumentasi dynamometer mesin frais dari penjepit ragum, dan selanjutnya membersihkan mesin frais dan alat-alat yang digunakan.

3.5. Pengamatan dan Tahap Pengujian

3.5.1. Pengamatan

Pada penelitian yang akan diamati adalah :

1. Rpm (n)
2. *Load cell*(Kg)
3. Cairan pendingin

3.5.2. Tahapan Pengujian

Pada tahapan ini yang menjadi acuan adalah besi cor dan mata pahat insert karbida.

Kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan data karakteristik dari (Belum siap)

3.6. 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 tanpa pemakanan.
2. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pertama pada kecepatan 80Rpm.
3. Melakukan pengujian untuk pengambilan data kedua pada kecepatan 360 Rpm.
4. Melakukan pengujian untuk pengambilan data kedua pada kecepatan 720 Rpm.

3.7. Metode Pengolahan Data

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

3.8. Pengambilan Data

Pengambilan data berupa Rpm, *Load cell 2*, *Load cell 4*. Kemudian mesin frais dioperasikan dari kecepatan putaran 80, kecepatan putaran 360, kecepatan putaran 720.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Hasil penelitian diambil dari alat instrumentasi mesin frais dengan menggunakan mesin frais EMCO F3 dan alat mikroskopik . Parameter penelitian adalah cairan pendingin (minyak nabati) dan keausan mata pahat.

4.1.1. Cairan Pendingin Minyak Kelapa (Nabati)



Gambar 4.1. Hasil panjang keausan dengan minyak kelapa

Seperti yang sudah dilakukanya penelitian mengenai keausan mata pahat dengan menggunakan alat uji mikroskop didapatkan hasil jenis keausan yang terjadi adalah keausan tepi (*flank wear*) pada sisi mata pahat yang digunakan.

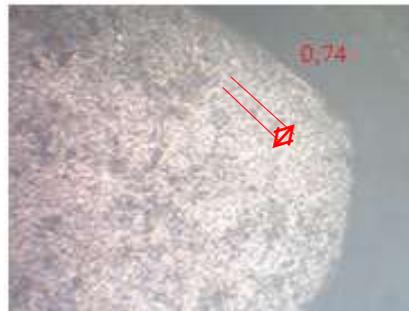
Tabel 4.1. Nilai panjang keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Nabati (minyak kelapa)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Panjang Aus Pahat (mm)
80	0,1	20	Minyak Nabati	0,74
360	0,1	20		0,76
720	0,1	20		0,77

Pada tabel 4.1. kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, kecepatan putaran mesin 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin nabati (minyak

kelapa) menghasilkan panjang keausan sebesar 0,74 mm, kecepatan putaran mesin 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,76 mm, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,77 mm.

4.1.2. Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)



Gambar 4.2. Hasil panjang keausan dengan dromus oil

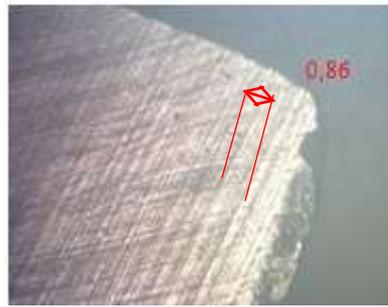
Seperti yang sudah dilakukanya penelitian mengenai keausan mata pahat dengan menggunakan alat uji mikroskop didapatkan hasil jenis keausan yang terjadi adalah keausan tepi (*flank wear*) pada sisi mata pahat yang digunakan.

Tabel 4.2. Nilai panjang 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

Pada tabel 4.2. kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, 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.

4.1.3. Tanpa Cairan Pendingin



Gambar 4.3. Hasil panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Seperti yang sudah dilakukanya penelitian mengenai keausan mata pahat dengan menggunakan alat uji mikroskop didapatkan hasil jenis keausan yang terjadi adalah keausan tepi (*flank wear*) pada sisi mata pahat yang digunakan.

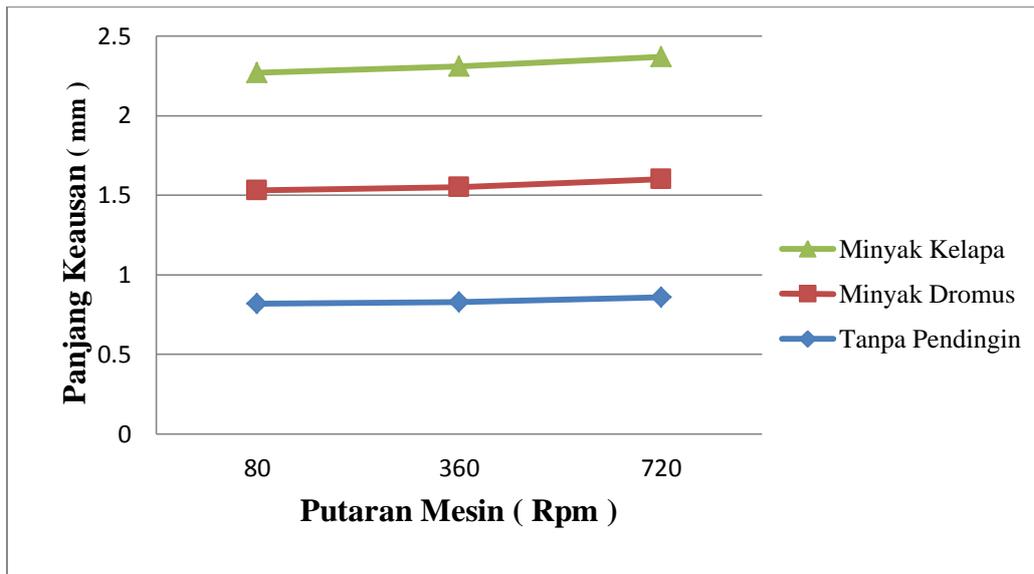
Tabel 4.3. Nilai panjang keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

