

**PENGARUH PENAMBAHAN PELUMAS PADA PEMESINAN
FRAIS DENGAN METODE PELUMASAN BERKUANTITAS
MINIMUM (MQL) TERHADAP NILAI KEKASARAN
PERMUKAAN MAGNESIUM AZ31**

(Skripsi)

Oleh

ROBBY SAPUTRA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2017

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN PELUMASAN PADA PEMESINAN FRAIS DENGAN METODE PELUMASAN BERKUANTITAS MINIMUM (MQL) TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MAGNESIUM AZ31

Oleh

ROBBY SAPUTRA

Magnesium merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan seperti pada komponen otomotif, sport dan elektronik, karena memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Namun magnesium dikenal sebagai bahan logam yang mudah terbakar, karena memiliki titik nyala yang rendah. Sehingga pada proses pemesinannya harus menggunakan cairan pendingin untuk menurunkan suhu pemotongan. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh Pelumasan Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 Padapemesinan Frais Dan Metode Pelumasan Berkuantitas Minimum (MQL). Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh penambahan pelumas terhadap nilai kekasaran permukaan. Penelitian ini menggunakan beberapa jenis pelumas seperti synthetic oil, kedelai, dan kelapa sawit yang akan dibandingkan tanpa menggunakan pelumas. Hasil pengujian pemesinan frais untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan material magnesium AZ31 pada parameter kecepatan potong pahat (V_c) 31,4, 40,82, dan 50,24 m/min, gerak makan (f) 0,15 mm/rev, dan kedalaman potong 1 mm menggunakan pahat end mill berdiameter 10 mm. Kemudian dilakukan uji kekasaran pada permukaan benda kerja tersebut, setelah itu data-data yang diperoleh dilakukan analisa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekasaran minimum 1,147 μm dicapai dengan menggunakan minyak kelapa sawit dimana hasil tersebut lebih rendah dibandingkan dengan nilai kekasaran maksimum 5,925 μm . Pelumasan menggunakan minyak synthetic oil dan minyak kedelai pada pemesinan CNC frais ini mengalami kegagalan dalam mendinginkan dan melumasi karena partikel fluida tidak mencapai zona pemotongan dimana pendinginan diperlukan, melainkan menyebar di sekitar area pahat dan benda kerja.

Kata kunci : Magnesium AZ31, *minimum quantity lubrication* (MQL), kekasaran permukaan

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITIONAL ANNOUNCEMENT ON FRAIS MACHINE WITH MINIMUM QUALITY MINIMUM METHOD (MQL) ON SURFACE MAGNESIUM SURFACE VALUE AZ31

By

ROBBY SAPUTRA

Magnesium is one of the most widely used materials such as automotive, sport and electronic components, because it has a lightweight and corrosion-resistant properties. However, magnesium is known as a combustible metal material, because it has a low flash point. So in the machining process must use the coolant to reduce the cutting temperature. The problem in this research is how the effect of Lubrication Against Surface Magnesium Roughness Value AZ31 on Frais Machine and Minimum Quantity Lubrication Method (MQL). The purpose of this research is to get the influence of the addition of lubricant to surface kekasran value. This study uses several types of lubricants such as synthetic oil, soybeans, and palm oil to be compared without using lubricants. The result of frais machining test to obtain the surface roughness value of AZ31 magnesium material on cutting speed (V_c) 31,4,40,82 and 50,24 m / min, feeding (f) 0,15 mm / rev, and depth cut 1 mm using chisel end mill diameter 10 mm. Then performed roughness test on the surface of the workpiece, after which the data obtained is analyzed. The results showed that a minimum roughness value of 1.147 μm was achieved using palm oil where the results were lower than the maximum roughness of 5,925 μm . Lubrication using synthetic oil and soybean oil on CNC machining frais fails to cool and lubricate because the fluid particles do not reach the cutting zone where cooling is required, the spread spreads around the chisel area and workpiece.

Keywords : Magnesium AZ31, minimum quantity lubrication (MQL), surface roughness

**PENGARUH PENAMBAHAN PELUMAS PADA PEMESINAN FRAIS
DENGAN METODE PELUMASAN BERKUANTITAS MINIMUM
(MQL) TERHADAP NILAI KEKASARAN PERMUKAAN
MAGNESIUM AZ31**

**Oleh
ROBBY SAPUTRA**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2017

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN PELUMAS
PADA PEMESINAN FRAIS DENGAN
METODE PELUMASAN BERKUANTITAS
MINIMUM (MQL) TERHADAP NILAI
KEKASARAN PERMUKAAN MAGNESIUM
AZ31**

Nama Mahasiswa : **Robby Saputra**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021075

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.
NIP 19710817 199802 1 003

Ahmad Yahya Teguh Panuju, S.T., M.T.
NIP 19800205 200501 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.



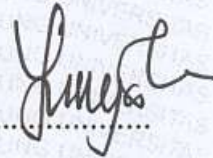
Anggota

: Ahmad Yahya Teguh Panuju, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

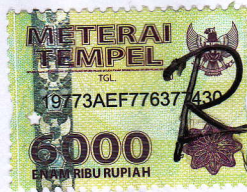


Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 November 2017

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR NO.458/UN26/DT/2016.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



Robby Saputra
NPM. 1115021075

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lumpatan, Kecamatan SEKAYU, Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 12 November 1992 sebagai anak ketiga dari pasangan Bapak Makmur dan Ibu Amnawati. Pendidikan penulis diawali dari Sekolah Dasar Negeri 1 Sekayu Pada 1998 dan diselesaikan pada tahun 2004, pada tahun 2004 melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama 4 Sekayu dan diselesaikan pada tahun 2007, pada tahun 2007 melanjutkan di Sekolah Menengah Atas 3 Sekayu dan diselesaikan pada tahun 2010, Pada tahun 2011 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur PMPD dan pada tahun 2014 alih program ke Program Studi S1 Teknik Mesin.

Selama di bangku kuliah, penulis aktif dalam beberapa Lembaga Kemahasiswaan. Aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung di Bidang Kerohanian pada periode 2012-2013. Selain itu, penulis juga pernah menjadi anggota muda Forum Silaturahmi dan Studi Islam (FOSSI) Fakultas Teknik pada periode 2012–2013.

Penulis mengambil konsentrasi pilihan pada bidang Produksi. Pada tahun 2012, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Pelumas Pada Pemesinan Frais Dengan Metode Pelumasan Berkuantitas Minimum (Mql) Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31” dengan bantuan bimbingan Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T. dan Bapak Achmad Yahya Teguh Panuju, S.T., M.T.

MOTTO

Sesungguhnya Allah swt. Menyukai hamba yang berkarya dan terampil (ahli / professional). Barang siapa bersusah payah mencari nafkah untuk keluarganya, maka nilainya sama dengan seorang mujahid di jalan Allah swt. Hadits Nabi
(HR. Ahmad)

Tidak Ada Masalah Yang Tidak Dapat Diselesaikan Selama Ada
Komitmen Bersama Untuk Menyesailakannya.
Berangkat Dengan Penuh Keyakin
Berjalan Dengan Penuh Keikhlasan
Istiqomah Dalam Menghadapi Cobaan

Cara terbaik untuk menemukan dirimu sendiri adalah dengan
kehilangan dirimu dalam melayani orang lain.
(Mahatma Gandhi)

Bermimpilah seakan kau akan hidup selamanya.
Hiduplah seakan kau akan mati hari ini. (James
Dean)

SANWACANA

Assalamualaikum, Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat melaksanakan serta menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Shalawat serta salam tidak lupa penulis sampaikan kepada junjungan kita semua Rasulullah SAW.

Skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Pelumas Pada Pemesinan Frais Dengan Metode Pelumasan Berkuantitas Minimum (Mql) Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31” dapat diselesaikan dengan baik berkat partisipasi, bantuan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan kasih sayang dan mendoakan atas harapan akan kesuksesan penulis hingga dapat menyelesaikan studi.
2. Kakak yang tak bosan memberikan nasehat, dukungan, motivasi, pengertian, doa dan kasih sayangnya.
3. Kekasihku Rika Ulandari yang tiada hentinya memberikan dukungan serta semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

5. Bapak Ahmad Suudi, S.T.,M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas segala arahan dan motivasinya selama ini.
6. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T. dan Bapak Achmad Yahya Teguh Panuju, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing dengan memberikan pengetahuan, saran, serta nasehat selama proses penyelesaian skripsi.
7. Bapak Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T. Selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan sebagai penyempurnaan penulisan skripsi.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik dan motivasi untuk masa yang akan datang. Tak lupa juga terima kasih kepada staff dan karyawan Gedung H Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Kepada teman-teman seperjuangan “**TEKNIK MESIN 2011**”, Muhamad Arif, Cahyo Prasetyo, Adi Saputra, Novlin Sinurat, Jumaryandi, Hardiyanto, Ruri Eryansyah, Muchlis Mutaqin, Sandi Dwi Hardin, Maulana Efendi, Eko Aprilando, dan Seluruh Angkatan 2011 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
10. Kepada Muhamad Rifai yang telah membantu dalam proses pengambilan Data.
11. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.
12. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan, yang telah ikut serta membantu dalam penulisan skripsi ini.

“Tiada gading yang tak retak” begitu pula dengan penelitian tugas akhir ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari masih banyak kekurangan serta ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, November 2017

Penulis,

Robby Saputra

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN MOTTO	viii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Magnesium	6
2.1.1 Sifat Fisik Magnesium	8
2.1.2 Sifat Mekanik Magnesium	9
2.1.3 Magnesium panduan Tempa (Wrought Alloys)	9
2.1.4 Penandaan Panduan Magnesium	9
2.1.5 Aplikasi Paduan Magnesium	10
2.1.6 Manfaat Magnesium	12

2.2	Proses Frais (<i>Milling</i>)	13
2.2.1	Klasifikasi Proses Frais	16
2.2.2	Parameter Yang Dapat Diatur Pada Mesin Frais	17
2.2.3	Elemen Dasar Proses Frais	19
2.2.4	Bahan Pahat Mesin Frais	21
2.3	Pemesinan Magnesium	22
2.4	Kekasaran Permukaan	24
2.5	<i>Minimum Quantity Lubrication</i> (MQL)	27
2.5.1	Jenis-Jenis Sistem MQL	29
2.5.2	Cara Kerja Aerosol	30
2.6	Tribologi	31
2.7	Pelumasan	33
2.8	Gaya Gesek	35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2	Alur Penelitian	38
3.3	Bahan dan Alat Penelitian	39
3.4	Prosedur Penelitian	45
3.4.1	Persiapan Bahan	45
3.4.2	Set-up Pemesinan	45
3.4.3	Penempatan alat CHEN YING type chen 01	46
3.4.4	Proses pengefraisan specimen	47
3.4.5	Pengukuran Kekasaran Menggunakan Surface Tester	49
3.4.6	Pengambilan Gambar Profil Permukaan Magnesium	50
3.4.7	Pengambilan Data	51
3.4.8	Analisa Yang Akan Dilakukan	51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Pengujian	52
4.2	Pembahasan Nilai Kekerasan Permukaan Hasil Pemotongan	55
4.2.1	Pengaruh kecepatan potong (V_c) terhadap nilai kekasaran permukaan	55

4.2.2	Pengaruh metode pelumasan terhadap nilai kekasaran permukaan .	57
4.3	Pengaruh pelumas terhadap nilai kekasaran permukaan dengan metode Minimum Quantity Lubricatio (MQL)	60
4.4	Penampang Chip (geram) yang dihasilkan	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66

