

**TUGAS SARJANA
KONTRUKSI DAN MANUFAKTUR**

**PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN
TERHADAP GAYA POTONG DENGAN BAHAN UJI
BESI COR PADA PROSES MESIN FRAIS
DENGAN PENDINGIN**

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

Disusun Oleh :

HAMDANI HAMADAN
1307230087



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

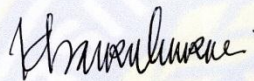
LEMBAR PENGESAHAN – I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP GAYA
POTONG DENGAN BAHAN UJI BESI COR PADA PROSES
MESIN FRAIS DENGAN PENDINGIN

Disusun Oleh :

HAMDANI HAMADAN
1307230155

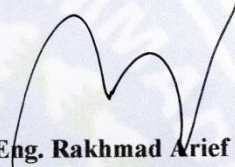
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I



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

Pembimbing – II

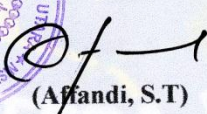


(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin




(Afandi, S.T)

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

LEMBAR PENGESAHAN – II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP GAYA
POTONG DENGAN BAHAN UJI BESI COR PADA PROSES
MESIN FRAIS DENGAN PENDINGIN

Disusun Oleh :

HAMDANI HAMADAN
1307230155

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 28 Mei 2018

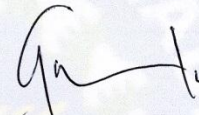
Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(Bekti Suroso, S.T., M.Eng)

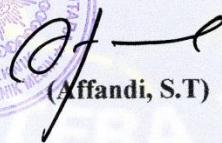
Pembanding – II



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

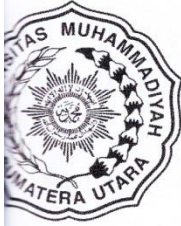
Diketahui oleh :

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

menyaburkannya agar disebutkan
tanggalnya

**DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA**

Nama : HAMDANI HAMADAN
NPM : 1307230155
Semester : X (Sepuluh)
SPESIFIKASI :

**PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP GAYA POTONG DENGAN
BAHAN UJI BESI COR PADA PROSES MESIN FRAIS DENGAN PENDINGIN**

Diberikan Tanggal : 9 Desember 2017
Selesai Tanggal : 21 Mei 2018
Asistensi : Seminggu, 2 kali
Tempat Asistensi : Di Kampus Fakultas Teknik Mesin UMSU

Diketahui oleh :

Medan, 9 Desember 2017

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 menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA: Hamdani Hamadan PEMBIMBING – I : Khairul Umurani, S.T.,M.T
NPM : 1307230155 PEMBIMBING – II : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	09 - 03 - 2018	Pemberian soal tes tugas	le
	12 - 03 - 2018	Perbincangan Bab I	le
	14 - 03 - 2018	Perbincangan Bab II	le
	21 - 03 - 2018	Perbincangan bab 3	le
	26 - 03 - 2018	Latihan ke pendahuluan I	le
	01 - 04 - 2018	perbincangan bab 4	le
	14 - 04 - 2018	perbincangan bab 4	le
	19 - 04 - 2018	All kembali ke perb. I	le
	24 - 04 - 2018	Acc, seminar	le

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : HAMDANI HAMADAN
Tempat/Tgl Lahir : Singkuang 04-Maret-1995
Npm : 1307230155
Bidang Keahlian : 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 KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP GAYA POTONG DENGAN BAHAN UJI BESI COR PADA PROSES MESIN FRAIS DENGAN PENDINGIN”

Bukan merupakan plagiarisme, 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 orisinal 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, Agustus 2018

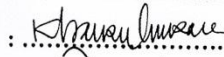

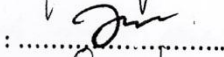
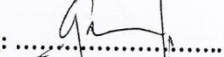
Saya yang menyatakan,

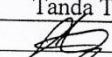
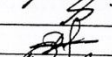

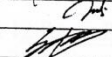
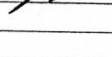
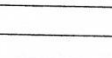
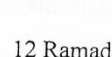



Hamdani Hamadan

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

Peserta Seminar
 Nama : Hamdani Hamadan
 NPM : 1307230155
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Gaya Potong Dengan Bahan Uji Besi Cor Pada Proses Mesin Frais - Dengan Pendingin.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:	
Pembanding – I	: Bekti Suroso.S.T.M.Eng	:	
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230126	RIZKI ANGGA PRATAMA	
2	1307230245	M. GEMILANG PRAYOGI P.	
3	1307230177	KHAN MUKRIM	
4	1307230087	ROY CHARIN JAMOSIR	
5	1307230270	Muhammad Yudhi	
6	1207230199	BAYU OLAN ANDIKA PURA	
7	1407230169	SARIBAN SALEH	
8			
9			
10			

Medan, 12 Ramadhan 1439 H
28 Mai 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T

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

NAMA : Hamdani Hamadan
NPM : 1307230155
Judul T.Akhir : Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Gaya Potong Dengan Bahan Uji Besi Cor Pada Proses Mesin Frais Dengan Pendingin.

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembanding - I : Bekti Suroso.S.T.M. *Eng*
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 : *lihat pada narasi tugas Akhir.*
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 12 Ramadhan 1439H
28 Mai 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Afzandi.S.T

Dosen Pembanding- I


Bekti Suroso.S.T.M. *Eng*

ABSTRAK

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. Dalam dunia industri proses pemesinan merupakan hal yang penting. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kecepatan pemakanan terhadap gaya potong dengan bahan uji besi cor menggunakan minyak kelapa sawit (CPO). Pengujian dilakukan dengan menggunakan instrumentasi dynamometer mesin frais dengan alat mesin frais emmco f3. Variasi kinerja yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan kecepatan pemakanan terhadap gaya potong menggunakan minyak kelapa sawit (CPO). Pada pengujian besi cor menggunakan minyak kelapa sawit digunakan alat mesin frais pada berbagai variasi putaran mesin. Pengambilan data dilakukan dalam beberapa variasi putaran mesin frais yaitu dari 80 rpm dengan pemakanan 0,1 mm/menit sampai dengan 720 rpm, maka akan diketahui seberapa besar perbedaan putaran dengan gaya potong yang dihasilkan dari tiap-tiap putaran mesin frais dengan menggunakan pendingin. Penelitian eksperimen ini dilakukan dengan 6 kali percobaan untuk mendapatkan hasil gaya potong dengan menggunakan minyak kelapa sawit (CPO). Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada mesin frais dengan bahan uji besi cor. Pengambilan data berupa gaya potong dengan pendingin dan dilakukan setelah meja frais di letakkan dan benda kerja dipasang. Kemudian pengujian pertama mesin dioperasikan dengan kecepatan 80 rpm, pengujian kedua mesin dioperasikan dengan kecepatan 160 rpm, pengujian ketiga mesin dioperasikan dengan kecepatan 245 rpm, pengujian keempat mesin dioperasikan dengan kecepatan 360 rpm, pengujian kelima mesin dioperasikan dengan kecepatan 490 rpm, dan pengujian terakhir mesin dioperasikan dengan kecepatan 720 rpm. Dari hasil penelitian Di dapati bahwa semakin besar kecepatan pemakanan maka hasil gaya potong semakin rendah . Dapat disimpulkan bahwa tingkatan putaran mesin sangat berpengaruh pada kecepatan pemakanan terhadap gaya potong.

Kata Kunci :Kecepatan pemakanan, Gaya potong, besi cor, minyak kelapa sawit (CPO)

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 **“Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Gaya Potong Dengan Bahan Uji Besi Cor Pada Proses Mesin Frais Dengan Pendingin”**.

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, Ayahanda zapransah dan Ibunda mazia hasibu 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 Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini dan selaku wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Eng. Rahkmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing II Tugas Sarjana ini.
5. Bapak Affandi, S.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. 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.

8. Anggota team Dinamometer Meja Frais Hamdani Hamadan, Choiri Rhomadan, Ahmad Dani Iskandar Tumanggor, Bayu Dian, Muhammad Gemilang Prayogi, Wan Mukrim, Wahyu Sebayang, Sakban Sakeh Mtd yang telah bekerja sama dalam menyelesaikan tugas sarjana dan alat uji Dynamometer Meja Frais.
9. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Mahasiswah Program Studi teknik Mesin Khususnya A2 Siang.

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, 09 Desember 2017
Penulis

HAMDANI HAMADAN
1307230155

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN - I	
LEMBAR PENGESAHAN - II	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat penelitian	4
1.6. Sistematik aPenulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian Proses Frais (<i>Milling</i>)	6
2.1.1. Prinsip Kerja Mesin Frais (<i>Milling</i>)	6
2.1.2. Jenis-Jenis Mesin Frais (<i>Milling</i>)	7
2.1.3. Gerakan-gerakan Pada Mesin Frais (<i>Milling</i>)	9
2.1.4. Prinsip Pemotongan Pada Mesin Frais (<i>Milling</i>)	9
2.1.5. Bagian-bagian Mesin Frais (<i>Milling</i>)	10
2.1.6. Macam-macam Pisau Frais	11
2.2. Klasifikasi Proses Frais (<i>Milling</i>)	18
2.3. Pengertian Kecepatan Potong	19
2.4. Faktor Yang Mempengaruhi Harga Kecepatan Potong	19
2.5. Gaya Pemotongan Pada Proses Frais	20
2.5.1. Mengefrais Datar	21
2.6. Fluktuasi Gaya Tangensial (<i>GayaPotong</i>)	21
2.7. Material Pahat	23
2.8. Cairan Pendingin	24
2.8.1. Cara Pemberian Cairan Pendingin Pada Proses Frais (<i>Milling</i>)	25
2.9. Sistem Pendingin	25
2.9.1. Minyak CPO (<i>Crude Palm Oil</i>)	25
2.10. BesiCor (<i>Cast Iron</i>)	27
2.11. Jenis-Jenis BesiCor (<i>Cast Iron</i>)	28
2.11.1. Besi Cor Kelabu	28
2.11.2. Besi Cor Putih	29
2.11.3. Besi Cor Mampu Tempa	30
2.11.4. Besi Cor Nodular	30
BAB 3METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1. Waktu Dan Tempat	32
3.1.1. Waktu	32