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

Pada tabel 4.3. kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, 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.

4.1.4. Hasil perbandingan panjang keausan dari ketiga percobaan

Dari perbandingan masing masing ketiga percobaan yang telah dilakukan, dapatlah perbandingan penganalisaan keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin minyak kelapa, dromus oil dan tanpa menggunakan cairan pendingin dapat dilihat pada gambar 4.4. dibawah ini.

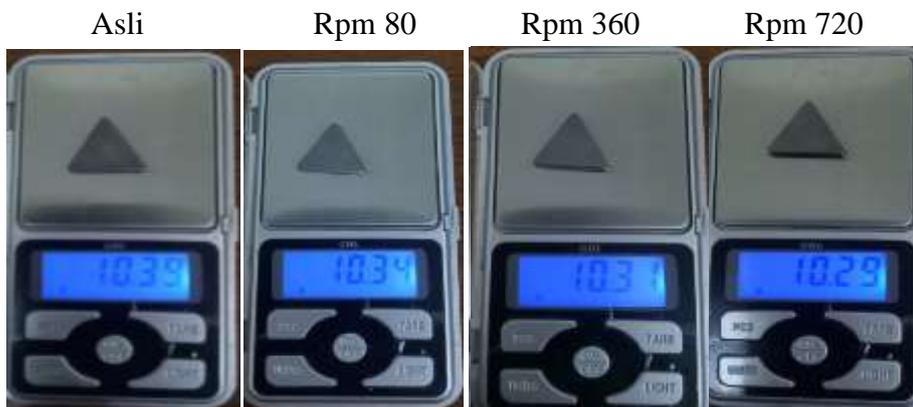


Gambar 4.4. Grafik putaran mesin dengan perbandingan panjang aus dari ketiga percobaan

Seperti gambar 4.4 dari kecepatan 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin minyak kelapa menghasilkan panjang keausan sebesar 0,74 mm, kecepatan 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,76 mm, dan dari kecepatan 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,77 mm. dengan menggunakan cairan pendingin minyak dromus pada kecepatan 80 rpm menghasilkan panjang keausan sebesar 0,71 mm, kecepatan 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,72 mm, dan dari kecepatan 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,74 mm. Selanjutnya tanpa menggunakan cairan pendingin pada kecepatan 80 rpm menghasilkan panjang keausan sebesar 0,82 mm, kecepatan 360 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,83 mm, dan dari kecepatan 720 rpm menghasilkan keausan sebesar 0,86 mm.

4.2. Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Massa (Berat)

4.2.1. Cairan Pendingin Minyak Nabati (Kelapa)



Gambar 4.5. Hasil berat mata pahat yang sudah di timbang

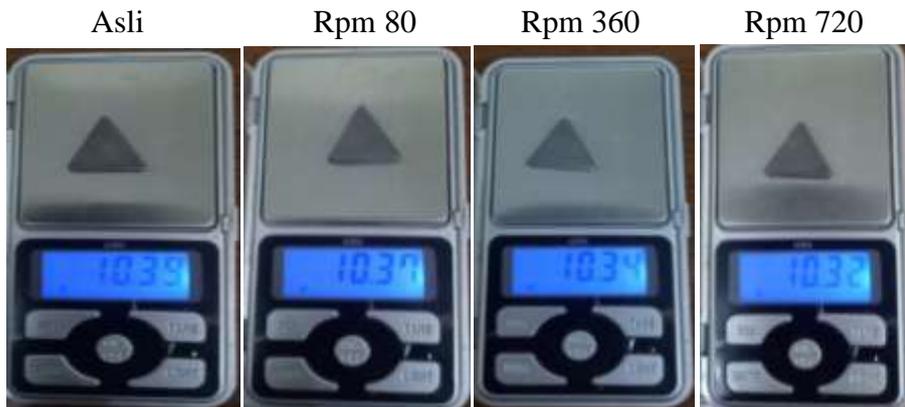
Seperti gambar 4.5. yang di atas terdapatlah hasil mencari massa sebelum dan sesudah pengujian keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin minyak nabati.