Daftar Pustaka

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Magnesium dan rumus kimianya	6
Gambar 2.2 Paduan Magnesium AZ31	10
Gambar 2.3 Komponen yang terbuat dari paduan magnesium	11
Gambar 2.4 Penggunaan magnesium dibidang kedokteran	12
Gambar 2.5 Skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) Mesin Frais vertical tipe column and knee, dan (b) Mesin Frais horizontal tipe column and knee	13
Gambar 2.6. Mesin frais turret vertikal horizontal	14
Gambar 2.7 Komponen utama mesin CNC Frais (Milling)	15
Gambar 2.8 Tiga klasifikasi proses frais : (a) Frais periperal (slab milling), (b) frais muka (face milling), dan (c) frais jari (end milling)	16
Gambar 2.9 Gambar jalur pahat dari pahat frais menunjukkan perbedaan antara gerak makan pergigi (ft) dan gerak makan perputaran (fr)	19
Gambar 2.10 (a) Skematis proses frais vertical, (b) skematis proses frais horizontal	19
Gambar 2.11 Mata pahat potong Unalloyed tool steel	21
Gambar 2.12 Macam-macam mata pahat potong alloy tool steel	21
Gambar 2.13 Macam-macam mata pahat potong Cemented Carbide	22
Gambar 2.14 Bentuk profil kekasaran permukaan	25
Gambar 2.15 Eksternal MQL supply dan Internal MQL supply	28
Gambar 2.16 Sistem suplai MQL	28
Gambar 2.17 (a) Proses konvensional pembasahan tidak merata pada benda kerja karena atomisasi tidak terkendali dari	

tetes air/minyak pada nozzle. (b) tetesan membasahi benda kerja secara merata karena jauh lebih kecil, butiran air/minyak homogen	31
Gambar 2.18 Generalisasi kurva stribeck	32
Gambar 2.19 Grafik perbandingan koefisien gesek dengan viskositas pelumasan secara aktual dan teoritis	35
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	37
Gambar 3.2. Material Magnesium AZ31	39
Gambar 3.4 Mesin CNC Frais (Milling)	40
Gambar 3.4 Mesin CHEN YING Type CEN 01	42
Gambar 3.5. Surface tester	44
Gambar 3.6 Mikroskop USB	44
Gambar 3.7 Pemotongan paduan Magnesium AZ31	45
Gambar 3.8 Set-up Pemesinan Magnesium	46
Gambar 3.9 Ujung Spray mesin CHEN YING Type CEN 01	46
Gambar 3.10 Ilustrasi proses pemesinan CNC Milling menggunakan teknik Minimum Quantity Lubrication (MQL)	47
Gambar 3.11 Cara pengambilan nilai kekasaran menggunakan SurfaceTeester	49
Gambar 3.11 Cara pengambilan gambar profil permukaan magnesium menggunakan kamera mikroskop USB	50
Gambar 4.1. Grafik pengaruh kecepatan potong (V_c) terhadap nilai kekasaran permukaan	55
Gambar 4.2. Grafik pengaruh metode pelumasan terhadap nilai kekasaran permukaan	57
Gambar 4.3. Bentuk profil permukaan benda kerja dengan kecepatan potong dan nilai kekasaran (R_a), (a) tanpa pelumas, (b) synthetic oil, (c) minyak kedelai, (d) minyak	

kelapa sawit	60
Gambar 4.4 Penampang chip (geram) dari proses pemsinan, (a) tanpa pelumasan, (b) MQL (Minimum Quantity Lubrication)	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Magnesium	8
Tabel 2.2 Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra	26
Tabel 2.3 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya	27
Tabel 2.4 Nilai viskositas pelumas yang digunakan	34
Tabel 2.5 Spesifikasi minyak synthetic oil (SK Super Bearing 46)	35
Tabel 2.6 Viskositas berbagai zat cair/gas	36
Tabel 3.1 Rencana kegiatan penelitian	37
Tabel 3.2 Karakteristik fisik dan thermal paduan magnesium AZ31	40
Tabel 3.3. Spesifikasi mesin CNC Milling	41
Tabel 3.4. Spesifikasi alat minimum quantity lubrication	43
Tabel 3.5 spesifikasi surface tester	44
Tabel 3.6 Parameter pemotongan	48
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan Ra	53

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Magnesium dan paduannya adalah material yang mana semakin hari semakin banyak digunakan karena paduan magnesium mempunyai kelebihan dibandingkan dengan logam ringan lainnya. Magnesium termasuk unsur yang berlimpah di permukaan bumi, yang mana diperkirakan ada sekitar 2 % terdapat pada kulit bumi dan terlarut di dalam air laut dengan konsentrasi rata-rata 0,13%. Magnesium ditemukan dalam 60 jenis mineral, diantaranya yang utama adalah dalam bentuk dolomit, magnesit, dan carnalit, yang biasa dijadikan produk komersial (Ibrahim, 2014).

Paduan magnesium dan magnesium murni memiliki sifat yang ringan, mudah terbakar dan mudah bereaksi dengan logam lain. Magnesium tidak cukup kuat dalam bentuk yang murni, sehingga magnesium perlu dipadukan dengan berbagai elemen lain untuk mendapatkan sifat yang lebih baik, terutama kekuatan untuk rasio berat yang tinggi. Salah satu sifat magnesium yang paling dominan adalah sangat mudah beroksidasi dengan cepat (*pyrophoric*), sehingga adanya resiko kebakaran yang mungkin terjadi (Ibrahim, 2014). Beberapa penggunaan paduan magnesium yang banyak ditemukan adalah di bidang industri antara lain adalah di bidang otomotif, pembuatan pesawat terbang, elektronik (Padmanaban, 2011). Di antaranya adalah untuk melapisi bahan-bahan yang terbuat dari besi dan baja

sebagai bahan pelindung terhadap korosi, komponen elektronik karena magnesium mempunyai sifat penghantar yang baik (*good conductivity*). Salah satu penggunaan paduan magnesium yang digunakan bidang otomotif adalah sebagai bahan untuk blok mesin, yang memerlukan sifat ringan dan penghantar panas yang baik, tahan terhadap temperatur tinggi dan kekuatan yang baik menjadikannya banyak digunakan (Ibrahim, 2014).

Proses pemesinan frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan mata potong yang banyak dan mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Pada proses pemesinan, magnesium memiliki karakteristik pemotongan yang sangat baik dan menguntungkan seperti kekuatan potong spesifik yang rendah, potongan gram yang pendek, keausan pahat yang relatif rendah, kualitas permukaan yang baik serta dapat dipotong pada kecepatan pemotongan dan pemakanan yang tinggi. Untuk menurunkan suhu pemotongan pada proses pemesinan magnesium operator biasa menggunakan cairan pendingin (Ibrahim, dkk, 2014).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Budi (2014) yang berjudul “Pengaruh Metode Minimum Lubrication Keausan Pahat Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja AISI 4340” mendapatkan hasil bahwa penggunaan teknik tetesan dapat meningkatkan umur pahat dibandingkan teknik *wet* ataupun *dry* yaitu sebesar 20.05% dibanding teknik *dry*, dan 2.6% dibanding teknik *wet* serta kekasaran permukaan lebih rendah dibanding proses *dry*, dan *wet* dengan nilai kekasaran sebesar 37.8% dibanding teknik *dry* dan 22.8 % dibanding teknik *wet*. Penelitian yang dilakukan oleh Rieldho, dkk (2014) yang berjudul “Pengaruh Pemakaian

Minyak Kelapa Sawit Sebagai Bio Cutting Fluid Dengan Variasi Kecepatan Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Turning Dengan Variasi Putaran Mesin” mendapatkan nilai kekasaran permukaan sebesar 1,18 μm dengan menggunakan bio cutting fluid dan nilai kekasaran permukaan jika menggunakan cutting fluid sebesar 1,12 μm . Penelitian yang dilakukan oleh Bambang (2015) berjudul “Pengaruh Parameter Pemesinan Pada Proses Milling Dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 42” mengemukakan bahwa fluida udara dingin yang digunakan dalam pendinginan berpengaruh untuk menurunkan suhu proses pemesinan, dengan nilai kekasaran permukaan terendah adalah 0,9568 Ra dan tertinggi 2,6883 Ra.

Hasil penelitian yang telah diuraikan di atas menyimpulkan bahwa nilai kekasaran permukaan magnesium selain dipengaruhi oleh parameter pemotongan, di antaranya gerak makan (feed rate) dan kecepatan potong (cutting speed), juga dipengaruhi oleh suhu pemotongan. Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan analisa nilai kekasaran permukaan pada proses pemesinan frais menggunakan pelumasan berkuantitas minimum (MQL) pada Magnesium AZ31. Dengan menggunakan pelumasan berkuantitas minimum (MQL) pada proses pemesinan akan dapat mengurangi temperatur pemotongan sehingga mampu untuk mengurangi laju keausan pahat dan meningkatkan umur pahat (Budi, 2014 ; Rieldho, dkk 2014 ; Bambang, 2015).

1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang dimesin dengan pemesinan *CNC Milling* menggunakan pahat potong HSS pada paduan magnesium AZ31 dengan menggunakan metode *Minimum Quantity Lubrication* (MQL).
2. Mengetahui pengaruh penambahan pelumas dengan metode *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) terhadap nilai kekasaran permukaan.

1.3 Batasan Masalah

Agar pengerjaan dalam penelitian ini dapat lebih terarah, maka penulis membatasi ruang lingkup pembahasan pada:

1. Material yang diuji pada penelitian ini adalah paduan magnesium tipe AZ31.
2. Pahat yang dipakai pada penelitian ini adalah pahat HSS.
3. Mesin CNC Milling yang digunakan merk TIRAC FANUC serial no E00047/1
4. Metode pelumasan yang digunakan adalah teknik *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) menggunakan mesin jenis CHEN YING type CEN 01.
5. Pelumas yang digunakan syntetic oil, minyak kedelai merk Happy soya oil, dan minyak kelapa sawit merk Tropical.

1.4 Sistematika penulisan

Adapun Sistematika penulisan yang terdapat pada laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bab I. Pendahuluan yang menjelaskan secara garis besar latar belakang pentingnya pemesinan magnesium, tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini, batasan masalah pembahasan dan sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka yang berisikan teori mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian, yaitu: penjelasan material magnesium, pengertian magnesium, pemesinan magnesium, pemesinan kecepatan tinggi dengan teknik *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) dan analisa kekasaran pemotongan dalam proses pemesinan dengan teknik *Minimum Quantity Lubrication* (MQL).

Bab III. Metodologi Penelitian yang menerangkan tentang hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan, dan prosedur pengujian.

Bab IV. Data dan Pembahasan yang berisikan hasil dan pembahasan dari data-data yang diperoleh saat pengujian dilaksanakan.

Bab V. Penutup di mana pada bab ini berisikan hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian ini.

Daftar Pustaka yang berisikan referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

LAMPIRAN berisikan perlengkapan laporan penelitian.

BAB II. TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Magnesium dan Paduannya

Magnesium merupakan unsur kedelapan yang berlimpah dan merupakan sekitar 2% dari berat kerak bumi dan merupakan jenis unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut. Magnesium sangat melimpah di alam dan ditemukan dalam bentuk mineral penting di dalam bebatuan, seperti dolomit, magnetit, dan olivin. Unsur ini juga ditemukan dalam air laut, air asin bawah tanah dan lapisan asin. Amerika Serikat secara umum menjadi pemasok utamadunia logam ini. Amerika Serikat memasok sekitar 45% dari produksi dunia, bahkan padatahun 1995 Dolomit dan magnesit ditambang sampai sebatas 10 juta ton pertahun, di negara-negara seperti Cina, Turki, Korea Utara, Slowakia, Austria, Rusia dan Yunani.



Gambar 2.1 Magnesium dan rumus kimianya (Sumber: Wikipedia, 2014)

Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam (besi dan baja, logam nonferrous), kaca, dan semen. Dengan kepadatan hanya dua pertiga dari aluminium, magnesium memiliki banyak aplikasi dikarenakan berat dari magnesium yang ringan, seperti dalam konstruksi pesawat terbang dan rudal. Magnesium sendiri juga memiliki banyak kegunaan kimia dan sifat metalurgi yang baik, sehingga membuatnya sesuai untuk berbagai aplikasi non-struktural lainnya. Magnesium banyak digunakan dalam industri dan pertanian. Kegunaan lain meliputi: penghapusan bentuk belerang besi dan baja, pelat *photoengraved* dalam industri percetakan, mengurangi agen untuk produksi uranium murni dan logam lainnya dari garamnya, fotografi senter, flare, dan kembang api. Magnesium adalah unsur kimia dalam Tabel periodik yang memiliki symbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31.

Logam alkali tanah ini banyak digunakan sebagai zat campuran (alloy) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium". Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan yang memiliki karakteristik sama dengan aluminium tetapi magnesium memiliki titik cair yang lebih rendah dari pada aluminium. Seperti pada aluminium, magnesium juga sangat mudah bersenyawa dengan udara (Oksigen). Perbedaan aluminium dan magnesium ialah magnesium memiliki permukaan yang keropos yang disebabkan oleh serangan kelembaban udara karena *oxid film* yang terbentuk pada permukaan magnesium ini hanya mampu melindunginya dari udara yang kering. Unsur air dan garam pada kelembaban udara sangat mempengaruhi ketahanan lapisan *oxid* pada magnesium dalam melindunginya dari gangguan korosi. Untuk itu benda kerja yang menggunakan bahan magnesium ini diperlukan lapisan

tambahan perlindungan seperti cat atau meni. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam-logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nikel yaitu pada sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada didalam kisi *hexagonal* sehingga tidak mudah terjadi slip. Disamping itu, presentase perpanjangannya hanya mencapai 5 % dan hanya mungkin dicapai melalui pengerjaan panas (Kausar, 2014).

2.1.1 Sifat Fisik Magnesium

Sifat fisik magnesium memiliki titik cair yang lebih rendah dari logam lainnya yaitu 922 K. Sifat fisik magnesium ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Magnesium

Sifat Fisik	Magnesium Paduan
Titik cair, K	922 K
Titik didih, K	1380 K
Energi ionisasi 1	738 kJ/mol
Energi ionisasi 11	1450 kJ/mol
Kerapatan massa (ρ)	1,74 g/cm ³
Jari-jari atom	1,60 A
Kapasitas panas	1,02 J/gK
Potensial ionisasi	7,646 Volt
Konduktivitas kalor	156 W/mK
Entalpi penguapan	127,6 kJ/mol
Entalpi pembentukan	8,95 kJ/mol

Sumber : www.efunda.com

2.1.2 Sifat mekanik Magnesium

Rapat massa magnesium adalah 1,738 gram/cm³. Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110 N/mm² dalam bentuk hasil pengecoran (*casting*) (Hardi, 2008).