3.1.2. Tempat	32
3.2. Diagram Alir Penelitian	33
3.3. Penjelasan Diagram Alir Penelitian	34
3.4. Alat Dan Bahan	37
3.4.1. Alat Yang digunakan	37
3.4.2. Bahan Yang digunakan	38
3.5. Metode Pengumpulan Data	40
3.6. Metode Pengolahan Data	41
3.7. Pengamatan Dan Tahap Pengujian	41
3.7.1. Pengamatan	41
3.7.2. Tahap Pengujian	41
3.8. Alat Uji	42
3.9. Prosedur Pengujian Alat Uji	42
3.10. Pengambilan Data	43
3.10.1. Pengambilan Data Meja Frais	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Hasil Dan Pembahasan	44
4.2. Perhitungan Data	48
4.2.1. Perhitungan Putaran Dan Gaya Potong Pada Mesin Frais Menggunakan Dynamometer Dan Sistem Pendingin Yang digunakan Minyak Kelapa Sawit (CPO).	48
4.2.2. Perhitungan Kecepatan Pemakanan Dan Putaran Pada Mesin Frais Menggunakan Dynamometer Dan Sistem Pendingin Yang digunakan Minyak Kelapa Sawit (CPO).	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Mesin frais horizontal	7
2. Gambar 2.2. Mesin frais vertikal	8
3. Gambar 2.3. Mesin universal	9
4. Gambar 2.4. Pisau frais aksial	11
5. Gambar 2.5. Pisau frais radial	12
6. Gambar 2.6. Pisau frais gigi berseling-seling	12
7. Gambar 2.7. Pisau samping satu sisi	13
8. Gambar 2.8. Pisau frais muka	13
9. Gambar 2.9. Pisau sudut tunggal	13
10. Gambar 2.10. Pisau sudut ganda	14
11. Gambar 2.11. Pisau bentuk ekor burung	14
12. Gambar 2.12. Pisau frais bentuk	15
13. Gambar 2.13. Pisau frais roda gigi	15
14. Gambar 2.14. Pisau frais alur T	15
15. Gambar 2.15. Pisau frais belah	16
16. Gambar 2.16. Pisau alur pasak	16
17. Gambar 2.17. Pisau frais ujung	17
18. Gambar 2.18. Pisau ujung kasar	17
19. Gambar 2.19. Pisau frais ujung halus	17
20. Gambar 2.20. Tiga klasifikasi proses frais	18
21. Gambar 2.21. Pahat insert karbida	23
22. Gambar 2.22. Minyak Kelapa Sawit (CPO)	27
23. Gambar 2.23. Struktur besi cor kelabu	29
24. Gambar 2.24. Struktur besi cor putih	29
25. Gambar 2.25. Struktur besi cor mampu tempa	30
26. Gambar 2.26. Struktur besi cor nodular	31
27. Gambar 3.1. Diagram Alir penelitian	33
28. Gambar 3.2. Posisi <i>load cell</i> dan gerak makan mata pahat	36
29. Gambar 3.3. Mesin Frais emco F3 (<i>Fraesmaschine Universal</i>)	37
30. Gambar 3.4. Bingkai Meja Frais	37
31. Gambar 3.5. Meja Frais	38
32. Gambar 3.6. Dynamometer meja frais	38
33. Gambar 3.7. Besi Cor (<i>Cast Iron</i>)	39
35. Gambar 3.8. Pahat Insert Karbida	39
36. Gambar 3.9. Minyak CPO	40
37. Gambar 4.1. Besi cor yang sebelum di uji	44
37. Gambar 4.2. Besi cor setelah di uji	44
38. Gambar 4.3. Grafik kecepatan pemakanan terhadap putaran pada <i>Load Cell 2 dan Load Cell 4</i>	45
39. Gambar 4.4. Grafik gaya potong terhadap putaran mesin pada <i>Load Cell 2 dan Load Cell 4</i>	46
40. Gambar 4.5. Grafik kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada <i>Load Cell 2 dan Load Cell 4</i>	47

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1. Gaya potong spesifik referensi dalam proses frais	22
2. Tabel 3.1. Jadwal penelitian	32
3. Tabel 3.2. Spesifikasi mesin frais emco F3	42
4. Tabel 3.3. Spesifikasi material pahat	42
5. Table 4.1. Hasil nilai kecepatan pemakanan terhadap putaran pada <i>Load Cell 2</i> dan <i>Load Cell 4</i>	45
6. Table 4.2. Hasil nilai rata-rata gaya potong terhadap putaran pada <i>Load Cell 2</i> dan <i>Load Cell 4</i>	46
7. Tabel 4.3. Hasil nilai kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada <i>Load Cell 2</i> dan <i>Load Cell 4</i>	47

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
n	putaran spindel	rpm
V_c	kecepatan potong	m/min
d	diameter tools mata potong	mm
s	kecepatan penyayat	mm/min
a	kedalaman potong	mm
f_z	kecepatan makan	mm/gigi
Z	jumlah gigi	buah
τ_{shi}	tegangan geser dinamik	N/mm
$b.h$	penampang gerak	mm ²
$k_{s1.1}$	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
h	tebal geram sebelum terpotong	mm
h_{max}	tebal geram rata-rata	mm
z_e	jumlah gigi efektif	buah

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 sekrup, 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.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi harga kecepatan potong diantaranya yaitu Bahan benda kerja/ material adalah semakin tinggi kekuatan bahan yang dipotong, maka harga kecepatan potong semakin kecil. Jenis alat potong adalah semakin tinggi kekuatan alat potong maka harga kecepatan potong semakin besar. Besarnya kecepatan penyayatan adalah semakin besar jarak penyayatan maka kecepatanpotongsemakinkecil. Selain beberapa faktor diatas, kedalaman pemotongan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja. Kalpakjian Serope dan Schmid R. Steven (2002) mengatakan bahwa parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan potong (*cutting speed*).

Kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik. Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser,pada hasil kedalaman potong yang digunakan ada perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

Sementara itu, pada masa kini pengerjaan dengan mesin sudah menjadi kebutuhan pada industri manufaktur. Mesin sudah memiliki peran utama dalam membantu manusia dalam proses produksi, karena dengan menggunakan mesin, pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan baik dalam segi kecepatan dan hasilnya yang tentu sesuai dengan yang dikehendaki. Pekerjaan yang dimaksud berupa proses pembubutan, pengefraisan, pengeboran, penyekrapan dan proses-proses pemesinan yang lain. Pemesinan juga merupakan salah satu teknologi proses produksi yang banyak dijumpai dan digunakan mulai dari bengkel kecil, bidang pendidikan kejurusan (SMK, Universitas, dan lain-lain) sampai industri

pembuatan komponen-komponen mesin. Proses pemesinan yang biasanya digunakan dalam proses produksi membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang baik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan Masalah didalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruhkecepatan gaya potong pada proses frais denganpendingin?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan pemakanan terhadap bahan ujibesi cor pada proses mesin fraisdenganpendingin?
3. Bagaimana pengaruh kecepatan pemakananterhadap gaya potong denganbahanujibesi cor pada proses mesin fraisdenganpendingin?

1.3. Batasan Masalah`

Adapun batasan masalah dari penulisan tugas sarjana ini yaitu :

1. Cairan pendingin yang digunakan adalah minyak kelapa sawit.
2. Putaran spindle dengan variasi kecepatan 80 rpm, 160 rpm, 245 rpm 360 rpm, 490 rpm, 720 rpm.
3. Mesin frais yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin frais EMCO F3.

1.4. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan judul skripsi “untuk mengetahui pengaruh kecepatan pemakanan terhadap gaya potong dengan bahan uji besi cor pada proses mesin frais dengan pendingin”.

1. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan terhadap gaya potong pada proses mesin frais dengan pendingin.
2. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan terhadap pemakanan pada proses mesin frais dengan pendingin.
3. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan pemakanan terhadap gaya potong dengan bahan uji besi cor pada mesin frais dengan pendingin.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan topik penulisan untuk menambah informasi, sekaligus dapat dijadikan sebagai salah satu bahan bagi penulisan ilmiah terkait.
2. Dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis selanjutnya sebagai referensi penyempurnaan.

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 spesifikasifatik 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.

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Proses Frais (*Milling*)

proses milling 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 spindel 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 ditemukan di *New Heaven Connecticut 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.

2.1.1 Prinsip kerja mesin Frais (*Milling*)

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 frais 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 di atas kekerasan benda kerja.

2.1.2. Jenis-jenis mesin Frais (*Milling*)

Penggolongan mesin milling menurut jenisnya penamaannya disesuaikan dengan posisi *spindel* utamanya dan fungsi pembuatan produknya, ada beberapa jenis mesin milling dalam dunia manufacturing antara lain:

1. Mesin Frais Horizontal

Mesin frais horizontal adalah mesin frais yang poros utamanya sebagai pemutar dan pemegang alat potong pada posisi mendatar seperti ditampilkan pada 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

Mesin frais vertikal adalah mesin frais dengan poros utama sebagai pemutar dengan alat potong dengan posisi tegak seperti ditampilkan pada 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

Mesin frais universal adalah mesin yang pada dasarnya gabungan dari mesin frais horizontal dan mesin frais vertikal. 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 tersebut 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

2.1.3 Gerakan-gerakan pada mesin frais (*Milling*)

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**.

2.1.4 Prinsip Pemotongan Pada Mesin Frais (*Milling*)

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 :

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*)

2.1.5. Bagian-Bagian Mesin Frais (*Milling*)

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

1. Kolom (*Column*)

Kolom atau badan mesin merupakan penopang atau tempat kedudukan bagian-bagian mesin seperti lengan, spindel, lutut, tuas-tuas, dan merupakan rumah dari roda gigi-roda gigi transmisi, motor penggerak beserta puli-pulinya.

2. Spindel

Spindel merupakan poros utama mesin yang berfungsi untuk memutar arbor beserta pisau frais.

3. Arbor

Arbor merupakan tempat kedudukan pisau frais. Arbor dipasang pada spindel mesin, sehingga bila spindel berputar maka arbor akan ikut berputar pula. Pada mesin frais mendatar.

4. Lengan (*Over Arm*)

Lengan pada mesin frais mendatar memiliki fungsi sebagai penyokong arbor. Lengan ini ditempatkan pada bagian atas dari kolom atau badan mesin. Bagian bawah lengan ini memiliki alur berbentuk ekor burung (*dove tail*) yang sesuai dengan bentuk alur ekor burung pada kolom mesin dan penopang arbor (*arbor bracket*).

5. Meja (*Table*)

Meja mesin frais merupakan tempat di mana benda kerja akan difrais. Penempatan benda kerja pada meja dilakukan dengan menggunakan peralatan penjepit atau penegang benda kerja seperti, ragum, klem, kepala pembagi dan kepala lepas

2.1.6. Macam-macam Pisau Frais

Ada bermacam-macam pisau pada mesin frais. Berikut ini jenis pisau frais adalah :

1. Pisau frais aksial (*axial*)

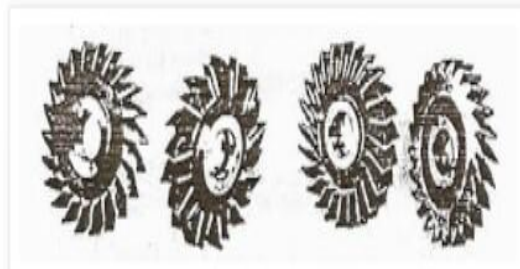
Pisau frais aksial di gunakan untuk memotong rata dan sejajar dengan putaran arbor dilihat seperti ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Pisau frais aksial

2. Pisau Frais radial

Pisau frais radial digunakan untuk mengefrais permukaan menyudut terhadap putaran arbor terlihat seperti ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.5 Pisau Frais radial

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

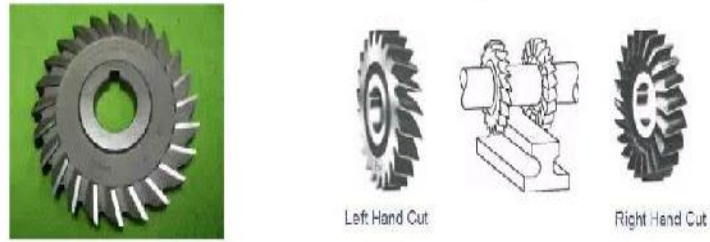
Pisau ini memiliki gigi yang berselang-seling ke arah kiri dan arah kanan disusunya gigi yang berselang-seling ini dimaksudkan untuk menghilangkan gaya dorong ke samping pada pisau dan arbor seperti ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6 Pisau Frais Gigi Berseling-seling