Tabel 4.4. Nilai massa keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Nabati (minyak kelapa)

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 Nabati	10,39	10,34	0,05
360	0,1	20		10,39	10,31	0,08
720	0,1	20		10,39	10,29	0,1

Pada tabel 4.4. berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr, kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, pada kecepatan 80 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,05 gr, kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, pada kecepatan 360 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,08 gr, dan pada kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, kecepatan 720 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,1 gr.

4.2.2. Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)



Gambar 4.6. Hasil berat mata pahat yang sudah di timbang

Seperti gambar 4.6. yang di atas terdapatlah hasil mencari massa sebelum dan sesudah pengujian keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin minyak kimia (dromus).

Tabel 4.5. Nilai massa keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (*dromus*)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (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

Pada tabel 4.5. berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr, kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min pada kecepatan 80 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,02 gr, kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, pada kecepatan 360 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,05 gr, dan pada kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, kecepatan 720 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,07 gr.

4.2.3. Tanpa Cairan Pendingin



Gambar 4.7. Hasil berat mata pahat tanpa pendingin yang sudah di timbang

Seperti gambar 4.7. yang di atas terdapatlah hasil mencari massa sebelum dan sesudah pengujian keausan mata pahat dengan menggunakan tanpa cairan pendingin.

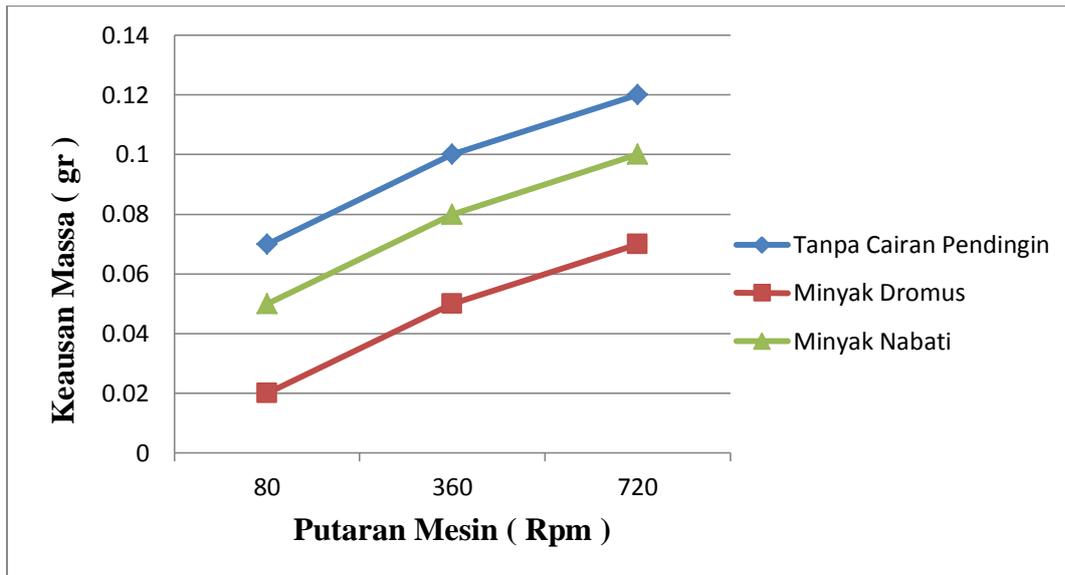
Tabel 4.6. Nilai massa keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Kecepatan Pemakanan (Vf) mm/min	Cairan Pendingin	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (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

Pada tabel 4.6. berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr, kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, pada kecepatan 80 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,07 gr, kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, pada kecepatan 360 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,1 gr, dan pada kedalaman pemakanan 0,1 mm, kecepatan pemakanan 20 mm/min, kecepatan 720 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,12 gr.

4.2.4. 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 minyak kelapa, minyak dromus dan juga tanpa menggunakan pendingin dapat dilihat pada gambar 4.8. dibawah ini.

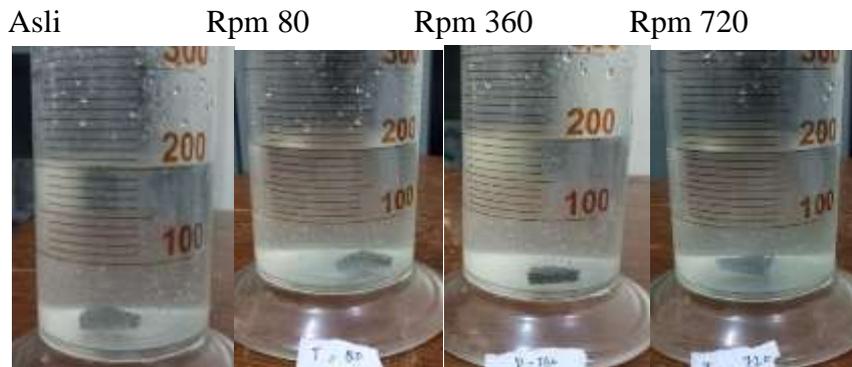


Gambar 4.8. Grafik putaran mesin dan perbandingan berat keausan menggunakan cairan dengan tidak menggunakan cairan pendingin.