2.1.3 Magnesium paduan tempa (*Wrought Alloys*)

Magnesium paduan tempa dikelompokkan menurut kadar serta jenis unsur paduannya yaitu : (Ghani, 2011)

1. Magnesium dengan 1,5 % Manganese
2. Paduan dengan aluminium, seng serta manganese
3. Paduan dengan zirconium (paduan jenis ini mengandung kadar seng yang tinggi sehingga dapat dilakukan proses perlakuan panas.
4. Paduan dengan Seng, zirconium dan thorium (*creep resisting-alloys*)

2.1.4 Penandaan paduan magnesium

Paduan Magnesium ditetapkan sebagai berikut (Ghani, 2011):

1. Satu atau dua huruf awalan, menunjukkan elemen paduan utama.
2. Dua atau tiga angka, menunjukkan persentase unsur paduan utama dan dibulatkan ke desimal terdekat.
3. Huruf abjad (kecuali huruf I dan O) menunjukkan standar paduan dengan variasi kecil dalam komposisi.
4. Simbol untuk sifat material, mengikuti sistem yang digunakan untuk paduan aluminium

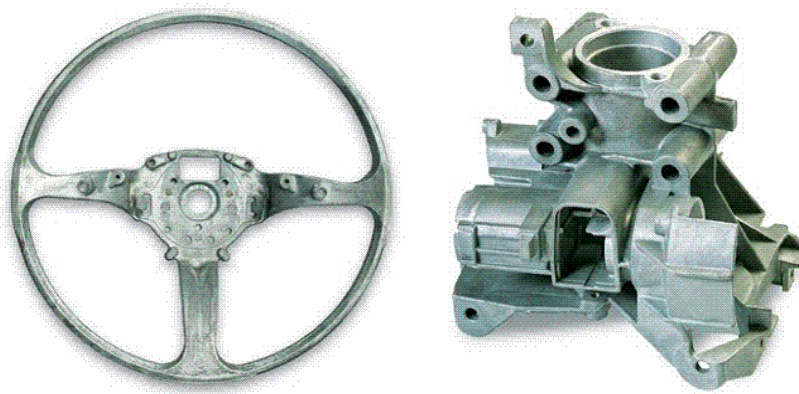
5. Sebagai contoh, ambil paduan AZ31: Unsur-unsur paduan utama adalah aluminium (Al sebesar 3,5%, dibulatkan) dan seng (Zn sebesar 1,3%).



Gambar 2.2 Paduan Magnesium AZ31

2.1.5 Aplikasi Magnesium paduan

Magnesium yang dicor dan dibentuk dengan cetakan pasir (*Sand-Cast*) banyak digunakan dalam pembuatan block-block mesin pada motor bakar, sedangkan magnesium yang dibentuk dengan *Pressure Die-Casting* banyak digunakan dalam pembuatan peralatan rumah tangga dan perlengkapan kantor. Magnesium cor tempa dibentuk dengan cara ekstrusi dan digunakan sebagai *trap* dan *relling* tangga. Magnesium paduan juga digunakan dalam teknologi nuklir sebagai tabung Uranium dimana Magnesium sangat rendah dalam penyerapan Neutron pada penampang lintang (Hardi,2008). Pada industri otomotif penggunaan paduan magnesium biasanya berada dibagian depan dimana posisi mesin berada. Pengurangan berat di wilayah depan dapat membantu meningkatkan performa dan kesetimbangan berat.



Gambar 2.3 Komponen yang terbuat dari paduan magnesium
(sumber : <http://infoletters.blogspot.co.id>)

Walaupun begitu banyak penggunaan paduan magnesium secara komersil namun tidak semua paduan magnesium dapat diterapkan pada aplikasi-aplikasi kritis karena beberapa hal: (Anonim, 2011)

- a. Terbatasnya sifat mampu cor material magnesium pada temperatur tinggi.
- b. Terbatasnya sifat mekanik pada temperatur di atas 120 °C.
- c. Mudah terjadi korosi galvanik ketika kontak dengan material metal yang lain.

Dalam bidang kedokteran penggunaan logam ringan Magnesium merupakan implant ideal bagi penyembuhan patah tulang. Namun dalam jangka waktu tertentu, implant logam yang merupakan benda asing dalam tubuh itu, harus diangkat kembali. Jika tidak, benda asing itu akan tumbuh terus bersama tulang dan jaringan ototnya (<http://www.dw.com/>, 2012)



Gambar 2.4 penggunaan magnesium dibidang kedokteran
(sumber : <http://www.dw.com/>)

2.1.6 Manfaat Magnesium

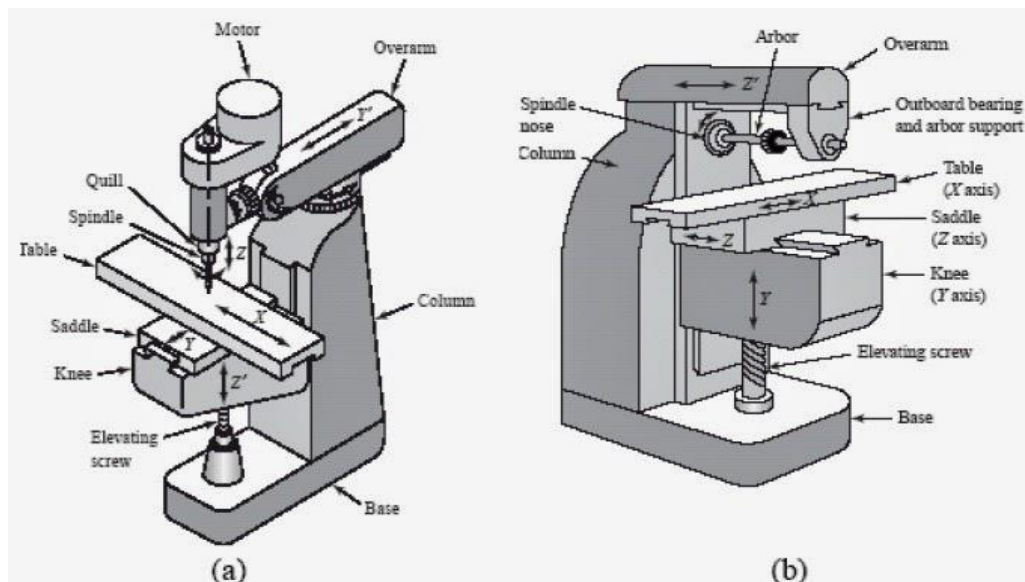
Manfaat dari penggunaan magnesium adalah (Ghani,2011):

- a. Magnesium dapat digunakan untuk memberi warna putih terang pada kembangapi dan pada lampu blitz
- b. Senyawa MgO dapat digunakan untuk melapisi tungku, karena senyawa MgO memiliki titik leleh yang tinggi
- c. Senyawa magnesi hidoksida diguakan dalam pasta gigi untuk mengurangi asam yang terdapat di mulut dan mencegah terjadinya kerusakan gigi, sekaligus sebagai pancegah maag
- d. Membuat campuran logam semakin kuat dan ringan sehingga biasa digunakan pada alat-alat rumah tangga
- e. Campuran logam magnesium (10%) dan aluminium (90%) atau yang sering disebutmagnalium dapat digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang karena perpaduanini kuat dan ringan, rudal, dan bak truk.

- f. Magnesium dipakai untuk membuat kembang api dan lampu penerangan pada fotografi(blitz).
- g. MgO, dapat digunakan sebagai bata tahan panas/api untuk melapisi tanur dan tempat pembakaran semen.

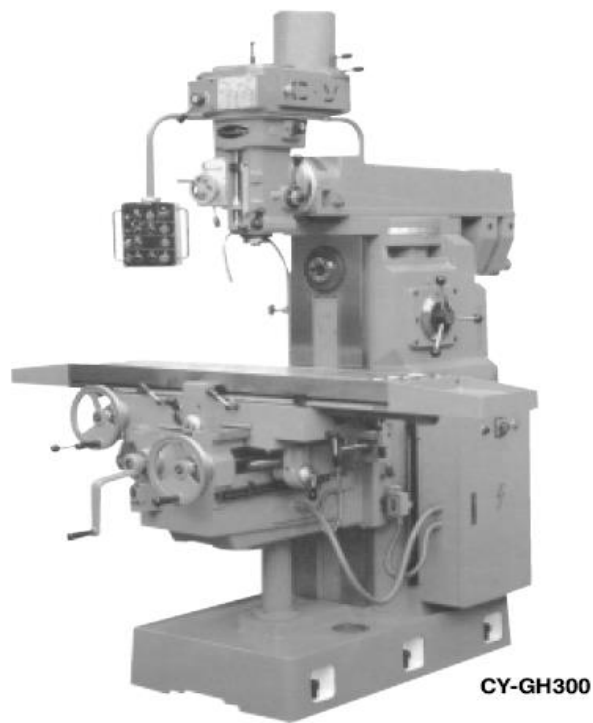
2.2 Proses Frais (*Milling*)

Proses pemesinan frais (milling) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan mata potong yang banyak dan mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin (Gambar 2.2) yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pisau, dan penyayatannya disebut mesin frais (*milling machine*) (Dwi, 2010).



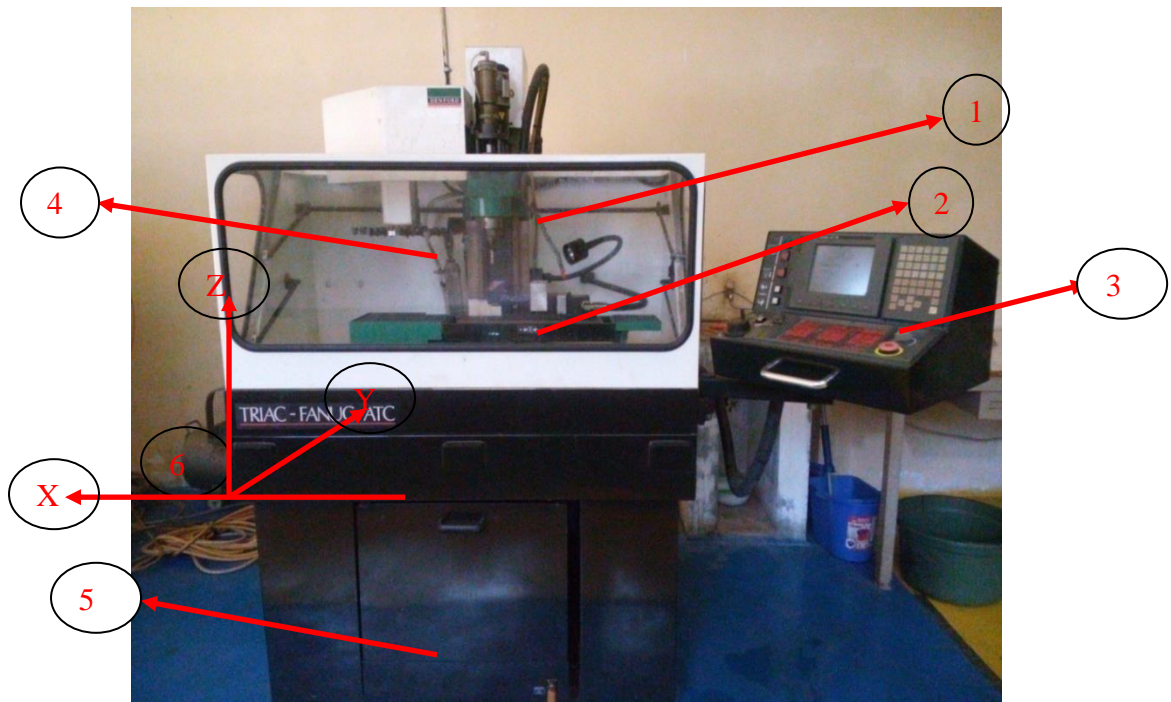
Gambar 2.5 Skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) Mesin Frais vertical tipe column and knee, dan (b) Mesin Frais horizontal tipe column and knee. (Sumber: Dwi,2015)

Mesin frais (Gambar 2.4) ada yang dikendalikan secara mekanis (konvensional manual) dan dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual ada biasanya spindelnya ada dua macam yaitu horisontal dan vertikal. Sedangkan mesin frais dengan kendali CNC hampir semuanya adalah mesin frais vertikal.