4. Pisau Samping Satu Sisi (*Half Side Milling Cutter*)

Pisau samping satu sisi ini mempunyai gigi pemotong hanya pada satu sisi saja dan pada bagian mukanya seperti ditampilkan pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Pisau Samping Satu Sisi

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

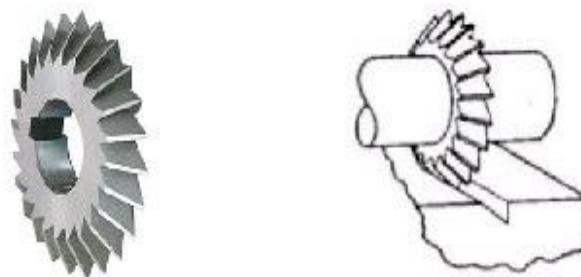
Pisau frais muka ini ada yang berbentuk pisau frais solid ada juga yang berupa pisau frais dengan gigi pemotong sisipan seperti ditampilkan pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Pisau Frais Muka

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

Pisau sudut tunggal adalalmempunyai satu sisi sudut dengan gigi-gigi pemotong pada permukaanya seperti ditampilkan pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Pisau Sudut Tunggal

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

Pisau sudut ganda memiliki dua sisi sudut dengan gigi-gigi pemotong pada permukaannya seperti ditampilkan pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Pisau Sudut Ganda

8. Pisau Bentuk Ekor Burung (*Dove Tail Milling Cutter*)

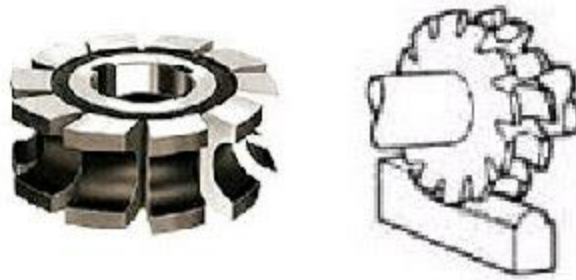
Pisau bentuk ekor burung seperti juga mempunyai satu sisi sudut dengan gigi-gigi pemotong pada permukaannya seperti ditampilkan pada gambar 2.11 dibawah ini



Gambar 2.11 Pisau bentuk ekor burung

9. Pisau Frais Bentuk

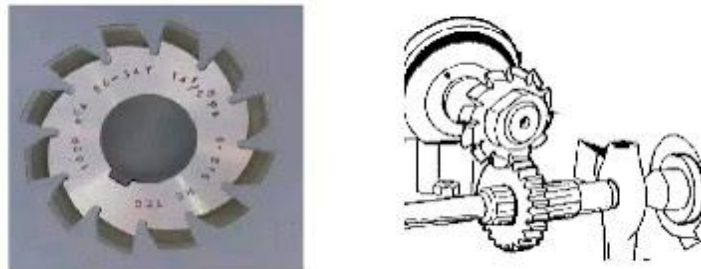
Pisau frais bentuk digunakan untuk mengfrais benda kerja dengan bentuk-bentuk tertentu seperti bentuk cekung bentuk cembung dan lain-lain seperti ditampilkan pada gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12 Pisau frais bentuk

10. Pisau Frais Roda Gigi

Pisau frais roda gigi merupakan pisau frais bentuk pisau ini digunakan untuk menyayat atau membentuk gigi-gigi pada roda gigi seperti ditampilkan pada gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2.13 Pisau Frais Roda Gigi

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

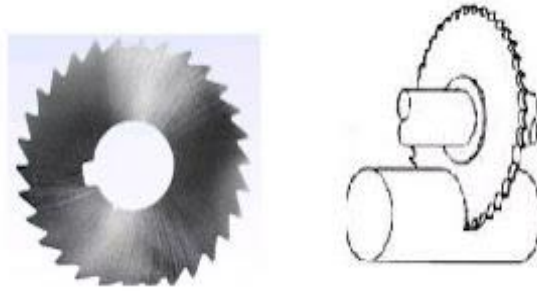
Pisau ini digunakan untuk membuat aluryang berbentuk T seperti alur-alur yang terdapat pada meja mesin frais meja mesin bor dan meja-meja kerja sejenis lainnya seperti ditampilkan pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14 Pisau Frais Alur-T

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

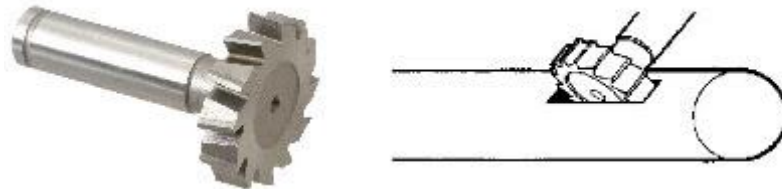
Pisau frais belah mempunyai bermacam-macam ukuran dengan jumlah gigi yang berbeda-beda seperti ditampilkan pada gambar 2.15 dibawah ini



Gambar 2.15 Pisau Frais Belah

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

Pisau frais yang bertangkai ini digunakan untuk membuat alur pasak pada benda kerja, membuat alur pasak pada poros atau alur pasak jenis *woodruff* seperti ditampilkan pada gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2.16 Pisau Alur Pasak

14. Pisau Frias Ujung (*End Mill Cutter*)

Pisau frais ujung memiliki gigi-gigi pemotong disekililing badannya dan dibagian ujungnya seperti ditampilkan pada gambar 2.17 dibawah ini



Gambar 2.17 Pisau Frais Ujung

15. Pisau Ujung Kasar (*Roughing End Mill*)

Pisau ujung kasar dapat menyayat benda kerja lebih cepat dibandingkan pisau ujung halus tetapi hasil sayatannya kasar seperti ditampilkan pada gambar 2.18 dibawah ini.



Gambar 2.18 Pisau Ujung Kasar

16. Pisau Frais Ujung Halus (*Finishing End Mill*)

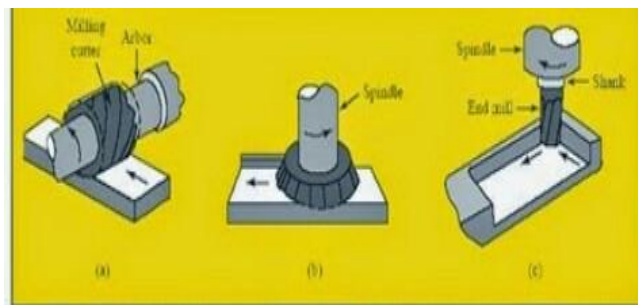
Pisau ujung jenis ini menghasilkan permukaan sayatan yang halus dimana pisau frais ujung halus ini digunakan untuk pekerjaan penyelesaian benda kerja yang sebelumnya telah dikerjakan dengan pisau ujung kasar seperti ditampilkan pada gambar 2.19 dibawah ini.



Gambar 2.19 Pisau Frais Ujung Halus

2.2. Klasifikasi Proses Frais (*Milling*)

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pisau, arah penyayat, dan posisi relative pisau terhadap benda kerja seperti ditampilkan pada gambar 2.20 dibawah ini.



Gambar 2.20.Tiga klasifikasi proses frais

a. Frais Periperal (*Slab Milling*)

Proses frais ini disebut juga slab milling, (Handayani, Sri., 2007., Mengenal

Proses Frais (*Milling*) di temukan di :)

permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya.Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

b. Frais Muka (*Face Milling*)

Pada frais muka pahat dipasang pada spindle yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja, Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

c. Frais Jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut, Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat.

2.3. Pengertian Kecepatan Potong

Kecepatan potong adalah suatu harga yang diperlukan dalam menentukan kecepatan pada proses penyayatan atau pemotongan benda kerja. Harga kecepatan potong tersebut ditentukan oleh jenis alat potong dan jenis benda kerja yang dipotong. Kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik. Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser, pada hasil kedalaman potong yang digunakan ada perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

Adapun Rumus yang digunakan dalam Kecepatan potong:

$$v = \frac{\pi d \eta}{1000} m / \min \quad (2.1)$$

(Sumber : Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori Dan Teknologi, Proses permesinan, Hugher Eucation Development Support Project).

2.4. Faktor yang mempengaruhi harga kecepatan potong

1. Bahan benda kerja/material

Semakin tinggi kekuatan bahan yang dipotong, maka harga kecepatan potong semakin kecil.

2. Jenis alat potong

Semakin tinggi kekuatan alat potong maka harga kecepatan potong semakin besar.

3. Besarnya kecepatan penyayatan

Semakin besar jarak penyayatan maka kecepatan potong semakin kecil.

4. Kedalaman penyayatan

Jumlah putaran

Jika harga kecepatan potong benda kerja diketahui maka jumlah putaran sumbu utama dapat dihitung dengan ketentuan :

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 ditentukan oleh kecepatan makan v_f , putaran pahat n , serta jumlah gigi z yaitu,

$$f_z = v_f / (nz); mm/(gigi) \quad (2.2)$$

Tebal geram pada setiap saat ditentukan oleh setiap sudut posisi ϕ sebagai mana yang diperlihatkan oleh rumus 2.3 yaitu :

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,

(Sumber : Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori Dan Teknologi, Proses permesinan, Higher Education Development Support Project).

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 :

$$z_e = \frac{\phi}{2\pi} z \quad (2.3)$$

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 jika memungkinkan sudut persentuhan diperbesar atau mengganti pahat frais dengan jumlah gigi yang banyak. Selain itu, dapat juga dipakai pahat frais selubung yang mempunyai sudut helik ($\lambda_s \neq 0^\circ$) yang memungkinkan penerusan pemotongan oleh gigi berikutnya sebelum satu gigi selesai melakukan pemotongan.

2.5.1. Mengefrais Datar

Untuk pengefraisan datar, dengan pahat frais selubung bergigi lurus tebal geram (sebelum terpotong) pada setiap saat (h) di tuliskan sebagai berikut,

Dimana,
$$f_z = v_f / (z \cdot n); \text{ mm/(gigi)} \quad (2.4)$$

Tebal geram (sebelum terpotong) maksimum (h_{\max}) terjadi sewaktu sudut posisi mencapai harga terbesar (disebut dengan sudut persentuhan ϕ_c).

(Sumber : Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori Dan Teknologi, Proses permesinan, Hugher Eucation Development Support Project).

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.

(Sumber : Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori Dan Teknologi, Proses permesinan, Huger Eucation Development Support Project).

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 (<i>Struktural Steels</i>)	St 50	520	1990	0,25
	St 60	620	2110	0,16
Baja mmpu laku panas (<i>Heat Treabel Steels</i>)	Ck 45	670	2220	0,14
	Ck 60	770	2130	0,17
Baja Sementals (<i>Cementation Steels</i>)	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
EC Mo 80	590	2290	0,17	
Baja Perkakas Ekstrusi (<i>Cold Work Tool Steels</i>)	55 Ni Mo V6 -anneeled	940	1740	0,25
	-treated	(352 BHN)	1920	0,24
Baja Perkakas Panas (<i>Cold Extrusion T.S</i>)	210 Cr 46	-	2100	0,26
	34 Cr 4	-	2100	0,26
Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>)	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 :

(Sumber Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori dan Teknologi, proses permesinan Huger Eucation Development Support Project).

a. Bentuk Rumus Empirik Gaya Potong

Dari analisa teoritik tentang proses pembentukan geram telah disinggung
suatu bentuk rumus gaya potong yaitu:

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,

(Sumber : Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori Dan Teknologi, Proses
permesinan, Hugher Eucation Development Support Project).