Seperti gambar 4.8. berat awal mata pahat sebesar 10,39 gr dari kecepatan 80 rpm dengan menggunakan pendingin Minyak Kelapa menghasilkan berat keausan sebesar 0,05 gr, dari kecepatan 360 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,08 gr dan dari kecepatan 720 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,1 gr, dari kecepatan 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Dromus menghasilkan berat keausan sebesar 0,02 gr, dari kecepatan 360 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,05 gr, dan dari kecepatan putaran mesin 720 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,07 gr, dari kecepatan 80 rpm tanpa menggunakan cairan pendingin menghasilkan berat keausan sebesar 0,07 gr, dari kecepatan 360 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,1 gr dan dari kecepatan 720 rpm menghasilkan berat keausan sebesar 0,12gr.

4.3. Hasil Keausan Dengan Menggunakan Metode Volume Permukaan Air

4.3.1. Pendingin Minyak Nabati (Kelapa)



Gambar 4.9. Hasil volume air yang dimasukkan mata pahat menggunakan cairan pendingin minyak nabati

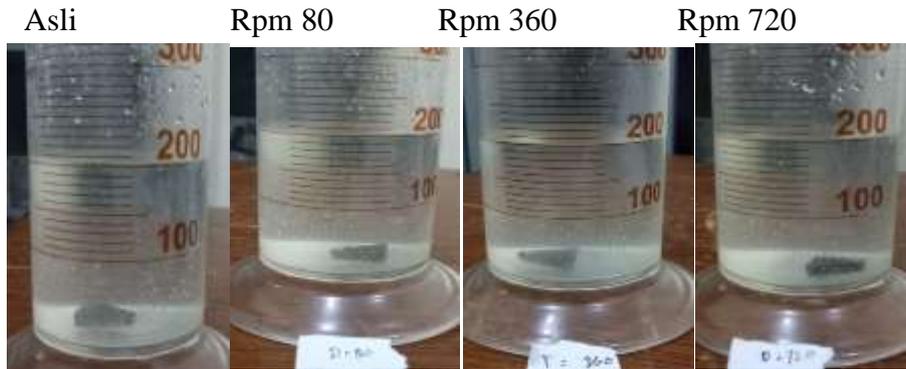
Seperti gambar 4.9. yang di atas terdapatlah hasil mencari volume sebelum dan sesudah pengujian keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin minyak nabati.

Tabel 4.7. Nilai volume keausan mata pahat menggunakan cairan pendingin minyak nabati (minyak kelapa)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Cairan Pendingin	Volume Air Awal (V_0) ml	Volume Sebelum (V_1) ml	Volume Sesudah (V_2) ml	Keausan Volume (V_3) ml
80	0,1	Minyak Kelapa	200	207	205	2
360	0,1		200	207	204	3
720	0,1		200	207	203	4

Pada tabel 4.7. Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukannya mata pahat sebesar 200 ml, lalu dimasukkan mata pahat yang belum digunakan volume permukaan air sebesar 207 ml, selanjutnya dimasukkan mata pahat yang sudah dipakai untuk pengujian, kecepatan 80 rpm menggunakan cairan pendingin minyak nabati menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 205 ml, di dapat juga keausan volume 2 ml, kecepatan 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 204 ml, di dapat juga keausan volume 3 ml, dan kecepatan 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 203 ml, di dapat juga keausan volume 4 ml.

4.3.2. Cairan Pendingin Minyak Kimia (Dromus)



Gambar 4.10. Hasil volume air yang dimasukan mata pahat dengan pendingin Dromus Oil

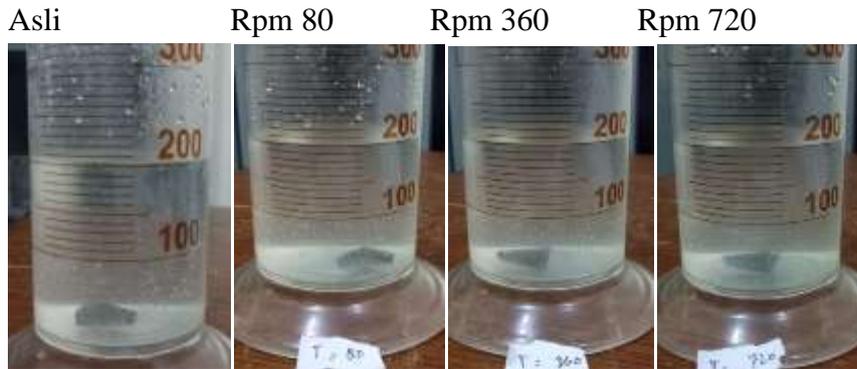
Seperti gambar 4.10. yang di atas terdapatlah hasil mencari volume sebelum dan sesudah pengujian keausan mata pahat dengan menggunakan cairan pendingin minyak kimia (dromus).