Gambar 2.6. Mesin frais turret vertikal horizontal (sumber: Dwi, 2010)

Selain mesin frais manual, pada saat ini telah dibuat mesin frais dengan berbagai jenis yang sama dengan mesin konvensional tetapi menggunakan kendali CNC (*Compyter Numerically Controlled*) (Dwi, 2010). Mesin CNC Frais (*Milling*) beserta bagian-bagiannya dapat kita lihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.7 Komponen utama mesin CNC Frais (*Milling*). (*google.com*)

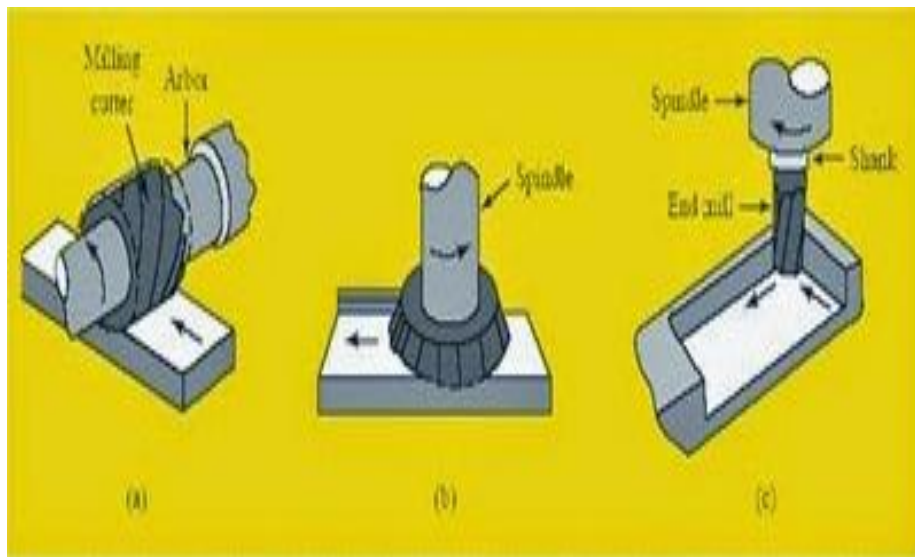
Keterangan Gambar :

1. Spindle: Bagian dimana cutter terpasang. Spindle ini berfungsi memutar cutter yang nantinya akan membentuk benda kerja sesuai dengan bentuk yang kita harapkan.
2. Table: Tempat untuk benda kerja yang akan diproses
3. Control Panel: Panel kontrol tempat dimana operator mengontrol gerakan mesin
4. Kaca : Tempat untuk melihat benda kerja saat proses pemesinan berlangsung
5. Tempat penampungan chip : Dimana chip dari proses pemesinan akan ditampung dalam tempat penampungan
6. Axis X Y Z: Axis X Y Z merupakan sumbu dari arah gerak mesin, ada juga axis A, B, C yaitu merupakan rotary axis yang memutar sumbu axis X Y Z

Mesin CNC adalah termasuk mesin yang menggunakan sistem *close-loop*. Apabila terdapat kesalahan error pada mesin, baik dari program yang dimasukkan ataupun dari sistem electricalnya mesin akan mengeluarkan *alarm code*/lampu indikator, dan proses yang sedang berjalan akan di *paused*. Cara yang digunakan untuk mengetahui kesalahan yang terjadi pada mesin dengan melihat alarm codenya dan mencocokkan alarm code yang terdapat di manual book sistem CNC tersebut, baik fanuc, okuma dan merk-merk CNC lainnya tergantung sistem yang kita gunakan (Dito, 2015).

2.2.1 Klasifikasi Proses Frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pisau, arah penyayatan, dan posisi relatif pisau terhadap benda kerja (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Tiga klasifikasi proses frais : (a) Frais periperal (*slab milling*), (b) frais muka (*face milling*), dan (c) frais jari (*end milling*). (Sumber: Dwi, 2010)

a. Frais Periperal (*Slab Milling*)

Proses frais ini disebut juga *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pisau yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pisau biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

b. Frais Muka (*Face Milling*)

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

c. Frais Jari (*End Milling*)

Pisau pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pisau dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pisau terletak pada selubung pisau dan ujung badan pisau.

2.2.2 Parameter yang dapat diatur pada mesin frais

Maksud dari parameter yang dapat diatur adalah parameter yang dapat langsung diatur oleh operator mesin pada saat mengoperasikan mesin frais. Seperti pada mesin bubut, maka parameter yang dimaksud adalah putaran spindel (n), gerak makan(f), dan kedalaman potong (a). Putaran spindel bisa langsung diatur dengan cara mengubah posisi handel pengatur putaran mesin. Gerak makan bisa diatur dengan cara mengatur handel gerak makan sesuai dengan Tabel f yang ada di mesin. Gerak makan ini pada proses frais ada dua

macam yaitu gerak makan bergigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran). Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pahat. Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong. Kecepatan potong sendiri ditentukan oleh kombinasi material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses frais besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat.

Rumus kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.1)$$

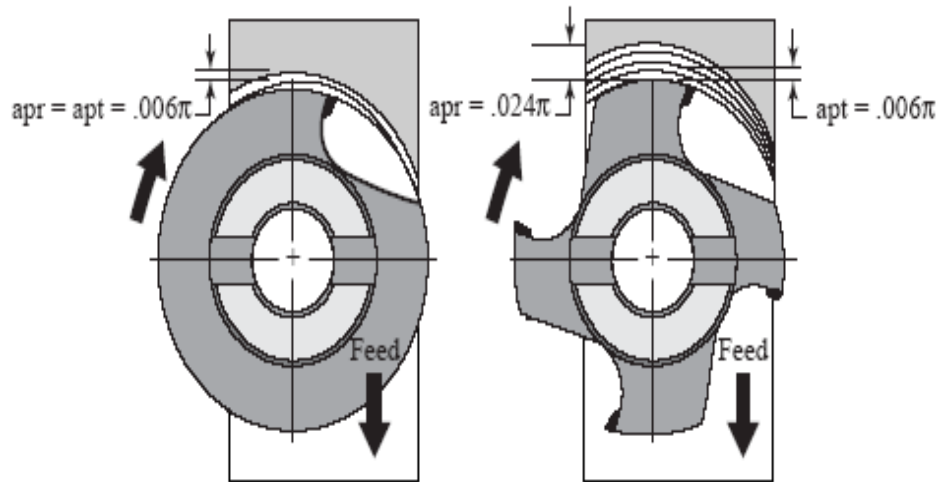
Dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

d = diameter pahat; mm

n = putaran spindel; putaran/menit

Setelah kecepatan potong diketahui, maka gerak makan harus ditentukan juga. Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pahat dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang digunakan adalah mm/menit. Kedalaman potong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan.

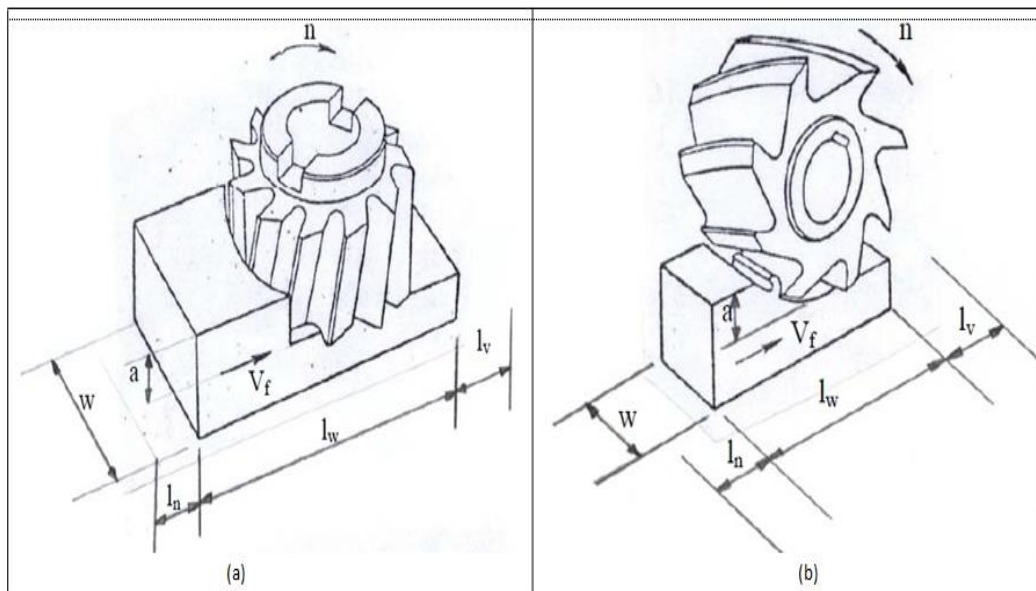


Gambar 2.9 Gambar jalur pahat dari pahat frais menunjukkan perbedaan antara gerak makan per gigi (ft) dan gerak makan per putaran (fr).
(Sumber: Dwi, 2010)

2.2.3 Elemen Dasar Proses Frais

Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut.

Elemen diturunkan berdasarkan rumus dan pada Gambar 2.10 berikut :



Gambar 2.10 (a) Skematis proses frais vertical, (b) skematis proses frais horizontal

Keterangan :

Benda kerja :

w = lebar pemotongan; mm

l_w = panjang pemotongan ; mm

$l_t = l_v + l_w + l_n$; mm

a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais :

d = diameter luar ; mm

z = jumlah gigi (mata potong)

χ_r = sudut potong utama (90°) untuk pahat frais selubung)

Mesin frais :

n = putaran poros utama ; rpm

v_f = kecepatan makan ; mm/putaran

1) Kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi dn}{1000}; \text{ m/menit} \quad 2.2$$

2) Gerak makan per gigi :

$$fz = \frac{vf}{z.n}; \text{ mm/menit} \quad 2.3$$

3) Waktu pemotongan :

$$tc = \frac{lt}{vf}; \text{ menit} \quad 2.4$$

4) Kecepatan penghasilan beram :

$$Z = \frac{vf.a.w}{1000}; \text{ cm}^3/\text{menit} \quad 2.5$$

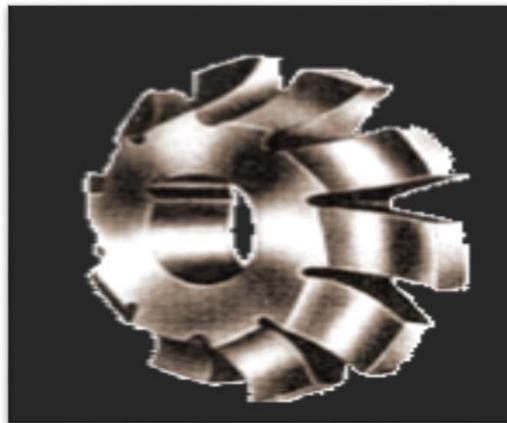
Rumus-rumus tersebut di atas yang digunakan untuk perencanaan proses frais. Proses frais bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya (Rahdiyanta.2010).

2.2.4 Bahan Pahat Mesin Frais

Jenis bahan pahat mesin frais CNC *Milling* (Singgih, 2014):

1. Unalloyed tool steel

Baja perkakas bukan paduan dengan kadar karbon 0,5 – 1,5% kekerasannya akan hilang jika suhu kerja mencapai 250°C, oleh karena itu material ini tidak cocok untuk kecepatan potong tinggi.



Gambar 2.11 Mata pahat potong Unalloyed tool steel

2. Alloy tool steel

Baja perkakas paduan yang mengandung karbon Cromium, vanadium dan molybdenum. Baja ini terdiri dari baja paduan tinggi dan paduan rendah. HSS (High Speed Steel) adalah baja paduan tinggi yang tahan terhadap keausan sampai suhu 600° C.



Gambar 2.12 Macam-macam mata pahat potong alloy tool steel
(Sumber: <http://www.silom.co.uk/php/products.php?categoryid=1265>)

3. Cemented Carbide

Susunan bahan ini terdiri dari tungsten atau molybdenum, cobalt serta carbon. Cemented Carbide biasanya dibuat dalam bentuk tip yang dibaut pada holdernya (pemegang cutter). Pada suhu 900°C bahan ini masih mampu memotong dengan baik, cemented carbide sangat cocok untuk proses pengefraisan dengan kecepatan tinggi. Dengan demikian waktu pemotongan dapat lebih cepat dan putaran yang tinggi pada umumnya dapat menghasilkan kualitas permukaan yang halus.