2.7. Material Pahat

Material pahat yang di pilihadalah insert karbida seperti (Gambar 2.21
pahat insert karbida) jeniskarbida yang di pilihadalah *solid carbide*.



Gambar 2.21.Pahat Insert Karbida

2.8. Cairan Pendingin

Sebagaimana yang telah disinggung pada bab-bab terdahulu, cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat cairan pendingin dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa geram (terutama dalam proses gerinda) dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Bagaimana cairan pendingin ini bekerja pada daerah kontak antara geram dengan pahat sebenarnya berjumlah diketahui secara pasti mekanismenya. Secara umum dapatlah dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah mendinginkan dan melumasi.

Mekanisme pembentukan geram, telah disinggung bahwa beberapa jenis cairan pendingin mampu menurunkan rasio pemampatan tebal geram yang mengakibatkan penurunan gaya potong.

Dari ulasan singkat diatas dapat disimpulkan bahwa cairan pendingin jelas perlu dipilih dengan seksama sesuai dengan jenis pekerjaan. Beberapa jenis cairan pendingin akan diulas pada sub bab pertama berkaitan dengan klasifikasi cairan pendingin dan garis besar kegunaannya. Pemakaian cairan pendingin dapat dilaksanakan dengan berbagai cara (disemprotkan, dibanjiri, dikucuri, atau dikabutkan) akan dibahas kemudian dan dilanjutkan dengan metoda pemilihan jenis cairan pendingin.

(Sumber : Taufiq rochim. Jakarta mei 1993 Teori Dan Teknologi, Proses permesinan, Huger Eucation Development Support Project).

2.8.1 Cara Pemberian Cairan Pendingin pada proses Freis(*Milling*)

Cara pemberian cairan pendingin pada proses milling adalah sebagai berikut:

1. Dibanjirkan ke benda kerja (*Flood Application of Fluid*), 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.
2. Disemprotkan (*Jet Application of Fluid*), 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. Cara pendinginan dengan cairan pendingin disemprotkan langsung ke daerah pemotongan pada proses pembuatan lubang.
3. Dikabutkan (*Mist Application of Fluid*), pemberian cairan pendingin dengan cara ini cairan pendingin dikabutkan dengan menggunakan semprotan udara dan kabutnya langsung diarahkan ke daerah pemotongan.

2.9. Sistem Pendingin

2.9.1. Minyak CPO (*Crude Palm Oil*)

Minyak CPO(*Crude Palm Oil*) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati *edibel* yang didapatkan dari *mesocarp* 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 sawit berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang sama. Minyak kelapa sawit juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaan ada pada warna (minyak inti sawit tidak memiliki karotenoid sehingga tidak berwarna merah), dan kadar lemak jenuhnya. Minyak sawit mengandung 41% lemak jenuh, minyak inti sawit 81%, dan minyak kelapa 86%. (Harold McGee, 2004)

Minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil*) merupakan minyak kelapa sawit mentah yang diperoleh dari hasil ekstraksi atau dari proses pengempaan daging buah kelapa sawit dan belum mengalami pemurnian. Minyak sawit biasanya digunakan untuk kebutuhan bahan pangan, industri kosmetik, industri kimia, dan industri pakan ternak. Kebutuhan minyak sawit sebesar 90% digunakan untuk bahan pangan seperti minyak goreng, margarin, shortening, pengganti lemak kakao dan untuk kebutuhan industri roti, coklat, es krim, biskuit, dan makanan ringan. Kebutuhan 10% dari minyak sawit lainnya digunakan untuk industri oleokimia yang menghasilkan asam lemak, fatty alcohol, gliserol, dan metil ester serta surfaktan. Asam lemak bersama-sama dengan gliserol merupakan penyusun utama minyak nabati dan hewani. Asam lemak yang terkandung di dalam CPO sebagian besar adalah asam lemak jenuh yaitu asam palmitat. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal diantara atom-atom karbon penyusunnya, sedangkan asam lemak tak jenuh mempunyai paling sedikit satu ikatan rangkap diantara atom-atom karbon penyusunnya.

Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil dari pada asam lemak tak jenuh. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen (mudah teroksidasi). Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk yang bersifat tidak stabil dan trans yang bersifat stabil. Sifat fisika-kimia minyak kelapa sawit meliputi warna, bau, flavor, kelarutan, titik cair dan polymorphism, titik didih (*boiling point*), titik nyala dan titik api, bilangan iod, dan bilangan penyabunan.

Sifat ini dapat berubah tergantung dari kemurnian dan mutu minyak kelapa sawit seperti ditampilkan pada gambar 2.22 dibawah ini.



Gambar 2.22. Minyak Kelapa Sawit (CPO)

2.10. Besi Cor (*Cast Iron*)

Besi cor merupakan salah satu jenis logam tertua dan murah yang pernah ditemukan umat manusia di antara sekian banyak logam yang ada. Logam ini memiliki banyak aplikasi, sekitar 80 % masih kendaraan terbuat dari besi cor.

Besi cor pada dasarnya merupakan paduan eutektik dari besi dan karbon. Dengan demikian temperature lelehnya relative rendah, sekitar 1200 celcius. Temperature leleh yang rendah sangat menguntungkan, karena mudah

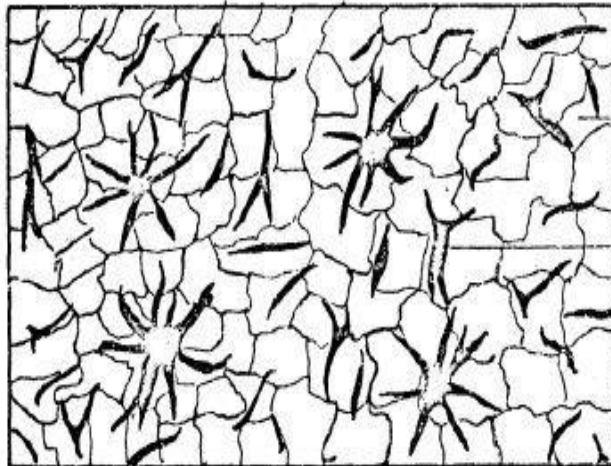
dicairkan, sehingga pemakaian bahan bakar atau energy lebih hemat dan murah. Selain itu dapur peleburan dapat di bangun dengan lebih sederhana.

Besi cor umumnya mengandung unsure silicon antara 1-3%. Dengan kandungan sebesar ini, silicon mampu meningkatkan kekuatan besi cor melalui penguatan fasa ferit. Besi dengan kadar karbon antara 2-3 % dan dengan kandungan silicon tersebut memiliki temperatur leleh eutektik lebih rendah.

2.11. Jenis-jenis Besi Cor (*Cast Iron*)

2.11.1. Besi Cor kelabu

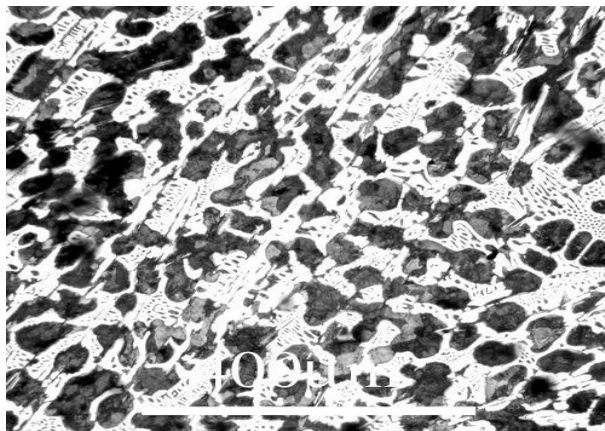
Besi cor kelabu (*gray cast iron*) mengandung grafit berbentuk serpihan-serpihan tipis yang terbagi merata dalam seluruh strukturnya, sehingga menyebabkan bidang patahannya berwarna kelabu. Besi cor jenis ini sering banyak dipakai karena biayanya yang murah dan mudah ddi tuang dalam jumlah besar. Komposisi kimia besi tuang jenis ini adalah 2,5-4% karbon dan 1-3% silikon. Pada kadar karbon yang tinggi, besi tuang juga mempunyai kadar silikon yang tinggi, dengan presentase sulfur dan mangan yang rendah. Oleh karena itu, pembentukan bebas meningkat dan setelah didinginkan besi tuang kelabu mengandung grafit. Besi tuang kelabu memiliki kekuatan tarik dan ketangguhan yang lebih rendah dari baja, namun kekuatan tekannya setara dengan baja karbon rendah dan sedang. Sifat mekanis tersebut dipengaruhi oleh bentuk, ukuran dan distribusi serpihan grafit yang terdapat dalam struktur mikro seperti ditampilkan pada gambar 2.23 dibawah ini.



Gambar 2.23. Struktur besi cor kelabu

2.11.2. Besi Cor putih

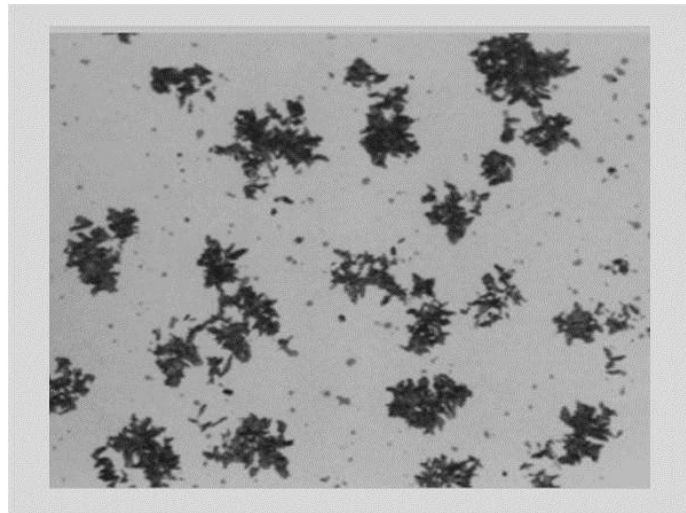
Besi cor putih (*white cast iron*) memiliki bidang patahan yang bewarna putih karena mengandung sejumlah sementit dengan kandungan karbon lebih dari 1,7%. Dengan kandungan silikon yang rendah dan perbandingan yang cepat, maka setelah didinginkan akan terbentuk fasa metastabil sementit, Fe_3C . Karena sementit bersifat keras dan getas , besi tuang putih memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi namun mampu mesin dan kekuatan tariknya rendah. Besi tuang putih ini merupakan bahan baku untuk pembuatan besi tuang mampu tempa. seperti ditampilkan pada gambar 2.24 dibawah ini.



Gambar 2.24. Struktur besi cor putih

2.11.3. Besi Cormampu Tempa

Besi cor mampu tempa (*malleable cast iron*) merupakan besi tuang putih yang diberikan perlakuan panas sampai kurang lebih dari 900°C. Perlakuan panas yang diterapkan pada besi tuang putih umumnya adalah anil yang bertujuan untuk memisahkan karbida besi Fe₃C menjadi besi dan grafit. Secara umum, besi tuang ini memiliki sifat yang sama seperti baja ringan. Besi tuang jenis ini memiliki mampu tempa yang sangat baik sehingga banyak digunakan pada industri kereta api, otomotif, sambungan pipa dan industri pertanian seperti ditampilkan pada gambar 2.25 dibawah ini.