Tabel 4.8. Nilai volume keausan dengan menggunakan cairan pendingin Minyak Kimia (dromus)

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Cairan Pendingin	Volume Air Awal (V_0) ml	Volume Air Akhir (V_1) ml	Volume Air Akhir (V_2) ml	Keausan Volume (V_3) ml
80	0,1	Minyak Kimia (dromus)	200	207	206	1
360	0,1		200	207	205	2
720	0,1		200	207	204	3

Pada tabel 4.8. Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukannya 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, kecepatan 80 rpm menggunakan cairan pendingin dromus oil menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 206 ml, di dapat juga keausan volume 1 ml kecepatan 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 205 ml, di dapat juga keausan volume 2 ml dan kecepatan 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 204 ml, di dapat juga keausan volume 3 ml.

4.3.3. Tanpa Cairan Pendingin



Gambar 4.11. Hasil volume air yang dimasukkan mata pahat tanpa menggunakan cairan pendingin

Seperti gambar 4.11. yang di atas terdapatlah hasil mencari volume sebelum dan sesudah pengujian keausan mata pahat dengan menggunakan tanpa cairan pendingin.

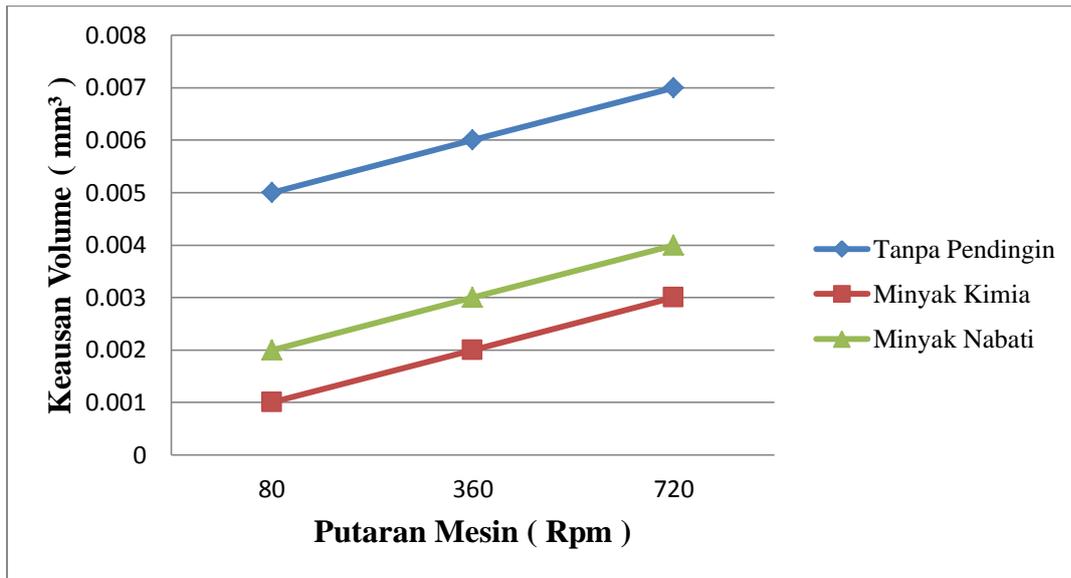
Tabel 4.9. Nilai volume keausan tanpa menggunakan cairan pendingin

Putaran Mesin (Rpm)	Kedalaman Pemakanan (a) mm	Cairan Pendingin	Volume Air Awal (V_0) ml	Volume Air Akhir (V_1) ml	Volume Air Akhir (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	7

Pada tabel 4.9. 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 dipakai untuk pengujian, kecepatan 80 rpm menggunakan tanpa cairan pendingin menghasilkan volume permukaan air dalam gelas ukur sebesar 202 ml, di dapat juga keausan volume 5 ml, kecepatan 360 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 201 ml, di dapat juga keausan volume 6 ml dan kecepatan 720 rpm menghasilkan volume permukaan air sebesar 201 ml. di dapat juga keausan volume 6 ml.

4.3.4. Hasil perbandingan volume permukaan air 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 minyak kelapa, dromus oil dan tidak menggunakan cairan pendingin dapat dilihat pada gambar 4.12. dibawah ini.



Gambar 4.12. Grafik putaran mesin dan perbandingan dalam volume air keausan mata pahat dengan menggunakan cairan serta tidak menggunakan cairan pendingin

Permukaan air awal dalam gelas ukur sebelum dimasukannya 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, kecepatan 80 rpm menggunakan cairan pendingin minyak kelapa menghasilkan keausan volume 2 ml kecepatan 360 rpm menghasilkan keausan volume 3 ml, kecepatan 720 rpm menghasilkan keausan volume 4 ml, kecepatan 80 rpm dengan menggunakan cairan pendingin dromus oil menghasilkan keausan volume 1 ml, kecepatan 360 rpm menghasilkan keausan volume 2 ml, kecepatan 720 rpm menghasilkan keausan volume 3 ml. Dan kecepatan 80 rpm tanpa dengan menggunakan cairan pendingin menghasilkan keausan volume 5 ml, kecepatan 360 rpm

menghasilkan keausan volume 6 ml, dan kecepatan 720 rpm menghasilkan keausan volume 6 ml.