Gambar 2.13 Macam-macam mata pahat potong Cemented Carbide (<http://cemented-carbide.com/cemented-carbide-wear-resistant-tools.html>)

2.3 Pemesinan Magnesium

Hal-hal yang perlu dihindari dalam pemesinan magnesium yaitu resiko kebakaran dan pembentukan *Built-up Edge* (BUE). Magnesium dapat terbakar jika proses pemesinan mencapai suhu lelehnya. Dalam pemesinan magnesium, api sangat mungkin terjadi jika geram tipis atau halus dengan perbandingan luas permukaan terhadap volume yang tinggi dihasilkan dan dibiarkan menumpuk. Sumber penyalaan mungkin juga pemanasan gesekan disebabkan pahat tumpul,

rusak, diasah secara salah atau dibiarkan berhenti sebentar pada akhir pemotongan. Untuk meminimumkan resiko kebakaran, praktek-praktek berikut harus diperhatikan:

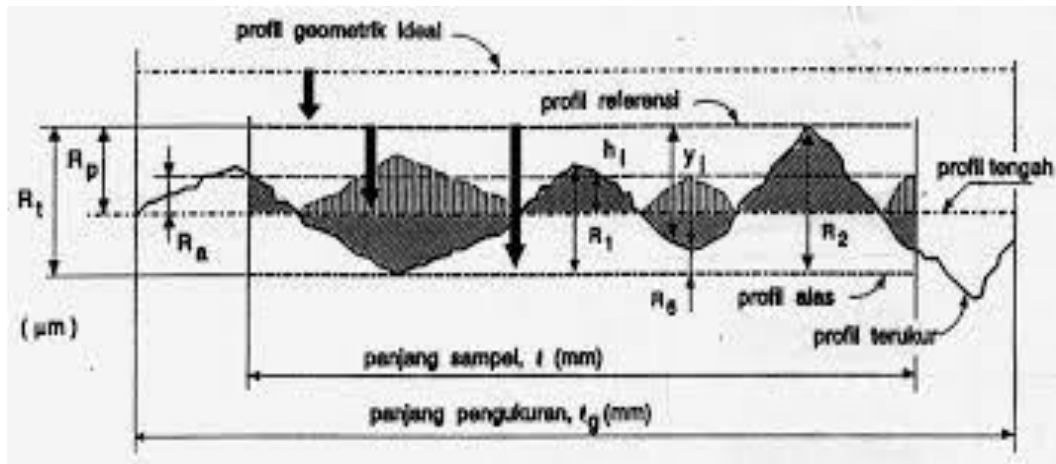
- a. Pahat yang tajam dengan sudut relief sebesar mungkin.
- b. Kecepatan makan yang besar harus digunakan.
- c. Secepatnya pahat dijauhkan dari benda kerja jika pemotongan berakhir
- d. Geram-geram harus sering dikumpulkan dan dibuang.
- e. Menggunakan pendingin yang tepat pada pemesinan kecepatan makan dan kedalaman potong sangat kecil.

Pembentukan magnesium dengan pemesinan sering kali memerlukan perhatian yang khusus, karena pada akhir pemotongan sering kali terjadi kegosongan (hangus) yang mengakibatkan sisa pemotongan menjadi mudah terbakar, hal ini disebabkan oleh terjadinya gesekan selama pemotongan, untuk itu ketajaman alat potong ini harus diperhatikan, serta menyediakan peralatan pemadam kebakaran yang sesuai yaitu *dry-fire extinguisher* (Ansyori, 2015). Sekarang ini pendingin berbasis air yang menghasilkan sedikit hidrogen ketika bereaksi dengan magnesium telah digunakan dalam produksi. Dilaporkan juga pendingin ini dapat meningkatkan umur pahat dan mengurangi resiko kebakaran dibandingkan pemesinan kering. Namun masalah pembuangan limbah cairan pendingin tetap menjadi masalah. Bila dibuang begitu saja jelas dapat mencemari lingkungan. Sebaliknya bila limbah diolah sebelum dibuang jelas akan memerlukan biaya yang cukup besar (Chemical, 1982).

2.4 Kekasaran Permukaan

Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor/peraba (*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (*traversing length*). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel. Pada Gambar 2.13 ditunjukkan bentuk profil sesungguhnya dengan beberapa keterangan lain, seperti :

- a. Profil geometric ideal adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur
- b. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur
- c. Profil referensi/puncak/acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidak teraturan bentuk permukaan
- d. Profil alas adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung terendah
- e. Profil tengah merupakan garis yang berada ditengah-tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam.



Gambar 2.14 Bentuk profil kekasaran permukaan (degeshouse.blogspot.com)

Dari Gambar di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter kekasaran permukaan, yaitu : (Yunus, 2012)

- Kekasaran total (R_t) merupakan jarak antara garis referensi dengan garis alas.
- Kekasaran perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata antara garis referensi dengan garis terukur.
- Kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) merupakan nilai rata-rata aritmatik antara garis tengah dan garis terukur.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l h(x) dx \quad \text{..... 2.6}$$

- Kekasaran rata-rata kuadrat (root mean square height), $R_q(\mu m)$ adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l h^2(x) dx} \quad \text{..... 2.7}$$

- Kekasaran total rata-rata, $R_z(\mu m)$ merupakan jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas keprofil terukur pada lima lembah terendah.

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 [h_{p_i} - h_{v_i}] \quad \text{..... 2.8}$$

Parameter kekasaran yang dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata-rata (Ra). Harga Ra lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Toleransi harga Ra, sama seperti toleransi ukuran (lubang dan poros) harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Harga toleransi kekasaran Ra ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra (Saputro,dkk. 2014)

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $N_{+20\%}^{-25\%}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 - 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 - 0.08	
N3	4	0.1	0.08 - 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 - 0.3	
N5	16	0.4	0.3 - 0.6	
N6	32	0.8	0.6 - 1.2	
N7	63	1.6	1.2 - 2.4	
N8	125	3.2	2.4 - 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 - 9.6	
N10	500	12.5	9.6 - 18.75	2.5
N11	1000	25.0	18.75 - 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 - 75.0	8

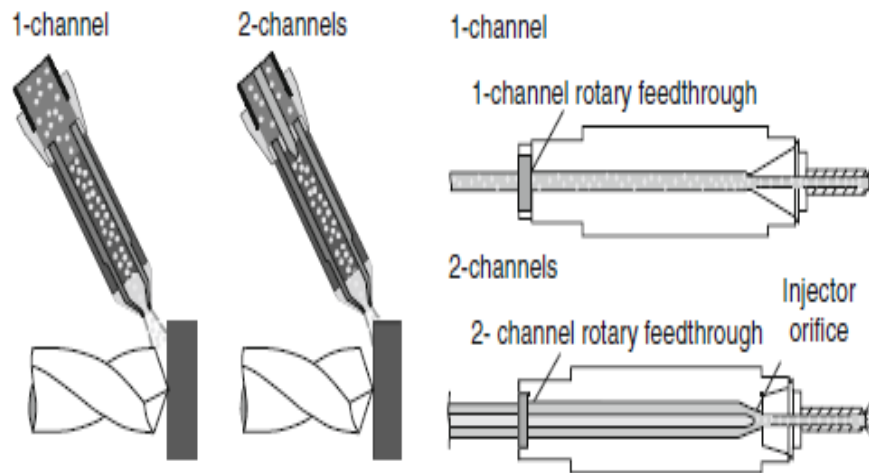
Toleransi harga kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Tabel 2.3 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel 2.3 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut pros pengerjaannya (Saputro,dkk.2014)

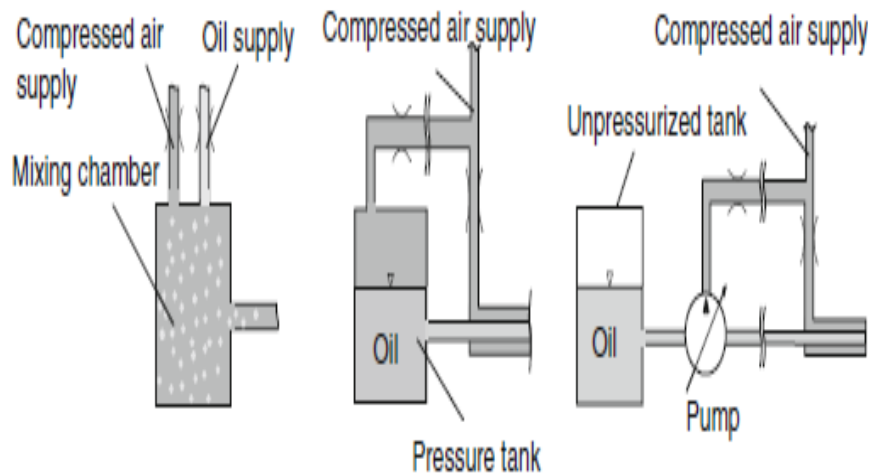
Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R _a
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	N ₁ – N ₄ N ₁ – N ₆	0.025 – 0.2 0.025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding Finishing</i>	N ₁ – N ₈ N ₄ – N ₈	0.025 – 3.2 0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming Drilling</i>	N ₅ – N ₁₂ N ₇ – N ₁₀	0.4 – 50.0 1.6 – 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling Sandcasting and forging</i>	N ₆ – N ₁₂ N ₁₀ – N ₁₁	0.8 – 50.0 12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing Die casting</i>	N ₆ – N ₈ N ₆ – N ₇	0.8 – 3.2 0.8 – 1.6

2.5 MQL (*Minimum Quantity Lubrication*)

MQL dapat didefinisikan sebagai media suplai pelumasan dalam bentuk aerosol (Klocke, Manufacturing Processes 1, 2011). MQL adalah teknologi terbaru dalam pemesinan yang berguna untuk mendapatkan keunggulan dalam keselamatan lingkungan dan ekonomi, dengan mengurangi penggunaan coolant lubricant dalam pemesinan. Dalam MQL, sejumlah kecil aliran lubricant digunakan dengan debit 50-500 ml/h (Dhar, Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel, 2005). Metoda suplai di MQL ada dua macam, yaitu External MQL supply dan Internal MQL supply (Gambar 2.16). Sedangkan sistem suplai MQL ditunjukkan pada Gambar 2.17 (K. Weinert, 2004)



Gambar 2.15 Eksternal MQL supply dan Internal MQL supply (Klocke, Manufacturing Processes 1, 2011)



Gambar 2.16 Sistem suplai MQL (Klocke, Manufacturing Processes 1, 2011)

Pelumas kuantitas minimum merupakan penggunaan cairan pemotongan dengan kuantitas yang lebih kecil yaitu sekitar sepuluh seperseribu jumlah cairan pemotongan yang digunakan dalam pendinginan mesin (Machado dan Wallbank, 1997) dan (Rahman et al., 2001). MQL mengandung campuran udara bertekanan dan tetesan mikro minyak yang ditembakkan langsung antara alat dan chip. Namun, pertanyaan tentang bagaimana pelumas dapat menurunkan gesekan di

bawah suhu yang sangat tinggi dan beban masih belum terjawab terutama untuk proses pemesinan yang lama. Pemesinan dengan MQL hampir sama atau sering lebih baik dari pemesinan basah secara tradisional dan permukaan akhir ketika memotong baja dan aluminium paduan (Kamata dan Obikawa, 2007).

MQL umumnya menggunakan minyak sayur atau minyak ester sebagai cairan pemotongan. Minyak ini memiliki performa tinggi sehingga dapat memberikan pelumasan yang baik dan sifat larut yang alami. Selain itu jenis minyak ini ramah lingkungan. Banyak keuntungan yang didapatkan dari penggunaan MQL dan pengurangan konsumsi minyak pemotong. Diantaranya memperbaiki lingkungan pabrik, peningkatan dalam daur ulang chip, pengurangan konsumsi listrik, peningkatan umur alat, ramah lingkungan, dan menurunkan pemeliharaan mesin karena kontaminasi oleh pendingin.

Dalam bidang manufaktur konvensional komponen yang diproduksi secara massal seperti suku cadang otomotif (mesin, transmisi, rem, dll), dalam volume besar cairan pemotong (pendingin) digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan akurasi mesin. Belakangan ini, efek negatif dari cairan pemotongan atas orang-orang dan lingkungan telah menjadi masalah serius sehingga pengurangan pendingin sangat diperlukan (Nilesh, dkk. 2012).

2.5.1 Jenis-jenis sistem MQL

a. Internal Minimal Quantity Lubrication (MQL)

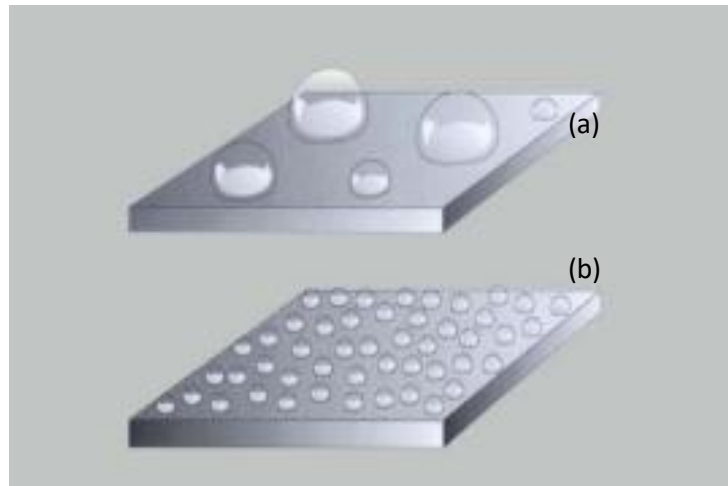
Aerosol dihasilkan pada penampung alat MQL dan diumpankan melalui poros berputar atau menara untuk alat. Dengan pengaturan kuantitas optimal minyak yang digunakan tanpa residu yang tersisa.

b. External Minimal Quantity Lubrication (MQL)

Minyak/aliran udara yang konsentris dihasilkan dari rancangan khusus membuat jet dapat meluas dan menyebabkan aerosol disemprotkan pada titik yang tepat. Sehingga kontaminasi lingkungan dengan kelebihan aerosol berhasil dicegah (Nilesh, dkk. 2012).