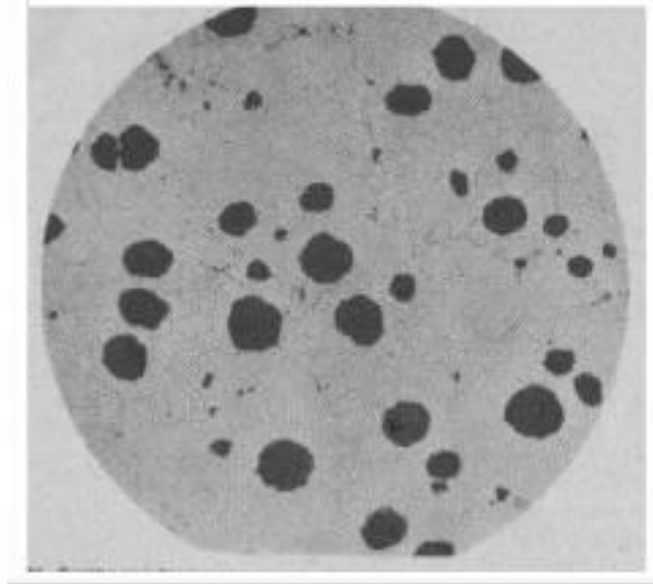


Gambar 2.25 Struktur besi cor mampu tempa

2.11.4. Besi CorNodular

Besi cor nodular (*nodular cast iron*) memiliki bentuk grafit yang bulat. Penambahan magnesium dan cerium (paduan Fe-Si-Mg) pada besi tuang dalam keadaan cair menyebabkan grafit menjadi bulat (*nodularisasi*). Besi tuang nodular mempunyai kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang lebih baik dibandingkan besi tuang kelabu, karena bentuk grafitnya yang bulat maka

konsentrasi regangnya menjadi lebih kecil seperti ditampilkan pada gambar 2.26 dibawah ini.



Gambar 2.26. Struktur besi cor nodular

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada tanggal 09 Desember 2017 sampai dengan 21 Mei 2018 terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 jadwal penelitian

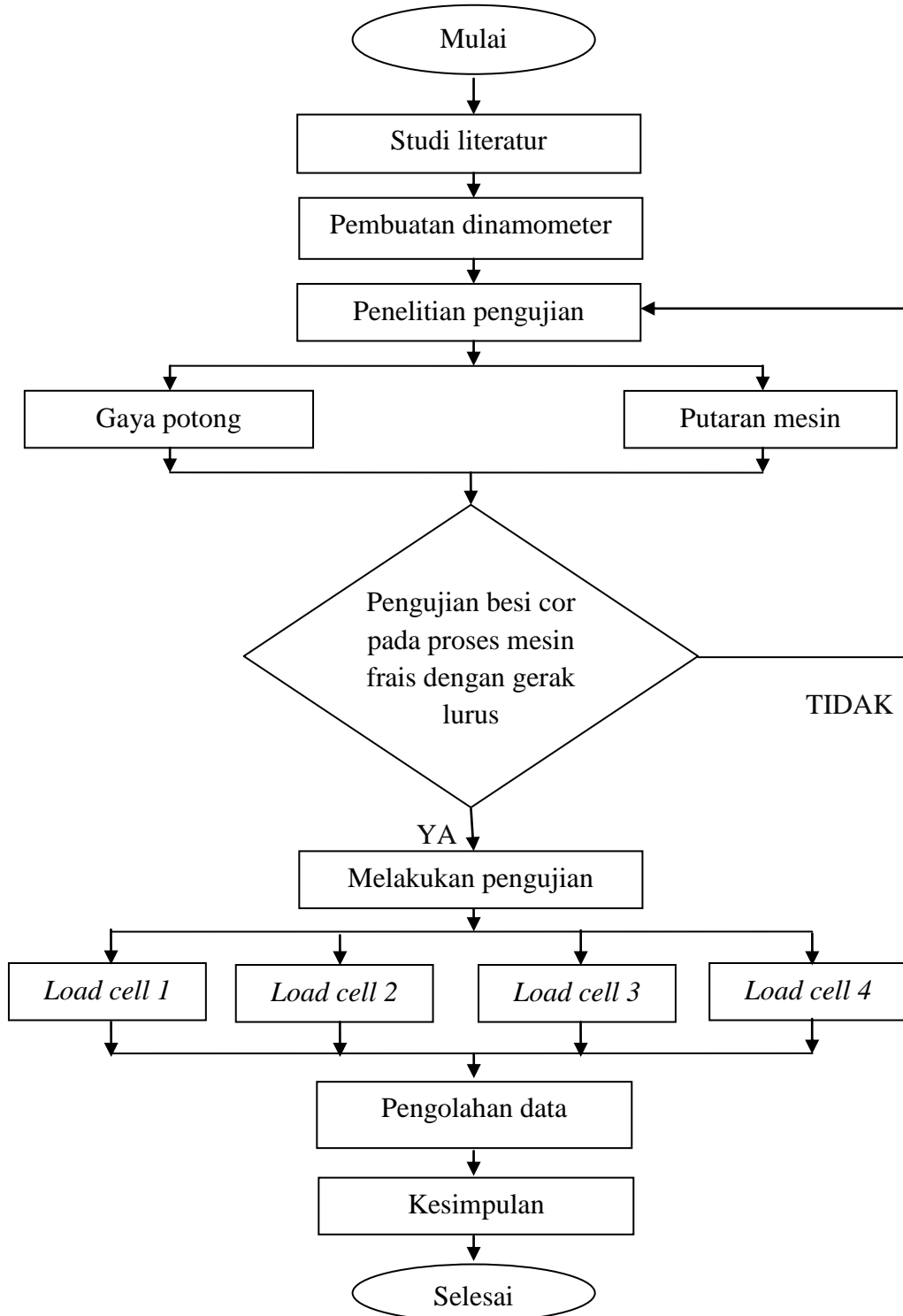
N0	Kegiatan	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Study Literatur								
2	Penyiapan Alat dan Bahan								
3	Pengujian								
4	Penyelesaian Skripsi								

3.1.2. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboraturium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin FakultasTeknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3. Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir diatas dapat dijelaskan tahap-tahapan dalam perancangan instrument dynamometer pada mesin frais sebagai berikut :

1. Mulai

Pertama yang dilakukan ialah persiapan. Persiapan yang dilakukan seperti pengaturan jadwal kegiatan pengujian agar berjalan sesuai rencana dan mendapat hasil pengujian yang diinginkan.

2. Studi literatur

Berfungsi untuk memperoleh literatur dan contoh-contoh macam-macam instrumen dynamometer dan rumus – rumus yang berkaitan.

3. Pembuatan dynamometer

Pembuatan adalah untuk memmanufakturkan konsep desain alat.

4. Pengujian penelitian

Untuk mencari hasil nilai gaya potong terhadap kecepatan pemakanan

5. Gaya potong

Hasil pengujian

6. Putaran mesin

Untuk melakukan pemotongan/ penyayatan. Dalam hal ini mencari nilai kecepatan gaya potong terhadap kecepatan pemakanan dan spesimen besi cor.

7. Pengujian besi cor pada proses mesin frais dengan gerak lurus

Melakukan pengujian besi cor dengan arah gerak makan tegak lurus dari sumbu $-x$ menuju arah $+x$

8. Melakukan pengujian

Untuk melakukan pengujian besi cor dengan menggunakan instrument dynamometer.

9. Load cell 1

Tidak berfungsi (-y)

10. Load cell 2

Berfungsi (+x)

11. Load cell 3

Tidak berfungsi (+y)

12. Load cell 4

Berfungsi (-x)

13. Pengolahan data

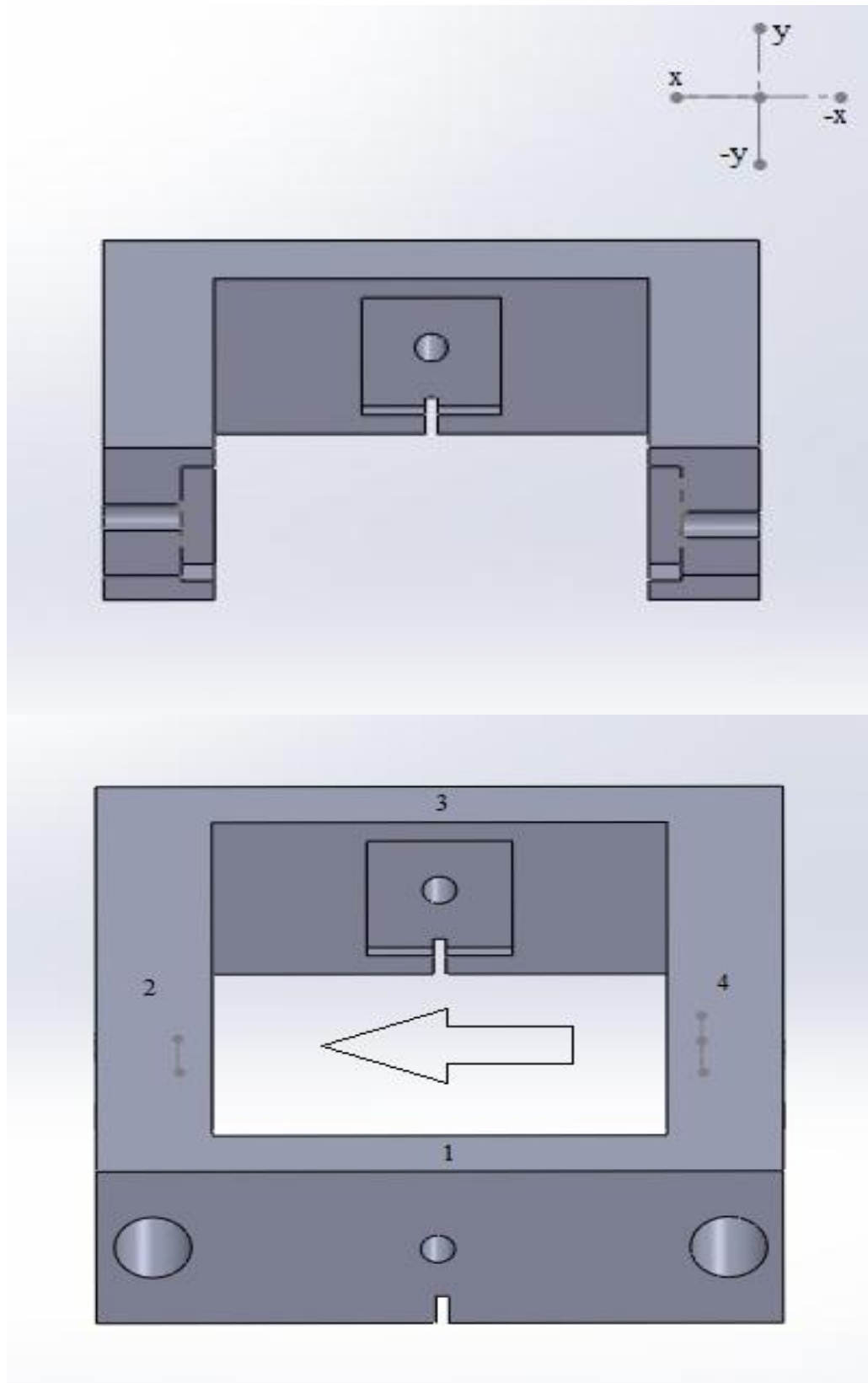
Salah satu kegiatan pengumpulan data. Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan teknik tertentu dan menggunakan alat dinamometer dan specimen yang digunakan adalah besi cor.