4.4. Pembahasan

4.4.1. Perhitungan keausan mata pahat dengan menggunakan metode linier (*panjang aus*).

4.4.1.1. Perhitungan panjang keausan mata pahat dengan cairan pendingin minyak kelapa.

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm^2

Sesudah Aus = $35,26 \text{ mm}^2$

Panjang Aus = $0,74 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} 100\% &= \frac{35,26}{36} \cdot 100\% \\ &= 97,94\% \end{aligned}$$

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm^2

Sesudah Aus = $35,24 \text{ mm}^2$

Panjang Aus = $0,76 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} 100\% &= \frac{35,24}{36} \cdot 100\% \\ &= 97,88\% \end{aligned}$$

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

Sebelum Aus = 36 mm^2

Sesudah Aus = $35,23 \text{ mm}^2$

Panjang Aus = $0,77 \text{ mm}$

$$100\% = \frac{35,23}{36} \cdot 100\% \\ = 97,86\%$$

4.4.1.2. Perhitungan panjang keausan mata pahat dengan cairan pendingin dromus.

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

$$\text{Sebelum Aus} = 36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sesudah Aus} = 35,29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang Aus} = 0,77 \text{ mm}$$

$$100\% = \frac{35,29}{36} \cdot 100\% \\ = 98,02\%$$

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

$$\text{Sebelum Aus} = 36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sesudah Aus} = 35,28 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang Aus} = 0,72 \text{ mm}$$

$$100\% = \frac{35,28}{36} \cdot 100\% \\ = 98\%$$

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

$$\text{Sebelum Aus} = 36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sesudah Aus} = 35,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang Aus} = 0,74 \text{ mm}$$

$$100\% = \frac{35,26}{36} \cdot 100\% \\ = 97,94\%$$

4.4.1.3. Perhitungan panjang keausan mata pahat tanpa menggunakan cairan pendingin.

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm.

$$\text{Sebelum Aus} = 36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang Aus} = 0,82 \text{ mm}$$

$$\text{Sesudah Aus} = 35,18 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} 100\% &= \frac{35,18}{36} \cdot 100\% \\ &= 97,72\% \end{aligned}$$

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 360 rpm.

$$\text{Sebelum Aus} = 36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sesudah Aus} = 35,17 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang Aus} = 0,83 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 100\% &= \frac{35,17}{36} \cdot 100\% \\ &= 97,69\% \end{aligned}$$

Panjang keausan mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm.

$$\text{Sebelum Aus} = 36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sesudah Aus} = 35,14 \text{ mm}^2$$

$$\text{Panjang Aus} = 0,86 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 100\% &= \frac{35,14}{36} \cdot 100\% \\ &= 97,61\% \end{aligned}$$

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

4.4.2.1. Perhitungan berat mata pahat pada cairan pendingin minyak kelapa.

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

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

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

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 720 rpm

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

4.4.2.2. Perhitungan berat mata pahat pada cairan pendingin dromus.

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

Berat mata pahat pada kecepatan putaran mesin 80 rpm

$$\begin{aligned}\Delta m &= m_0 - m_1 \\ &= 10,39 - 10,37 \\ &= 0,02 \text{ gram}\end{aligned}$$

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

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

4.4.2.3. Perhitungan berat mata pahat tanpa menggunakan pendingin

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

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

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

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

4.4.3.1. Perhitungan keausan mata pahat dengan cairan pendingin minyak kelapa pada volume air dalam gelas ukur.

Tinggi awal permukaan air sebelum dimasukan benda uji $V_0 = 200 \text{ ml}$

$$= 0,2 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}V &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,2) \\ &= 643,0 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$\begin{aligned}V_1 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,207) \\ &= 665,5 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,205) \\ &= 659,1 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 205 \\ &= 000,2 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,204) \\ &= 655,9 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 204 \\ &= 000,3 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,203) \\ &= 652,7 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 203 \\ &= 000,4 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

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

Tinggi awal permukaan air sebelum dimasukan benda uji $V_0 = 200ml$

$$= 0,2 \text{ mm}^3$$

Volume air mula-mula

$$\begin{aligned} V_0 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,2) \\ &= 643,0 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$\begin{aligned} V_1 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,207) \\ &= 665,5 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,206) \\ &= 662,3 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 206 \\ &= 000,1 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,205) \\ &= 659,1 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 205 \\ &= 000,2 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,204) \\ &= 655,9 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 204 \\ &= 000,3 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

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

Tinggi awal permukaan air sebelum dimasukan benda uji $V_0 = 200 \text{ ml}$

$$= 0,2 \text{ mm}^3$$

Volume air mula-mula

$$\begin{aligned}V_0 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,2) \\ &= 643,0 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Volume air setelah dimasukan mata pahat yang sebelum diuji

$$\begin{aligned}V_1 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,207) \\ &= 665,5 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Volume air dalam gelas ukur setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan 80 rpm.