2.5.2 Cara kerja Aerosol

Aerosol dengan ukuran partikel yang homogen $0,5\mu\text{m}$ dihasilkan oleh reservoir dari pelumas dan udara yang terkompresi pada sistem nozzle. Dengan ukuran partikel kecil, aerosol dapat melewati spindle berputar pusat mesin atau melalui saluran berkelok-kelok. Di samping tingginya tingkat pembasahan permukaan, partikel pelumas yang sangat halus dapat menjangkau bagian yang tidak terlihat atau bagian tersembunyi dari benda kerja, transfer panas dari chip ke alat dan benda kerja dapat dikurangi, pelumasan yang optimal selamat pembuangan chip tak hanya memungkinkan kecepatan mesin lebih tinggi tetapi menghasilkan permukaan akhir benda kerja yang jauh lebih baik.



Gambar 2.17 (a) Proses konvensional pembasahan tidak merata pada benda kerja karena atomisasi tidak terkendali dari tetesan air/minyak pada nozzle. (b) tetesan membasahi benda kerja secara merata karena jauh lebih kecil, butiran air/minyak homogen. (Sumber : SKF LubriLean, 2014)

2.6 Tribologi

Tribologi adalah aspek yang berkenaan dengan gesekan, aus dan pelumasan. Secara prinsip, pelumasan berfungsi untuk mencegah keausan yang disebabkan oleh gesekan antar benda yang bergerak relatif. Disamping fungsi pelumas di atas, kegunaan yang lain adalah untuk mengurangi gesekan, sebagai seal kompresi, mengurangi noise, sebagai media pendingin komponen mesin, mengurangi karat, serta menjaga benda agar tetap bersih (syafa'at, 2008).

Karena tribologi dan gesekan tidak bisa dipisahkan, penting untuk menelusuri sejarah manusia modern mencoba membedah fenomena gesekan. Biasanya gaya gesek dalam sistem pelumasan di tribologi digambarkan sebagai fungsi dari satu atau lebih parameter operasional. Daerah pelumasan terbagi dalam 3 bagian. Yaitu: *(Elasto) Hydrodynamic Lubrication ((E)HL)*; *Boundary Lubrication (BL)*; *Mixed Lubrication (ML)*. Uraian berikut ini akan membahas tentang ketiga daerah

tersebut berdasar hasil penemuan Stribeck dan pengembangan oleh peneliti lainnya.

1. ***(Elasto) Hydrodynamic Lubrication ((E)HL)***

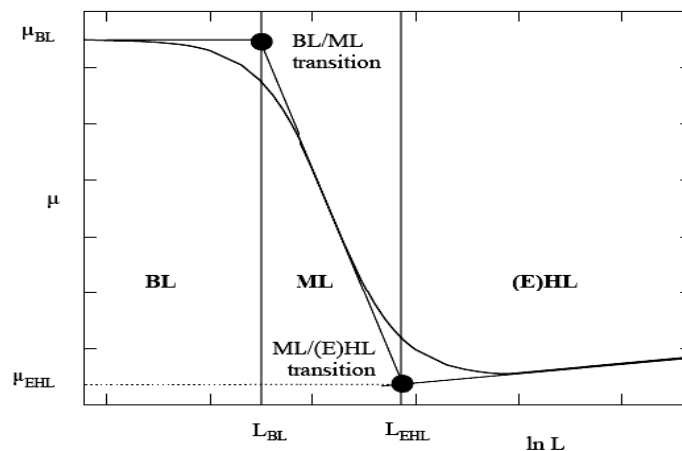
Di daerah ini tidak ada kontak antar permukaan. Beban yang ada ditahan semuanya oleh lapisan pelumas diantara dua permukaan yang bersinggungan. Koefisien gesek (μ) bernilai 0,01.

2. ***Boundary Lubrication (BL)***

Pada daerah ini terjadi kontak fisik antara permukaan yang saling berinteraksi. Beban yang ada ditanggung oleh puncak dari kekasaran permukaan atau asperiti yang saling bersinggungan. Koefisien gesek di rejim BL dengan besaran $0.1 < \mu < 0.3$. Pada daerah ini aus akan terjadi.

3. ***Mixed Lubrication (ML)***

Mixed Lubrication adalah daerah yang terletak antara *Boundary Lubrication* BL dan *(Elasto) Hydrodynamic Lubrication* (E) HL. Beban kontak ditanggung sebagian oleh pelumas dan sebagian lagi oleh interaksi puncak kekasaran permukaan. Besaran koefisien gesek yaitu $0,01 < \mu < 0,1$.



Gambar 2.18 Generalisasi kurva stribeck

2.7 Pelumasan

Pelumas adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Pada dasarnya yang menjadi tugas pokok pelumas adalah mencegah atau mengurangi keausan sebagai akibat dari kontak langsung antara permukaan logam yang satu dengan permukaan logam lain terus menerus bergerak.

Adapun fungsi dari minyak pelumasan antara lain:

1. Mengurangi gesekan dan keausan

Mengurangi gesekan dan keausan dilakukan dengan memberikan lapisan (*film*) untuk menghindari kontak langsung bagian-bagian mesin yang saling bergesekan sehingga melindungi permukaan logam yang bersinggungan baik yang meluncur atau yang menggelinding dari keausan.

2. Memindahkan panas

Panas yang timbul akibat pergesekan seperti pada bantalan-bantalan atau roda gigi dapat dipindahkan oleh minyak pelumas asalkan terjadi aliran minyak yang mencukupi. Demikian juga panas yang terjadi akibat dari pembakaran, di samping itu minyak pelumas juga mendinginkan panas akibat gesekan. Panas yang diserap akan mengakibatkan turunnya viscositas minyak pelumas.

3. Melindungi sistem

Bahan pelumas juga dapat melindungi sistem dari getaran yang terjadi dengan cara meredam getaran dan kejutan pada sambungan karena gerakan tenaga yang selalu berubah mengingat arti pentingnya minyak pelumas bagi daya tahan mesin, maka sebelum memilih minyak pelumas ada baiknya lebih dulu mengetahui kualitas minyak pelumas tersebut sehingga dapat mencegah penggunaan minyak pelumas yang tidak sesuai dengan spesifikasi mesin.

Tabel 2.4 Nilai viskositas pelumas yang digunakan (Priyahapsara, 2016)

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Jenis pelumas	
			Kedelai	Kelapa Sawit
1	Viskositas Kinematis (40 ⁰ C)	mm ² /s	31,68	40,17
2	Viskositas Kinematis (100 ⁰ C)	mm ² /s	7,763	8,577
3	Index Viskositas		166,8	155,2
4	<i>Flash Point</i> COC	⁰ c	*)	*)

*) Sampai dengan 320 0C belum terjadi flash point dan sampel berasap (Priyahapsara, 2016)

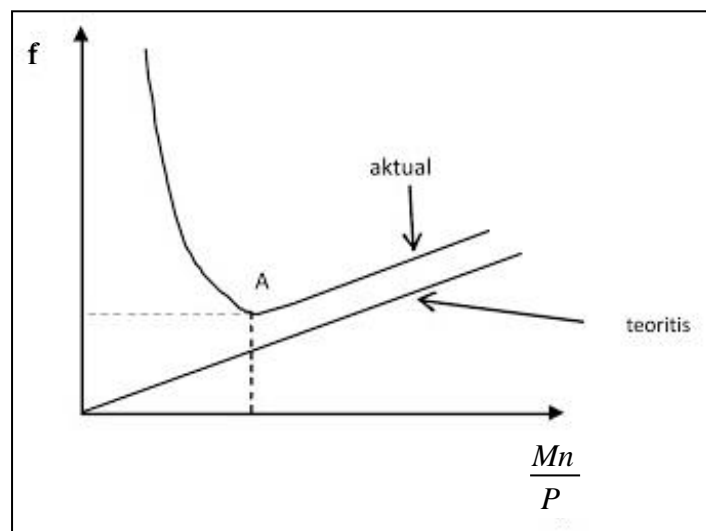
Tabel 2.5 Spesifikasi minyak synthetic oil (SK Super *Bearing* 46)

Titik didih awal dan rentang didih	300 ~ 580 °C
Titik nyala (<i>Flash point</i>)	Lebih dari 210 °C
Kepadatan uap	Lebih dari 5
Berat jenis (<i>Specivic grafity</i>)	0,875 (Air = 1) 15 °C
Keofisien partisi (n-octanol/air)	log Pow = 3.9 ~ 6
Suhu pengapian Otomatis	Sekitar 260~371°C
Viskositas	Sekitar 41-50 cSt at 40°C

(https://www.skzic.com/kor/service/Pds/msds_down.asp?intno=579)

2.8 Gaya Gesek

Dibawah ini adalah perbandingan koefisien gesek dengan viskositas pelumasan secara aktual dan teoritis.



Gambar 2.20 Grafik perbandingan koefisien gesek dengan viskositas pelumasan secara aktual dan teoritis

Dari gambar dapat dilihat bahwa adanya penyimpangan antara perbandingan koefisien gesek dengan viskositas pelumasan secara aktual dan teoritis. Secara

teoritis, besar gaya gesek harus didukung dengan penambahan kekentalan dari pelumasan agar perbandingan selalu berimbang. Namun pada kenyataannya, gaya gesek akan berkurang seiring dengan bertambahnya viskositas sampai pada titik tertentu (titik A) hingga akhirnya menyamai perbandingan teoritis. Di sinilah terlihat bahwa secara aktual, ada keadaan stabil dan tidak stabil. Keadaan tidak stabil adalah penyimpangan sebelum mencapai titik A dan keadaan stabil ketika melewati titik A (Sugiarto, 2011).

Arah pelumasan ada dua, yaitu:

- Radial, yaitu arah pelumasan yang tegak lurus dengan sumbu poros.
- Aksial, yaitu arah pelumasan yang sejajar dengan sumbu poros.

Tabel 2.6 Viskositas berbagai zat cair/gas

Nama Zat	Viskositas dalam $\text{N/m}^2 \times 10^3$
Eter	0,23
Metil Alkohol	0,59
Benzene	0,65
Air (00C)	1,01
Air (1000C)	0,3
Etil Alkohol	1,19
Minya Motor	40
Hidrogen	0,009
Udara	0,019
Glyserin	8,5
Raksa	1,59

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

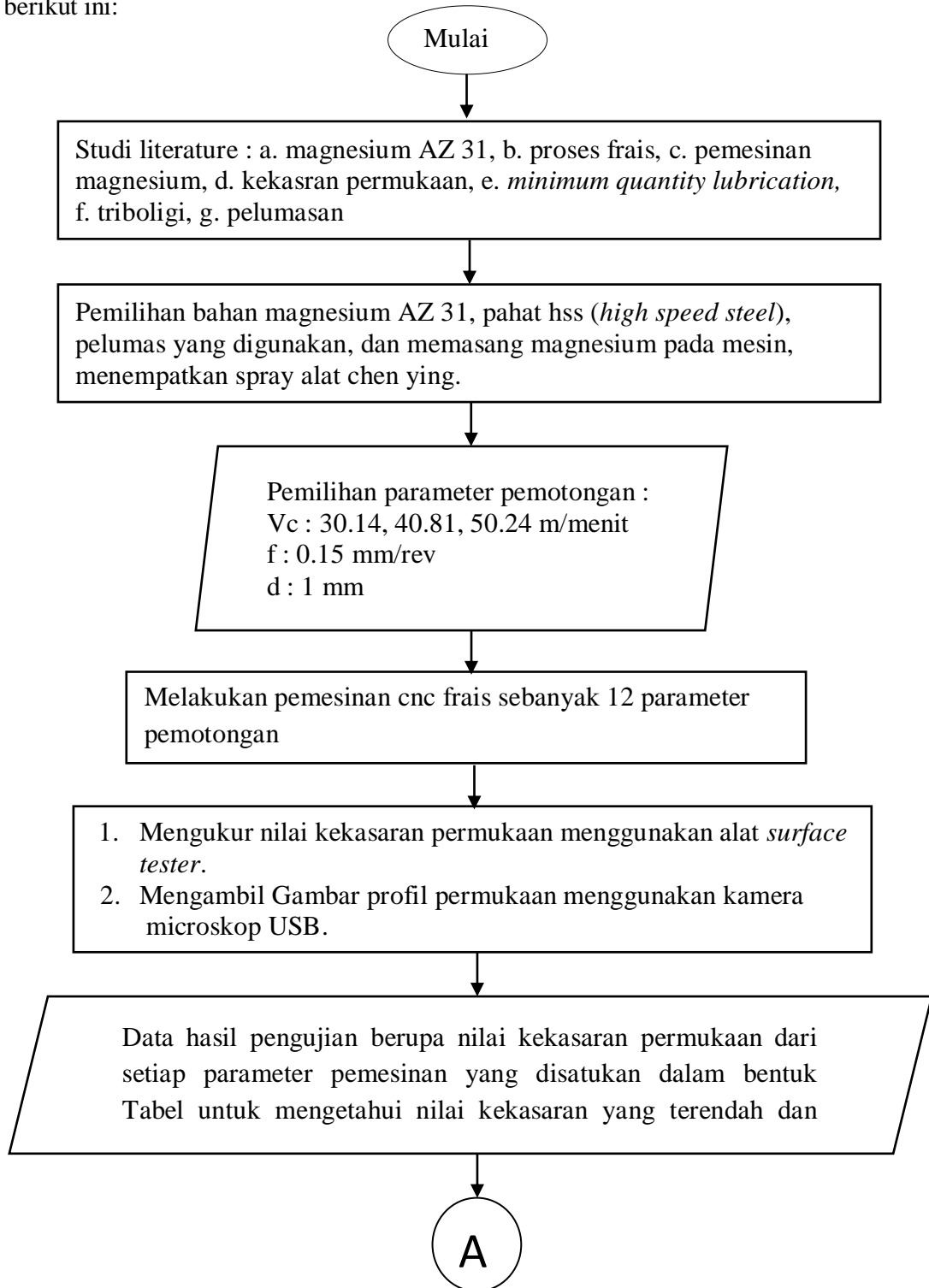
Penelitian ini akan dilaksanakan dalam 4 bulan yaitu dari bulan Oktober 2016 sampai dengan Januari 2017. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium CNC/CAM Fakultas Teknik Universitas Lampung.