14. Kesimpulan

Hasil nilai dari pengujian penelitian

15. Selesai

Setelah selesai melakukan pengujian besi cor menggunakan instrument dinamometer dan sudah mendapatkan hasil gaya potong.



Gambar 3.2.Posisi *load cell* dan gerak makan mata pahat

3.4. Alat Dan Bahan Yang digunakan

3.4.1. Alat Yang di gunakan

Alat yang di gunakan dalam pengujian ini terdiri dari :

1. Mesin Frais (*Milling*)

Mesin frais adalah suatu mesin perkakas yang menghasilkan sebuah bidang datar dimana pisau berputar dan benda bergerak melakukan langkah pemakanan.

Peralatan mesin utama yang digunakan untuk face milling adalah mesin milling Emco F3.



Gambar 3.3 Mesin Frais Emco F3

2. Bingka Meja Frais

Berfungsi sebagaiudukan sensor load cell



Gambar 3.4 bingkai meja frais

3. Meja Frais

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



Gambar 3.5 Meja frais

4. Dynamometer

Berfungsi untuk mencari gaya potong pada mesin frais



Gambar 3.6 Dynamometer

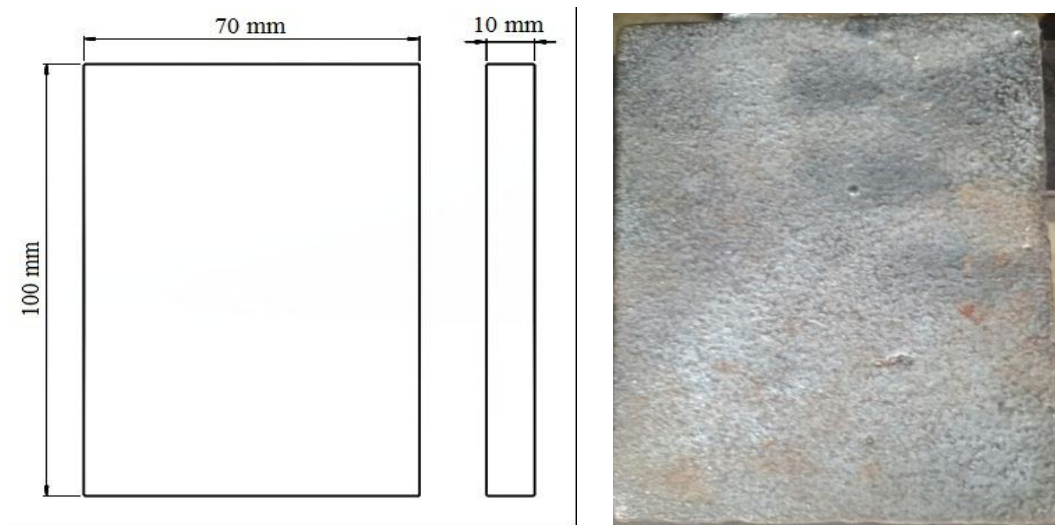
3.4.2. Bahan yang di gunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam proses percobaan adalah sebagai berikut:

1. Besi Cor (*Cast Iron*)

Besi Cor (*Cast Iron*) adalah besi yang mempunyai carbon content 2.5%-4% akan mempunyai sifat mampu lasnya (*Weldability*) rendah. Karbon dalam besi tuang dapat berupa sementit (Fe_3C) atau bisa disebut dengan karbon bebas (

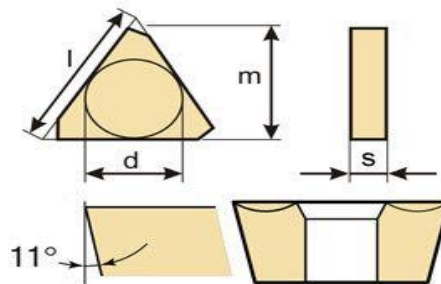
grafit). Perlu diketahui juga kandungan Fosfor dan Sulphur dari material ini sangat tinggi dibandingkan baja.



Gambar 3.7. Besi Cor(*Cast Iron*)

2. Pahat Insert Karbida

Pahat yang dipilih adalah insert karbida. Jenis karbida yang dipilih adalah *solid carbideseri*





Gambar 3.8 Pahat Insert Karbida

3. Minyak CPO

Minyak CPO(*Crude Palm Oil*) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati *edibel* yang didapatkan dari *mesocarp* buah pohon kelapa sawit, umumnya dari *spesies Elaeis guineensis* dan sedikit dari *spesies Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa*. (Reeves,1979 dalam wikipedia.org).



Gambar 3.9 Minyak CPO

3.5. Metode Pengumpulan Data

Prosedur yang dilakukan dalam pengujian proses frais dengan menggunakan tiga bahan uji mata pahat insert karbida, besi cor dan minyak CPO yaitu:

1. Melakukan pengujian untuk pengambilan data pertama pada kecepatan 80 rpm dengan pendingin, pemakanan 0,1 mm/menit

2. Melakukan pengujian untuk pengambilan data kedua pada kecepatan 160 rpm dengan pendingin, pemakanan 0,1 mm/menit
3. Melakukan pengujian untuk pengambilan data ketiga pada kecepatan 245 rpm dengan pendingin, pemakanan 0,1 mm/menit
4. Melakukan pengujian untuk pengambilan data keempat pada kecepatan 360 rpm dengan pendingin, pemakanan 0,1 mm/menit
5. Melakukan pengujian untuk pengambilan data kelima pada kecepatan 490 rpm dengan pendingin, pemakanan 0,1 mm/menit
6. Melakukan pengujian untuk pengambilan data keenam pada kecepatan 720 rpm dengan pendingin, pemakanan 0,1 mm/menit

3.6. 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.

3.7. Pengamatan dan Tahap Pengujian

3.7.1. Pengamatan

Pada penelitian yang akan diamati adalah:

1. Putaran(n)
2. Gaya potong (N)

3.7.2. Tahap Pengujian

Pada tahap ini yang menjadi acuan adalah mejan frais untuk pengambilan data besi cor. Kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan data karakteristik dari proses mesin frais dengan menggunakan minyak kelapa sawit (CPO). Pengujian yang dilakukan, meliputi:

1. Pengujian meja milling sensor untuk menghasilkan data nilai gaya potong pada proses milling dengan pendingin.
2. Pengukuran instrumentasi *dynamometer* mesin frais.

3.8. Alat Uji

Untuk melakukan penelitian ini, alat uji yang digunakan adalah:

1. Mesin frais emco F3 (*Fraesmaschine Universal*) dengan spesifikasi seperti table 3.2 dibawah ini:

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	500 kg
Dimensi	1,30 x 1,20 x 1,80 m

2. Material pahat dengan spesifikasi seperti table 3.3 dibawah ini:

Table 3.3 Spesifikasi Material Pahat

Grade Name	VC 2 (valenite silid carbide)
Insert Material	Uncoated medium grain
Tingkat Iso	M10-20 (untuk pengerjaan stainless steel) M10-20 (untuk pengerjaan besi cor)
Penggunaan	Roughing, semi finishing threading –Grooving
Kekerasan	1300-1800 (hardness Vickers)
Daya Tahan Panas	1000 ⁰ C
Massa jenis	7,2-5 (g/cm ³)

3.9. Prosedur Pengujian

Pada pengujian besi cor menggunakan minyak kelapa sawit digunakan alat mesin frais pada berbagai variasi putaran mesin. Prosedur pengujian ini 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 ke spindel.
6. Mengisi minyak kelapa sawit (*CPO*) kedalam tengki sebagai pendingin.
7. Memasang spesimen yang akan diuji.
8. Menghidupkan mesin.
9. Menjalankan program *PLXDAQ* dengan cara klik tombol *connect*.
10. Setelah mencapai putaran maksimum, klik tombol *disconnec* pada program *PLXDAQ* lalu simpan data hasil pengujian.

3.10. Pengambilan Data

3.10.1. Pengambilan Data Meja Frais

Pengambilan data berupa gaya potong dengan pendingin dan dilakukan setelah meja frais di letakkan dan benda kerja dipasang. Kemudian pengujian pertama mesin dioperasikan dengan kecepatan 80 rpm, pengujian kedua mesin dioperasikan dengan kecepatan 160 rpm, pengujian ketiga mesin dioperasikan dengan kecepatan 245 rpm, pengujian keempat mesin dioperasikan dengan kecepatan 360 rpm, pengujian kelima mesin dioperasikan dengan kecepatan 490 rpm, dan pengujian terakhir mesin dioperasikan dengan kecepatan 720 rpm.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian diambil dari alat meja frais dengan menggunakan mesin frais. Parameter penelitian adalah putaran, gaya potong dengan bahan pendingin minyak kelapa sawit (CPO).

Pengambilan data dilakukan dalam beberapa variasi putaran mesin frais yaitu dari 80 rpm dengan pemakanan 0,1 mm/menit sampai dengan 720 rpm, maka akan diketahui seberapa besar perbedaan putaran dengan gaya potong yang dihasilkan dari tiap-tiap putaran mesin frais dengan menggunakan pendingin. Penelitian eksperimen ini dilakukan dengan 6 kali percobaan untuk mendapatkan hasil gaya potong dengan menggunakan minyak kelapa sawit (CPO).



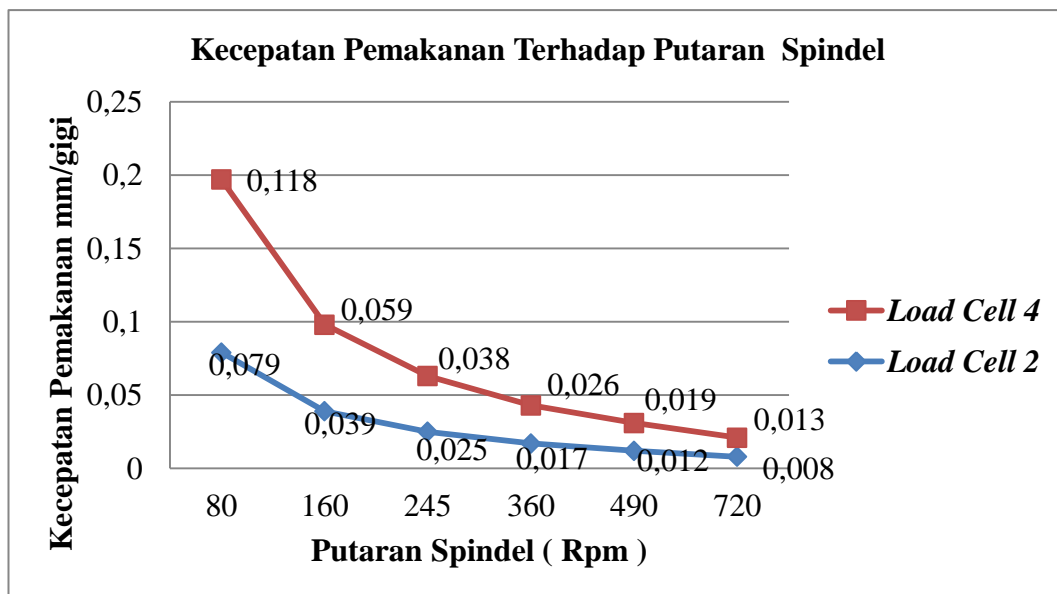
Gambar 4.1 besi cor sebelum di uji



Gambar 4.2 besi cor setelah di uji

Tabel 4.1 Hasil nilai kecepatan pemakanan terhadap putaran pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*