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,202) \\ &= 649,5 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 202 \\ &= 000,5 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Volume air dalam gelas ukur setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan 360 rpm.

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,201) \\ &= 646,2 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 201 \\ &= 000,6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Volume air dalam gelas ukur setelah dimasukan mata pahat yang sudah diuji pada kecepatan 720 rpm.

$$\begin{aligned}V_2 &= \pi \cdot r^2 \cdot t_1 \\ &= 3,14 \cdot (32)^2 \cdot (0,201) \\ &= 646,2 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= V_1 - V_2 \\ &= 207 - 201 \\ &= 000,6 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

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 kelapa (Nabati), minyak kimia (*Dromus*), dan tanpa menggunakan cairan pendingin dan kemudian di dapatlah kesimpulan dari data sebagai berikut:

1. Jenis keausan yang terjadi pada masing masing percobaan adalah jenis keausan tepi (*flank wear*) yang dimana kita lihat melalui alat uji mikroskopik.
2. Cairan pendingin yang lebih efisien pada saat percobaan dilakukan adalah cairan pendingin dromus oil, karna nilai keausan lebih kecil.
3. Semakin tinggi putaran pada mesin maka semakin tinggi pula tingkat keausan yang terjadi pada mata pahat yang digunakan.
4. Keausan terbesar yang terjadi pada mata pahat saat menggunakan minyak kelapa adalah sebesar 0,077 mm, dromus oil adalah sebesar 0,074 mm, dan tanpa menggunakan cairan pendingin adalah sebesar 0,086 mm.
5. Semakin lama pahat kita gunakan maka akan mengalami keausan yang lebih besar, di tandai dengan permukaan benda kerja semakin 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 atau penelitian selanjutnya agar lebih di sempurnakan serta teliti dengan baik program yang terdapat pada sensor *Load cell* dan juga sensor *rpm* agar menjadi lebih stabil ketika akan digunakan kembali.
3. Gunakanlah cairan pendingin yang lebih efisien agar dapat memperoleh umur mata pahat yang lumayan lama untuk terhidar dari cepatnya keausan dan hasil yang bagus untuk permukaan benda kerja.
4. Semoga pada penelitian selanjutnya ade adek an kami bisa mengembangkan alat pengujian instrumentasi dynamometer pada meja mesin frais dan menggunakan spesimen lain untuk hasil yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Bawono, Mukti. (2006). *Pengaruh Tingkat Kedalaman dan Kecepatan Laju Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin CNC TU-3A Dengan Menggunakan Pahat End Mill*. Skripsi Strata 1 tidak diterbitkan, Universitas Negeri Surabaya.
- Nur, Ichlas, dkk.2008.*Pengaruh Media Pendingin dan Kondisi Pemotonga Logam Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling Menggunakan Mesin CNC Type VMC 200*. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 5, no. 2, Desember 2008. ISSN 1829-8958.
- Taufiq Rochim, 1993. *Teori & teknologi proses permesinan* hugher education development support project.
- Van Terheidjen dan Harun,1981. *Alat alat perkakas I, Bina cipta*, Bandung.
- Wiyono,Denny. 2012. *Analisa Kekerasan Material Terhadap Proses Pembubutan Menggunakan Media Pendingin dan Tanpa Media Pendingin*. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Rekayasa. Edisi Januari 2012.
- Zaenal Abidin.(2010). *Mekanisme keausan pahat pada proses pemesinan: sebuah tinjauan pustaka*. Politeknik Negeri Semarang
- Fajarani,Mutia,Ratu*Tugas Kimia Kali Aja Butuh*. Didapat dari ratumutiafajarani.blogspot.com/2015/06/tugas-kimia-kali-aja-butuh-html. diakses tanggal 21 Maret 2018.
- Iral.*Mesin Frais(milling)* Didapat dari <https://iralsports.wordpress.com> diakses tanggal 27 Maret 2018.
- Malik,Raudin.*Besituang*. Didapat dari <https://www.slideshare.net/mobile/raudinmalik/besituang-39243175>. di akses tanggal 07 Maret 2018.

LAMPIRAN

Minyak Kelapa

1. Tabel pengujian kecepatan putaran mesin 80 Rpm.

<i>Load Cell 1</i> (N)	<i>Load Cell 2</i> (N)	<i>Load Cell 3</i> (N)	<i>Load Cell 4</i> (N)	<i>Rpm</i>
0	0	0	0	80
0	0	0	0.0	80
0	0.2	0	0.0	80
0	0.2	0	0.0	80
0	0.2	0	0.1	80
0	0.1	0	0.1	80
0	0.2	0	0.3	80
0	1.1	0	0.5	80
0	1.3	0	0.8	80
0	1.4	0	0.9	80
0	1.3	0	1.1	80
0	1.4	0	1.2	80
0	1.4	0	1.2	80
0	0.9	0	1.3	80
0	0.9	0	1.4	80
0	1.2	0	1.4	80
0	1.2	0	1.4	80
0	1.1	0	1.3	80
0	1.1	0	0.7	80
0	1.1	0	0.5	80
0	1.1	0	0.4	80
0	1.2	0	0.3	80
0	1.2	0	0.3	80
0	0.1	0	0.5	80
0	0.5	0	0.7	80
0	0.5	0	0.8	80
0	0.6	0	0.9	80
0	0.6	0	0.9	80
0	0.6	0	1.0	80
0	0.7	0	1.0	80
0	0.7	0	1.1	80
0	0.7	0	1.1	80
0	0.7	0	1.1	80
0	0.8	0	1.1	80
0	0.8	0	1.1	60