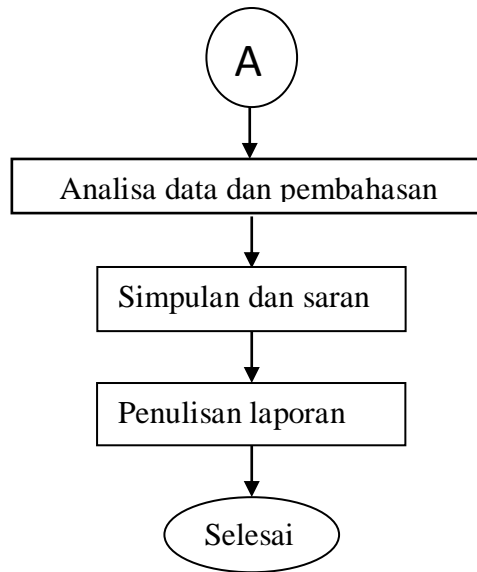
Tabel 3.1 Rencana kegiatan penelitian

Kegiatan		Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi <i>Literature</i>																
2	Penyesuaian Mesin Chen Ying dengan Mesin CNC Milling																
3	Persiapan alat dan bahan																
4	Pengujian dan Pengambilan data																
5	Pengolahan data																
6	Pembuatan laporan akhir																

3.2 Alur Penelitian

Secara garis besar, alur pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada *flowchart* berikut ini:

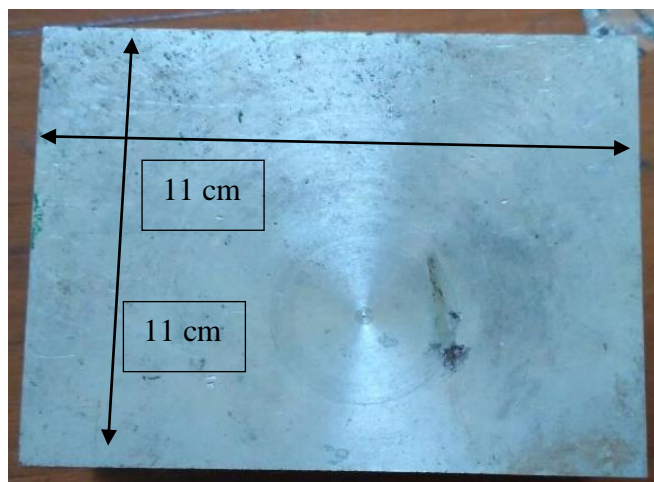




Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

3.3 Bahan Dan Alat Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Paduan Magnesium AZ31 berbentuk persegi dengan ukuran panjang 11 cm, lebar 11 cm. Sifat Kimia Magnesium dapat bereaksi kimia, salah satunya bereaksi dengan air. Bila magnesium bereaksi dengan air maka akan menghasilkan larutan yang bersifat basa serta adanya pembebasan gas hidrogen.



Gambar 3.2. Material Magnesium AZ31

Tabel 3.2 Karakteristik fisik dan thermal paduan magnesium AZ31

No	Jenis Pemeriksaan
1	Viskositas Kinematis (400C)
2	Viskositas Kinematis (1000C)
3	Index Viskositas
4	Flash Point COC

(Sumber: Jawahir, 2011)

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin CNC *Milling*

Mesin Frais CNC merupakan mesin yang mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan mesin perkakas yang lain. Sebagai hasilnya, mesin frais CNC mampu meratakan permukaan datar maupun berlekuk. Selain itu mesin ini juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki (Singgih, 2014).



Gambar 3.4 Mesin CNC Frais (*Milling*)

Keterangan Gambar :

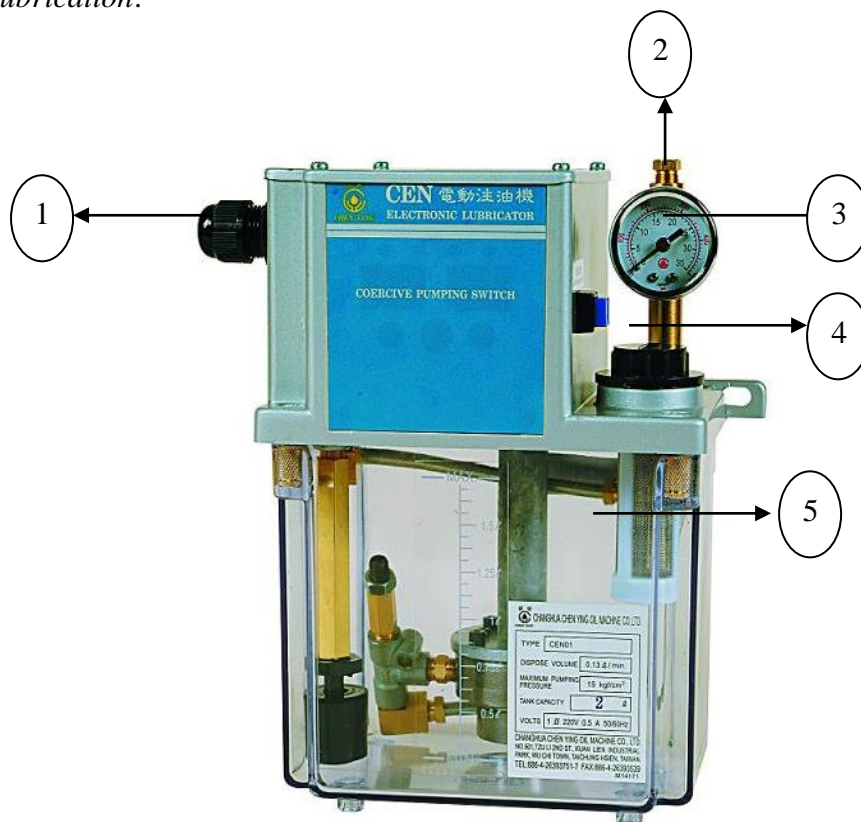
1. Spindle: Bagian dimana cutter terpasang. Spindle ini berfungsi memutar cutter yang nantinya akan membentuk benda kerja sesuai dengan bentuk yang kita harapkan.
2. Meja kerja: Tempat untuk benda kerja yang akan diproses
3. Control Panel: Panel kontrol tempat dimana operator mengontrol gerakan mesin
4. Kaca : Tempat untuk melihat benda kerja saat proses pemesinan berlangsung
5. Tempat penampungan chip : Dimana chip dari proses pemesinan akan ditampung dalam tempat penampungan.
6. Axis X Y Z: Axis X Y Z merupakan sumbu dari arah gerak mesin, ada juga axis A, B, C yaitu merupakan rotary axis yang memutar sumbu axis X Y Z

Tabel 3.3 Spesifikasi mesin CNC Milling

Merk	TRIAK FANUC
Serial No	E00047/1
Spindel Motor	1,5 HP
Number Of Axis	3
X Axis Travel	290 mm
Y Axis Travel	180 mm
Z Axis Travel	235 mm
ATC	8 Tools
Tool type	BT30
Speindel Speed	4000

2. Alat Minimum Quantity Lubrication CEN YING type CEN 01

CEN 01 adalah jenis mesin yang dapat dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) dan memiliki alat kontrol tekanan dan telah diteapkan sebesar 1 Kg/cm^2 , saat suhu mencapai 100°C sensor akan menghentikan kerja motor. Cara kerja alat ini dengan cara memompakan oli yang ada di dalam tempat penampungan keluar dengan bantuan motor listrik dan setelah terpompa keluar oli akan masuk ke dalam spray gun betemu dengan udara yang berasal dari kompresor sehingga menghasilkan kabut atau *minimum quantity lubrication*.



Gambar 3.4 Alat CHEN YING Type CEN 01

Keterangan Gambar :

1. Untuk menghubungkan mesin CHEN YING dengan arus listrik

2. Tempat keluaran oli yang sudah terpompa dari dalam tabung
3. Tekanan keluran yang akan diperlihat oleh *pressure gauge*
4. Tempat memasukkan oli ke dalam tabung penampungan
5. Tempat penampungan oli

Tabel 3.4. Spesifikasi alat *minimum quantity lubrication*

Merk	CHEN YING
Type	CEN 01
Discharge Volume	0,3 L / min
Maximum Pressure	15 kgf/cm ²
Tank capacity	2 L
Consumption Power	30 ± 3 W
Maximum Operation Time	4 min
Volt	1 Ø 220 V, 1 A 50 Hz

3. *Surface roughness tester*

Surface roughness tester merupakan alat pengukuran kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang bervariasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan *transducer* dan diolah dengan *mikroprocessor*. *Roughness tester* dapat digunakan di lantai di setiap posisi, horizontal, vertikal atau di mana pun. Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan yang dapat diambil adalah Ra, Rz, Rq. Dan dengan ketelitian alat 0,01 µm.



Gambar 3.5. Surface roughness tester

Tabel 3.5 spesifikasi surface roughness tester

Merk	Mitutoyo SJ-210
Pabrikasi	Japan
Ketelitian	0,01 μm

4. Kamera Mikroskop USB

Kamera Mikroskop USB digunakan untuk mengambil Gambar profil permukaan dari material magnesium yang sudah dilakukan proses permesinan.

Kamera Mikroskop USB ini memiliki pembesaran hingga 1000 kali.



Gambar 3.6 Mikroskop USB

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur dari penelitian memiliki beberapa tahapan diantaranya:

3.4.1 Persiapan bahan

Paduan Magnesium AZ31 yang sebelumnya berbentuk balok memanjang dilakukan pemotongan menggunakan mesin gergaji bolak-balik dengan ketebalan yang telah ditentukan. Ketika akan melakukan pengujian benda kerja menggunakan mesin CNC milling maka paduan magnesium AZ31 harus dicekam agar selama pengujian benda kerja stabil selama pengujian.



Gambar 3.7 Pemotongan paduan Magnesium AZ31

3.4.2 *Set-up* Pemesinan

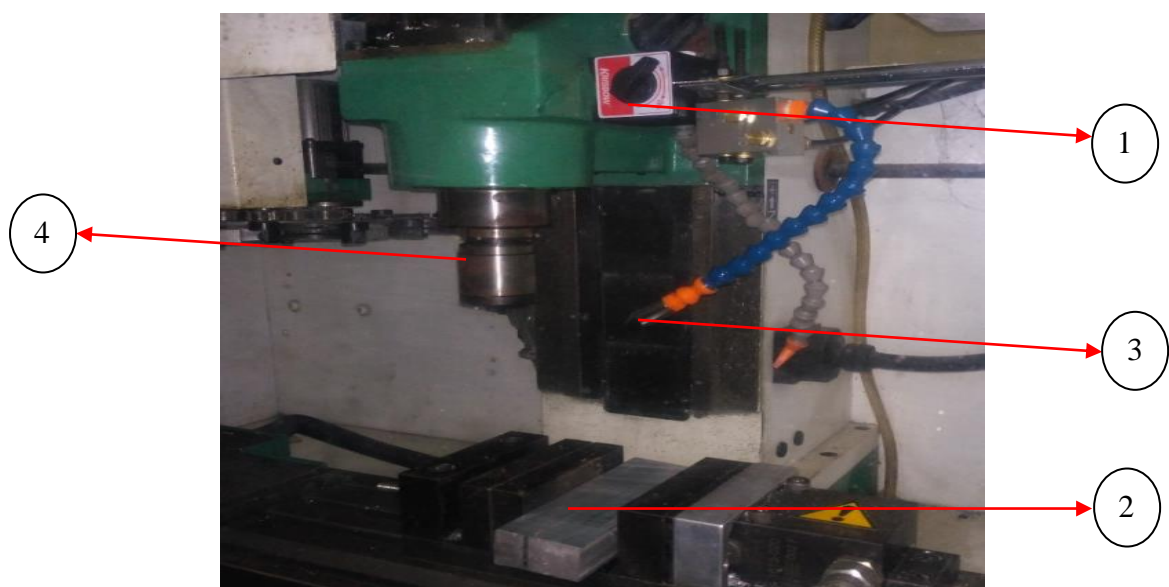
Pada tahapan ini dilakukan instalasi *set-up* mesin berupa memasukkan/menginput parameter pemesinan ke dalam kontroler mesin CNC milling. Hal ini sangat perlu dilakukan agar pada saat proses pemesinan dapat berjalan dengan baik ditunjukkan pada Gambar 3.8 berikut:



Gambar 3.8 *Set-up* Pemesinan

3.4.3 Penempatan alat CHEN YING Type CEN 01

Meletakkan alat CHEN YING Type CEN 01 dekat dengan mesin CNC milling agar ujung spray dari alat CHEN YING sebagai pembuat minimum quantity lubrication (MQL) dapat langsung menuju kontak antara pahat dengan paduan magnesium.