Putaran Spindel (Rpm)	Kecepatan Pemakanan <i>Load Cell 2</i> (N)	Kecepatan Pemakanan <i>Load Cell 4</i> (N)
80	0,079	0,118
160	0,039	0,059
245	0,025	0,038
360	0,017	0,026
490	0,012	0,019
720	0,008	0,013



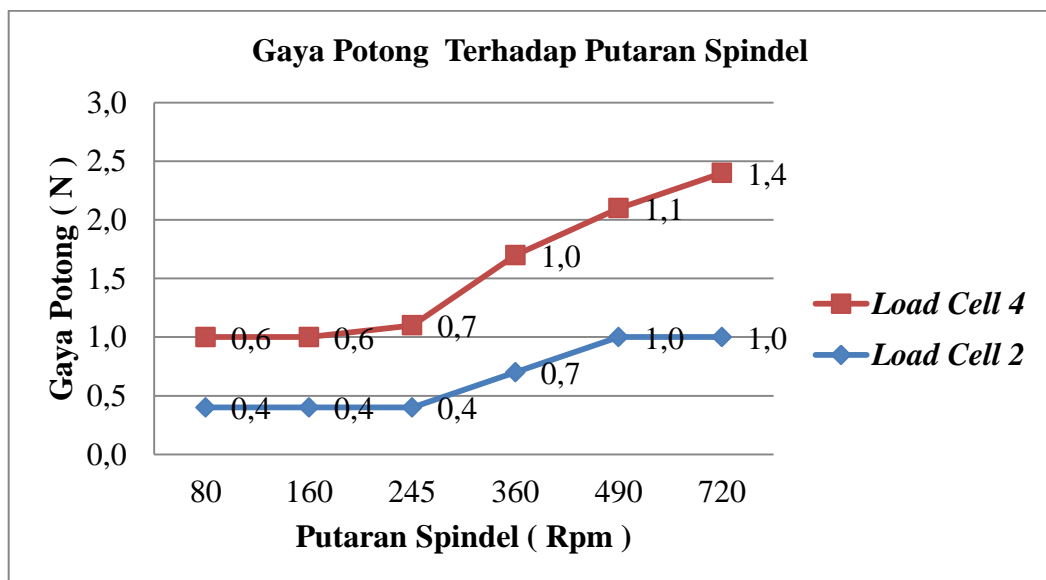
Gambar 4.3 Grafik kecepatan pemakanan terhadap putaran spindel pada *Load*

Cell 2 dan Load Cell 4

Dari gambar 4.3 di atas dapat dilihat hasil pengujian kecepatan pemakanan terhadap putaran spindel pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*, maka dari itu semakin tinggi putaran spindel yang diberikan maka hasil dari pemakanan semakin kecil.

Tabel 4.2 Hasil nilai rata-rata gaya potong terhadap putaran spindel pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*

Putaran Spindel (Rpm)	Gaya potong <i>Load Cell 2</i> (N)	Gaya Potong <i>Load Cell 4</i> (N)
80	0,4	0,6
160	0,4	0,6
245	0,4	0,7
360	0,7	1,0
490	1,0	1,1
720	1,0	1,4

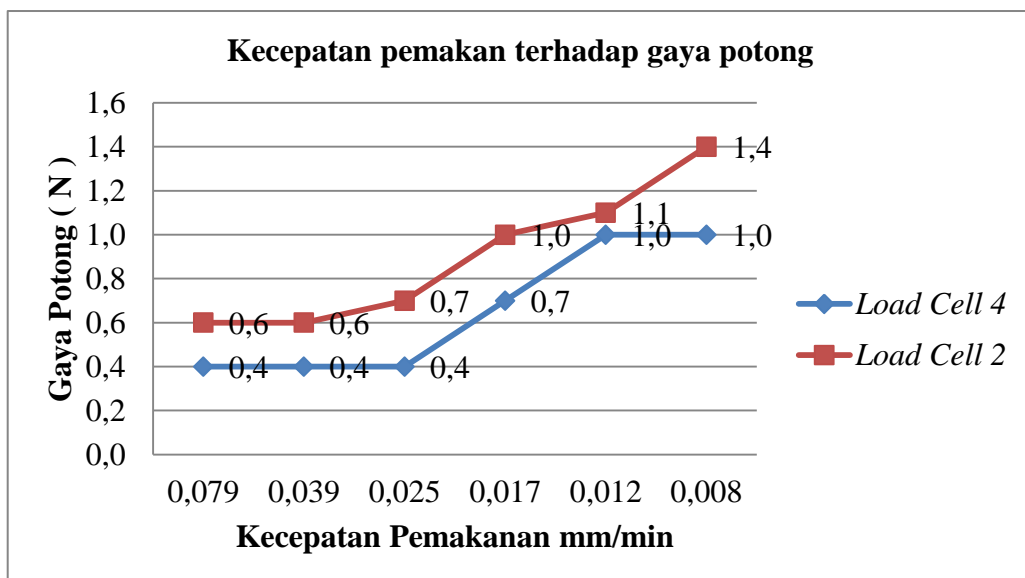


Gambar 4.4 Grafik gaya potong terhadap putaran spindel pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*

Dari gambar 4.4 di atas dapat dilihat hasil pengujian gaya potong terhadap putaran spindel pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*, bahwa semaking tinggi putaranspindel maka hasil gaya potong semakin tinggi.

Tabel 4.3 Hasil nilai kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada *Load Cell2* dan *Load cell 4*

<i>Kecepatan Pemakanan 2 (mm/min)</i>	<i>Load Cell 2 (N)</i>	<i>Kecepatan Pemakanan 4 (mm/min)</i>	<i>Load Cell 4 (N)</i>
0,079	0,4	0,118	0,6
0,039	0,4	0,059	0,6
0,025	0,4	0,038	0,7
0,017	0,7	0,026	1,0
0,012	1,0	0,019	1,1
0,008	1,0	0,013	1,4



Gambar 4.5 Grafik kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*

Dari gambar 4.5 di atas dapat dilihat hasil pengujian kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada *Load Cell 2* dan *Load Cell 4*, semakin rendah hasil kecepatan pemakanan maka hasil gaya potong semakin tinggi.

4.2. Perhitungan Data

4.2.1. Perhitungan Putaran Dan Gaya Potong Pada Mesin Frais Menggunakan Dynamometer Dan Sistem pendingin Yang digunakan Minyak Kelapa Sawit (CPO).

1. Perhitungan nilai resultan gaya potong *Load Cell 2* dan *Load Cell 4* di putaran 80 rpm

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$R = \sqrt{1,0^2 + 1,4^2}$$

$$R = \sqrt{1, + 1,96}$$

$$R = 1,7 \text{ N}$$

Sudut Resultan Gaya Potong

$$\tan \lambda = \frac{\text{Gaya potong } x}{\text{Gaya potong } y}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{1,0}{1,4} \right)$$

$$= 35,53^0$$

2. Perhitungan nilai resultan gaya potong *Load Cell 2* dan *Load Cell 4* di putaran

160 rpm

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$R = \sqrt{0,4^2 + 0,6^2}$$

$$R = \sqrt{0,16 + 0,36}$$

$$R = 0,7 N$$

Sudut Resultan Gaya Potong

$$\tan \lambda = \frac{\text{Gayapotong } x}{\text{Gayapotong } y}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{0,4}{0,6} \right)$$

$$= 33,69^0$$

3. Perhitungan nilai resultan gaya potong *Load Cell 2* dan *Load Cell 4* di putaran

245 rpm

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$R = \sqrt{0,7^2 + 1,0^2}$$

$$R = \sqrt{0,49 + 1}$$

$$R = 1,2 N$$

Sudut Resultan Gaya Potong

$$\tan \lambda = \frac{\text{Gayapotong } x}{\text{Gayapotong } y}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{0,7}{1,0} \right)$$

$$= 34,99^{\circ}$$

4. Perhitungan nilai resultan gaya potong *Load Cell 2* dan *Load Cell 4* di putaran

360 rpm

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$R = \sqrt{1,0^2 + 1,1^2}$$

$$R = \sqrt{1 + 1,21}$$

$$R = 1,4 \text{ N}$$

Sudut Resultan Gaya Potong

$$\tan \lambda = \frac{\text{Gayapotong } x}{\text{Gayapotong } y}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{1,0}{1,1} \right)$$

$$= 42,27^{\circ}$$

5. Perhitungan nilai resultan gaya potong *Load Cell 2* dan *Load Cell 4* di putaran

490 rpm

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$R = \sqrt{0,4^2 + 0,7^2}$$

$$R = \sqrt{0,16 + 0,49}$$

$$R = 0,8 \text{ N}$$

Sudut Resultan Gaya Potong

$$\tan \lambda = \frac{\text{Gayapotongx}}{\text{Gayapotongy}}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{0,4}{0,7} \right)$$

$$= 29,74^{\circ}$$

6. Perhitungan nilai resultan gaya potong *Load Cell 2* dan *Load Cell 4* di putaran

720 rpm

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$R = \sqrt{0,4^2 + 0,6^2}$$

$$R = \sqrt{0,16 + 0,36}$$

$$R = 0,7 \text{ N}$$

Sudut Resultan Gaya Potong

$$\tan \lambda = \frac{\text{Gayapotongx}}{\text{Gayapotongy}}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{0,4}{0,6} \right)$$

$$= 33,69^{\circ}$$

4.2.2. Perhitungan Kecepatan Pemakanan Dan Putaran Pada Mesin Frais Menggunakan Dynamometer Dan Sistem pendingin Yang digunakan Minyak Kelapa Sawit (CPO).

1. Perhitungan Kecepatan Pemakanan dan putaran pada *Load Cell 2*

1. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 2* dengan Putaran 80 Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19/80 \times 3$$

$$f_z = 0,079 \text{ mm/ gigi}$$

2. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 2* dengan putaran 160

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19/160 \times 3$$

$$f_z = 0,039 \text{ mm/ gigi}$$

3. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 2* dengan putaran 245

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19/245 \times 3$$

$$f_z = 0,025 \text{ mm/ gigi}$$

4. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 2* dengan putaran 360

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19/360 \times 3$$

$$f_z = 0,017 \text{ mm/ gigi}$$

5. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 2* dengan putaran 490

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19/490 \times 3$$

$$f_z = 0,012 \text{ mm/ gigi}$$

6. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 2* dengan putaran 720

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19/720 \times 3$$

$$f_z = 0,008 \text{ mm/ gigi}$$

2. Perhitungan Kecepatan Pemakanan dan Putaran Pada *Load Cell 4*

1. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 4* dengan putaran 80 Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19 / 80 \times 2$$

$$f_z = 0,118 \text{ mm/ gigi}$$

2. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 4* dengan putaran 160

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19 / 160 \times 2$$

$$f_z = 0,059 \text{ mm/ gigi}$$

3. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 4* dengan putaran 245

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19 / 245 \times 2$$

$$f_z = 0,038 \text{ mm/ gigi}$$

4. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 4* dengan putaran 360

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19 / 360 \times 2$$

$$f_z = 0,026 \text{ mm/ gigi}$$

5. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 4* dengan putaran 490

Rpm

$$f_z = v_f / (n.z)$$

$$f_z = 19 / 490 \times 2$$

$$f_z = 0,019 \text{ mm/ gigi}$$

6. Perhitungan kecepatan pemakanan pada *Load Cell 4* dengan putaran 720

Rpm

$$f_z = v_f / (n \cdot z)$$

$$f_z = 19 / 720 \times 2$$

$$f_z = 0,013 \text{ mm / gigi}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian pada spesimen besi cor dengan mencari kecepatan pemakanan terhadap gaya potong pada putaran mesin frais, sistem pendingin yang digunakan minyak kelapa sawit (CPO) maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kecepatan terhadap gaya potong

Dari hasil pengujian, semakin tinggi kecepatan putaran mesin maka hasil gaya potong semakin tinggi.