0	0.8	0	1.1	60
0	0.8	0	1.1	60
0	0.8	0	1.1	60
0	0.9	0	1.1	60
0	0.9	0	1.1	60
0	0.9	0	1.1	60
0	1.0	0	1.1	60
0	1.0	0	1.1	60
0	1.1	0	1.1	60
0	1.1	0	1.2	60
0	1.1	0	1.2	60
0	1.2	0	1.2	60
0	1.2	0	2.4	60
0	1.3	0	2.2	60
0	1.3	0	2.1	60
0	1.3	0	1.6	60
0	1.4	0	1.3	60
0	1.5	0	1.4	60
0	1.5	0	1.4	60
0	1.5	0	1.4	60
0	1.5	0	1.5	60
0	1.5	0	1.5	60
0	1.6	0	1.6	60
0	1.6	0	1.6	60
0	1.6	0	1.7	60
0	1.5	0	1.8	60
0	1.5	0	1.8	60
0	1.6	0	1.9	60
0	1.6	0	1.9	60
0	1.5	0	2.0	60
0	1.5	0	2.0	60
0	1.6	0	2.0	60
0	1.7	0	2.0	60
0	1.7	0	2.0	60
0	1.7	0	2.0	60
0	1.7	0	2.0	60
0	1.8	0	2.0	60
0	1.8	0	2.0	60
0	1.5	0	2.0	60
0	1.3	0	1.9	60
0	1.2	0	1.9	60
0	1.1	0	1.9	40
0	1.0	0	1.9	40

0	0.8	0	1.3	20
0	0.7	0	1.0	20
0	0.0	0	0.0	20
0	0.0	0	0.0	20

2. Tabel pengujian kecepatan putaran mesin 360 Rpm.

<i>Load Cell 1</i> (N)	<i>Load Cell 2</i> (N)	<i>Load Cell 3</i> (N)	<i>Load Cell 4</i> (N)	<i>Rpm</i>
0	0.4	0	0.7	360
0	0.4	0	0.7	360
0	0.6	0	1.0	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.7	360
0	1.6	0	0.7	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.9	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.7	360
0	1.6	0	0.7	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.6	0	0.8	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	0.8	360
0	1.5	0	0.8	360
0	1.5	0	0.8	360
0	1.5	0	0.8	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.6	0	0.7	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	0.8	360
0	1.5	0	0.8	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	0.6	360
0	1.5	0	1.9	360
0	1.5	0	1.2	360
0	1.5	0	1.6	360

0	1.5	0	0.7	360
0	1.5	0	1.6	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.6	0	1.2	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.5	0	1.7	320
0	1.5	0	1.7	320
0	1.5	0	1.6	320
0	1.5	0	1.7	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.6	0	1.5	320
0	1.5	0	1.4	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.5	320
0	1.5	0	1.6	320
0	1.5	0	1.6	320
0	1.6	0	1.6	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.5	0	1.6	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.5	0	1.5	320
0	1.6	0	1.5	320
0	1.6	0	1.6	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.5	320
0	1.6	0	1.5	320
0	1.6	0	1.5	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.3	320
0	1.6	0	1.3	320
0	1.6	0	1.7	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.3	320
0	1.6	0	1.4	320
0	1.6	0	1.4	280
0	1.6	0	1.5	280
0	1.6	0	1.4	280
0	1.6	0	1.4	280

0	0.9	0	0.2	551
0	0.9	0	0.3	551
0	0.9	0	0.2	551
0	0	0	0	551
0	0	0	0	551

4. Gambar saat melakukan pengujian di Lab Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



5. Gambar saat melakukan pengujian keausan mata pahat di Lab Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara.



6. Gambar saat pengujian komposisi bahan uji besi cor (*Cats Iron*) dan struktur mikro di Lab Teknik Mesin Universitas Negeri Medan.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Sakban Saleh
NPM : 1407230169
Tempat /Tanggal Lahir : Panyabungan, 01 juli 1996
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jln. Durung - Pancing
Nomor HP : 082162834611
Email : Sakbansaleh01@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Alm. Ali Dirman Matondang
 Ibu : Roslaini Lubis

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2008 : SD NEGERI NO. 142594 PANYABUNGAN
2008-2011 : MADRASAH TSANAWIYAH NEGERI PANYABUNGAN
2011-2014 : SMK NEGERI 2 PANYABUNGAN