2. Kecepatan terhadap pemakanan

Dari hasil pengujian, semakin tinggi kecepatan putaran mesin maka hasil pemakanannya semakin kecil.

3. Kecepatan Pemakanan Terhadap Gaya Potong

Semakin kecil kecepatan pemakanan maka hasil gaya potong semakin tinggi. Besarnya kecepatan pemakanan bersama-sama terhadap gaya potong mempengaruhi luasnya penampang bidang geram sebelum terpotong.

5.2. Saran

1. Untuk pengujian selanjutnya agar di sempurnakan alat pengujian *dynamometer* pada mesin frais.
2. Pada pengujian selanjutnya agar lebih di sempurnakan serta di teliti dengan baik program yang terdapat pada *Load Cell* dan juga sensor *rpm* agar lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

Brianti Satrianti utama, 2008 *Proses manufaktur dan optimasinya*: FT Universitas Indonesia.

Taufiq Rochim, 1993. *Teori Dan Teknologi, proses permesinan*, Hugher Education Development Support Project.

Kalpakjian Serope dan Schmid R. Steven 2002 *Manufacturing Engineering and Technology*

Dwi Rahdiyatna, 2010:3, Proses Frais (2010:3), Buku 3 proses frais (*Milling*)

Reeves, 1979. *Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan beta-karoten yang tinggi*. dalam Wikipedia.org

Handayani, Sri., 2007., *Mengenal Proses Frais (Milling) di temukan di :ftp://118.97.42.43/virlibstems/teknologi/teknik mesin/teknik pemesinan 1/bab 07 Mengenal prsoses Frais New.pdf*.

Jhon Parson pada tahun 1952 *mengembangkan Milling dengan kontrol basis angka*.

Wikipedia. Online

https://id.m.wikipedia.org/wiki/besi_tuang

LAMPIRAN

1. Gambar saat melakukan pengujian dynamometer dengan bahan uji besi cor pada mesin frais dengan pendingin minyak kelapa sawit (CPO) di LAB Proses Produksi Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



2. Gambar saat melakukan pengujian besi cor di LAB Proses Produksi Teknik Universitas negeri Medan (UNIMED), yaitu mencari komposisi besi cor.



3. Table pengujian kecepatan putaran mesin 80 rpm

<i>Load Cell 2</i> (<i>N</i>)	<i>Load Cell 4</i> (<i>N</i>)	<i>Putaran</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	1,6	60
1,0	1,4	60
1,0	1,4	60
1,0	1,5	60
1,0	1,6	60
1,0	1,6	60
1,0	1,3	60
1,0	1,5	60
1,0	1,5	60
1,0	1,3	60
1,1	1,3	60
0,0	0,0	80
0,9	1,7	80
1,0	1,6	80
1,0	1,6	80
1,0	1,6	80
1,0	0,7	80
1,0	1,7	80
1,0	1,6	80
1,0	1,6	80
1,0	1,6	80
1,0	1,2	80
1,0	1,6	80
1,0	1,5	80

1,0	1,5	80
1,0	1,4	80
1,0	1,6	80
1,0	1,5	80
1,0	1,6	80
1,0	1,5	80
1,0	1,5	80
1,0	1,5	80
1,0	1,6	80
1,0	1,6	80
1,0	1,5	80
1,0	1,5	80
1,0	1,5	80
1,0	1,5	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	1,4	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	1,6	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	1,3	80
1,0	1,4	80
1,1	1,3	80
1,1	1,4	80
1,1	1,4	80

4. Table pengujian kecepatan putaran mesin 160 rpm

<i>Load Cell 2</i> (N)	<i>Load Cell 4</i> (N)	<i>Putaran</i> (Rpm)
0,4	0,6	32
0,4	0,6	32
0,5	0,5	64
0,1	0,1	96
0,5	0,5	96
0,5	0,6	96

0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,8	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,7	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,4	0,6	128
0	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,4	0,6	128
0,4	0,6	128
0,5	0,6	128
0,5	0,6	128
0,4	0,6	128
0,5	0,6	128
0,4	0,6	128
0,4	0,6	128
0,4	0,6	128
0,2	0,6	128
0,5	0,6	144
0,5	0,6	156
0	0	160
0,1	0,3	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,5	160
0,4	0,6	160
0,5	0,7	160
0,5	0,7	160
0,5	0,8	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160

0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,6	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,5	0,6	160
0,4	0,6	160
0,5	0,6	160
0,4	0,6	160
0,4	0,6	160
0,4	0,6	160
0,3	0,6	160
0,2	0,6	160
0	0,6	160
0,4	0,6	192

5. Table pengujian kecepatan putaran mesin 245 rpm

<i>Load Cell 2 (N)</i>	<i>Load Cell 4 (N)</i>	<i>Putaran (Rpm)</i>
2,7	0,8	105
0,5	1,2	105
2,6	0,4	140
0,6	1,0	140
0,3	0,4	175
2,0	0,8	175
1,7	1,1	175
1,7	1,1	175
0,6	1,0	175
0,6	1,0	175
0,6	1,1	175
0,6	1,1	175
0,5	1,1	175
0,5	1,1	175
0,6	1,0	175
0,6	1,0	175
2,6	2,8	210

2,6	0,4	210
2,6	0,4	210
1,5	0,4	210
1,5	0,9	210
0,6	0,7	210
0,6	0,7	210
1,8	0,8	210
2,5	0,8	210
0,6	1,0	210
0,6	1,0	210
0,6	1,0	210
0,5	1,0	210
0,5	1,2	210
0,5	1,2	210
0,6	1,0	210
0,5	1,0	210
0,6	1,0	210
0,6	1,0	210
0,6	1,0	210
0,6	1,0	210
0,6	0,9	210
0,6	1,0	210
0,6	1,0	210
0,7	1,0	210
0,7	1,0	216
0,7	1,1	216
0,7	1,0	216
0,0	0,0	245
1,4	1,6	245
1,5	1,4	245
1,5	0,9	245
1,5	0,8	245
0,6	0,7	245
1,5	0,8	245
1,7	1,1	245
1,4	1,1	245
0,6	1,0	245
0,6	1,1	245
0,6	1,1	245
0,6	1,1	245
0,6	1,1	245
0,5	1,1	245
0,5	1,1	245
0,5	1,1	245

0,5	1,1	245
0,5	1,1	245
0,5	1,1	245
0,6	1,1	245
0,6	1,0	245
0,5	1,0	245
0,6	0,9	245
0,6	1,0	245
0,6	0,9	245
0,6	1,0	245
0,6	1,0	245
0,6	1,0	245
0,6	1,0	245
0,6	0,9	245
0,6	0,9	245
0,6	1,1	245
0,6	1,0	245
0,6	0,9	245
0,6	0,9	245
0,6	1,1	245
0,6	1,1	218
0,6	1,0	245

6. Table pengujian kecepatan putaran mesin 360 rpm

<i>Load Ceel 2 (N)</i>	<i>Load Cell 4 (N)</i>	<i>Putaran (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
1,1	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
1,1	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
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	1,2	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	1,3	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

7. Table pengujian kecepatan putaran mesin 490 rpm

<i>Load Cell 2 (N)</i>	<i>Load Cell 4 (N)</i>	<i>Putaran (Rpm)</i>
0,6	0,8	204
0,5	0,8	240
0,5	0,8	286
0,5	0,8	286
0,5	0,8	286
0,5	0,8	286
0,3	0,9	327
0,3	0,3	327
0,4	0,8	327
0,4	0,8	327
0,5	0,8	327
0,5	0,8	327
0,5	0,8	327
0,5	0,8	327
0,5	0,8	336
0,2	0,1	354
0,3	0,4	368

0,4	0,9	368
0,4	0,8	368
0,4	0,8	368
0,4	0,8	368
0,4	1,0	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	368
0,5	0,8	377
0,3	0,9	407
0,3	0,6	408
0,3	0,1	408
0,3	0,3	408
0,4	0,8	408
0,4	0,9	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,6	0,8	408
0,6	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,5	0,8	408
0,6	0,8	408
0,1	0,4	431
0,6	0,8	431
0,6	0,8	431
0,1	0,3	436
0,5	0,8	440
0,6	0,8	440
0,1	0,2	447
0,2	0,5	449
0,3	0,3	449

0,1	0,3	449
0,1	0,3	449
0,3	0,4	449
0,3	0,1	449
0,3	0,1	449
0,3	0,1	449
0,3	0,9	449
0,4	0,8	449
0,4	0,8	449
0,4	0,8	449
0,4	0,8	449
0,4	0,8	449
0,4	0,8	449
0,5	0,8	449
0,5	0,8	449
0,5	0,8	449
0,5	0,8	449
0,5	0,8	449
0,5	0,9	449
0,5	0,8	449
0,6	0,8	449
0,6	0,8	449
0,6	0,8	449
0,6	0,8	449
0,5	0,8	449
0,6	0,8	449
0,2	0,5	454
0,1	0,3	454
0,6	0,8	472
0,3	0,6	483
0,0	0,0	490
0,1	0,2	490
0,3	0,7	490
0,3	0,7	490
0,3	0,5	490
0,3	0,3	490
0,3	1,1	490
0,4	0,8	490
0,4	0,8	490
0,4	0,9	490
0,4	0,9	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490

0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,6	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,5	0,8	490
0,6	0,8	490
0,0	0,0	490

8. Table pengujian kecepatan putaran mesin 720 rpm

<i>Load Cell 2 (N)</i>	<i>Load Cell 4 (N)</i>	<i>Putaran (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	551
0,5	0,7	551
0,5	0,7	551
0,5	0,7	551
0,5	0,7	551
0,5	0,7	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,6	551
0,5	0,8	593
0,5	0,8	593
0,5	0,8	593
0,5	0,8	593
0,5	0,7	593
0,5	0,7	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,7	593
0,5	0,7	593
0,5	0,7	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
0,5	0,6	593
1,6	0,8	635
0,5	0,8	635
0,5	0,8	635
0,5	0,9	635
0,5	0,8	635
0,5	0,8	635

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Hamdani Hamadan
NPM : 1307230155
Tempat/Tanggal lahir : Singkuang, 04Maret 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Alamat : PASAR 1 SINGKUANG
Anak ke : 2 Dari 6 Bersaudara
No.Hp : 085275481864
Status Perkawinan : Belum Menikah
Nama Orang Tua
 Ayah : Zapransah
 Ibu : Mazia

PENDIDIKAN FORMAL

2001 – 2007 :SD Negeri 1 Muara Batang Gadis
2007 – 2010 :SMP Negeri 1 Muara Batang Gadis
2010 – 2013 :SMA Negeri Muara Batang Gadis
2013 – 2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Pprogram Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara

Penulis

Hamdani Hamadan