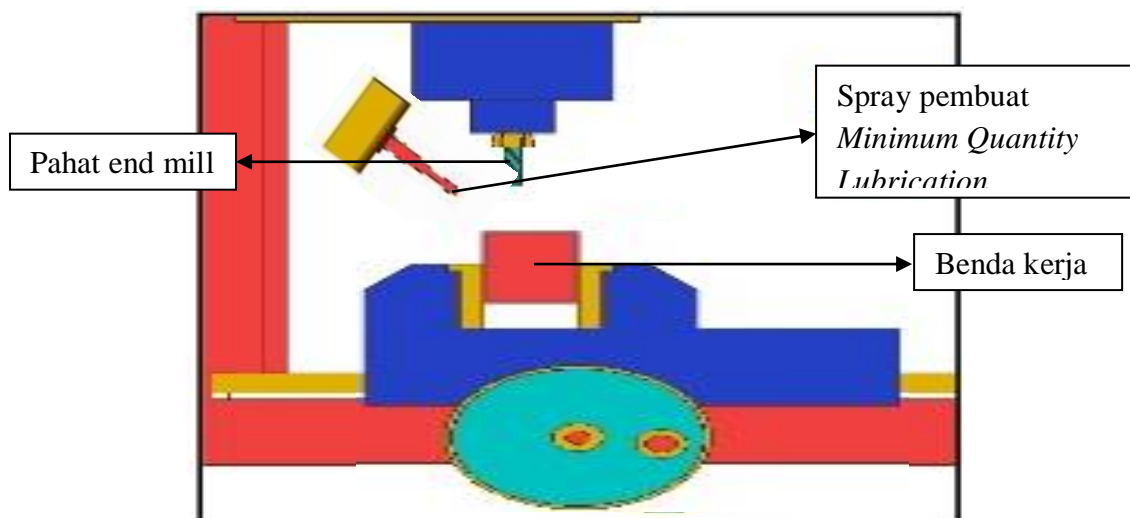
Gambar 3.9 Ujung Spray alat CHEN YING Type CEN 01

Keterangan Gambar :

1. Tuas magnet, untuk merekatkan ujung spray *Minimum Quantity Lubrication*.
2. Meja kerja, untuk meletakkan benda kerja selama proses pemesinan.
3. Ujung Spray, tempat keluar nya minyak dengan kuantitas minimum
4. Spindle: Bagian dimana cutter terpasang. Spindle ini berfungsi memutar cutter yang nantinya akan membentuk benda kerja sesuai dengan bentuk yang kita harapkan

3.4.3 Proses pengefraisan spesimen

Setelah mesin di *set-up*, maka proses pengefraisan material magnesium AZ31 dapat dilakukan menggunakan cairan pendingin. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kekasaran pada permukaan benda kerja menggunakan *surface roughness tester*. Pada proses permesinan ini menggunakan pahat HSS berdiameter 10 mm untuk semua parameter pemesinan yang digunakan.



Gambar 3.10 Ilustrasi proses pemesinan CNC Milling menggunakan teknik MQL

Adapun tahapan pelaksanaan awal untuk pemesinan sebagai berikut :

- a. Melakukan pemotongan paduan magnesium AZ31 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7
- b. Melakukan *set-up* mesin CNC milling seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8
- c. Menentukan parameter pemotongan sebagai berikut:

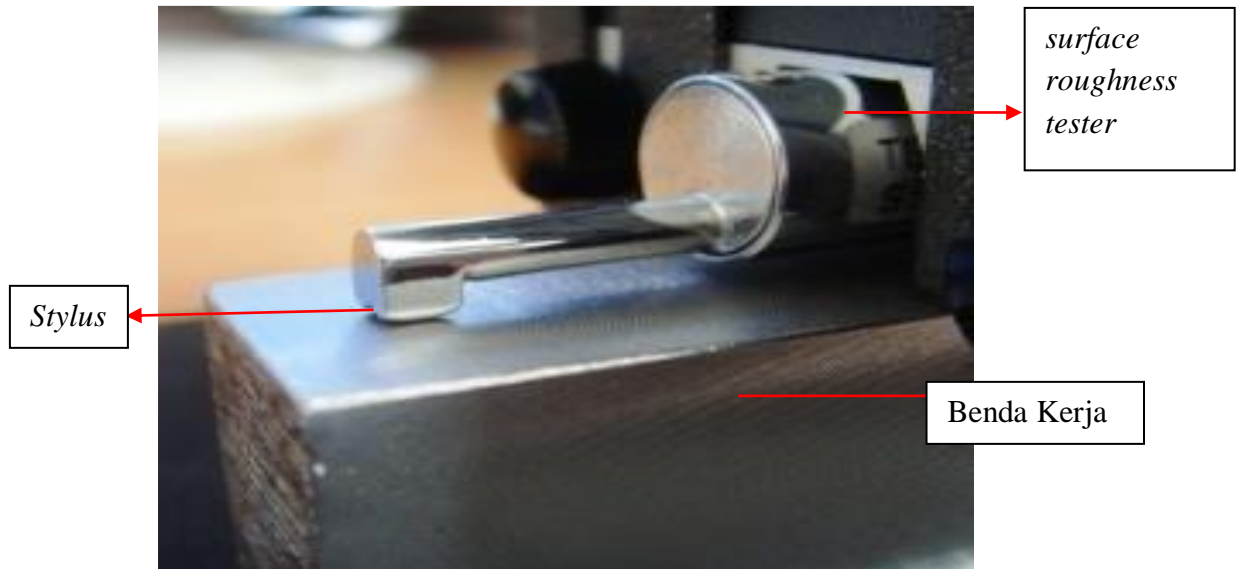
Tabel 3.6 Parameter pemotongan.

No	Metode pelumasan	Kecepatan Potong (m/menit)	Gerak Makan (mm/rev)	Kedalaman Potong (mm)	Ra Rata-rata
1	Tanpa Pelumas	31,4	0,15	1	
2		40,82	0,15	1	
3		50,24	0,15	1	
4	Minyak syntetic Oil	31,4	0,15	1	
5		40,82	0,15	1	
6		50,24	0,15	1	
7	Minyak Kedelai	31,4	0,15	1	
8		40,82	0,15	1	
9		50,24	0,15	1	
10	Minyak kelapa sawit	31,4	0,15	1	
11		40,82	0,15	1	
12		50,24	0,15	1	

Pengambilan data pada setiap parameter dilakukan sebanyak tiga kali. Hal ini dilakukan untuk memasukkan hasil pengujian nilai kekasaran permukaan.

3.4.4 Pengukuran kekasaran menggunakan *surface roughness tester*

Berikut ini adalah cara pengambilan nilai kekasaran menggunakan *surface roughness tester*:



Gambar 3.11 . Cara pengambilan nilai kekasaran menggunakan *Surface Teester*

Setelah proses pemesinan dilakukan *surface roughness tester* diletakkan pada permukaan benda uji kemudian *stylus* (berupa jarum) diatur sehingga beradadalam posisi stabil pada pembacaan skala tekanan terhadap permukaan objek yang akan diukur, setelah posisi *surface roughness tester* sudah stabil barulah pengambilan nilai kekerasan dilakukan dengan menekan tombol start pada alat dan *stylus* akan bergerak dengan konstan sesuai dengan sumbu horizontal dan sejajar dengan benda uji (berada dalam garis lurus) pengambillan data kekasaran menggunakan *surface roughness tester* sebanyak 3 kali.

3.4.5 Pengambilan Gambar profil permukaan magnesium

Adapun cara yang dilakukan untuk pengambilan Gambar profil permukaan benda kerja menggunakan kamera Mikroskop USB sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Cara pengambilan Gambar profil permukaan magnesium menggunakan kamera mikroskop USB.

Mikroskop diletakkan di atas permukaan benda kerja yang akan diambil Gambar dengan menggunakan dudukan (tiang) yang ditempatkan pada permukaan yang datar dan kuat, setelah itu menyambungkan kabel USB dari mikroskop ke laptop, selanjutnya menyalakan mikroskop dan mengatur pembesaran sesuai dengan yang digunakan yaitu 40 kali pembesaran kemudian mengatur fokus kamera agar Gambar terlihat jelas dan menjalankan program *software* aplikasi mikroskop USB untuk mengambil Gambar permukaan benda kerja dan selanjutnya Gambar disimpan pada file.

3.4.6 Pengambilan Data

Data yang telah didapatkan dengan menggunakan *surface roughness tester* menunjukkan nilai kekasaran tiap-tiap parameter yaitu kecepatan potong (V_s) (31,4, 40,82, dan 50,24 m/menit); kecepatan pemakanan (f) (0,15 mm/rev); dan kedalaman potong (1 mm) dimasukkan ke dalam Tabel acuan agar dapat dianalisa. Selanjutnya data yang telah dimasukkan ke dalam Tabel ditampilkan dalam bentuk grafik untuk melihat karakterisasi tiap faktor yaitu kecepatan potong terhadap nilai kekasaran pada gerak makan, kecepatan potong pahat dan ke dalaman pemotongan.

3.4.7 Analisa yang akan dilakukan

Setelah mendapatkan data pada hasil penelitian maka selanjut akan dilakukan analisa. Adapun rencana analisa yang akan dilakukan yaitu :

- a. Grafik masing-masing kondisi pemotongan dan kecepatan potong terhadap nilai kekasaran R_a rata-rata.
- b. Pengaruh penambahan pelumas menggunakan teknik *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) terhadap nilai kekasaran permukaan.
- c. Gambar profil permukaan hasil pemesinan pada setiap selesai proses pengambilan data.
- d. Gambar chip (geram) hasil pemesinan pada metode pelumasan tanpa pelumasan dan menggunakan pelumas.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Nilai kekasaran minimum didapatkan pada parameter kecepatan potong (V_c) 40,82 μm dengan gerak makan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,1 mm menggunakan minyak kelapa sawit yaitu sebesar 1,1475 μm .
2. Nilai kekasaran maksimum didapatkan pada parameter kecepatan potong (V_c) 31,4 μm dengan gerak makan 0,15 mm/rev dan kedalaman potong 0,1 mm menggunakan minyak kedelai yaitu sebesar 5,925 μm .
3. Ada pengaruh yang signifikan dari variasi media pelumasan terhadap nilai kekasaran permukaan logam hasil pengefraisan pada material magnesium AZ 31. Hal ini ditunjukkan pada data hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan.
4. Minyak kedelai, minyak jagung dan minyak kelapa sawit dapat digunakan sebagai sebagai lubricant alternatif dalam proses pemesinan.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini peneliti memasukkan saran yang diberikan untuk dikembangkan dan harapan mendapatkan hasil yang lebih maksimal, diantaranya:

1. Sebaiknya dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) agar dapat terlihat jelas perubahan struktur mikro dan batas butir dari material magnesium.
2. Perlu dilakukan pengujian pada material lain yang lebih keras seperti baja karbon tinggi ataupun baja cor.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Magnesium. <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium> (diakses 10 September 2016)
- Anonim. 2012. <http://www.dw.com/id/metode-baru-penyembuhan-patah-tulang/a-15744534> (diakses 31 Oktober 2016)
- Anonim.2014. SKF Lubrication Systems Germany GmbH. Berlin.Germany
- Ansyori, Anang.2015. Pengaruh Kecepatan Potong Dan Makan Terhadap Umur Pahat Pada Pemesinan Frais Paduan Magnesium Dengan Proses Pemesinan Kering. Jurnal *Mechanical*
- Ariwibowo, Dito.2015. Mesin CNC.<http://mekatronik-engineering.blogspot.co.id/> (diakses 31 Oktober 2016)
- Basuki, Budi. 2014. Pengaruh Metode Minimum Lubrication Keausan Pahat Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja AISI 4340. Jurnal Teknologi Universitas Gadjah Mada
- Bruni, C., Forcellese, A., Gabrielli, F., Simoncini, M., 2004, “Effect of temperature, strain rate and fibre orientation on the plastic flow behaviour and formability of AZ31 magnesium alloy”, Department of Mechanics, Università Politecnica delle Marche, Via Brecce Bianche, Ancona 60131. Italy.

- Dhar. N.R. 2005. Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel. *Journal of Materials Processing Technology* Volume 172, Issue 2, 28 February 2006, Pages 299-304
- Fitriyah, Laili.; Arya Mahendra Sakti. 2014. Pengaruh Jenis Benda Kerja, Kedalaman Pemakanan Dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan Dan Bentuk Geram Baja St. 41 Dan St. 60 Pada Proses Milling Konvensional. *JTM*. Volume 02 Nomor 02 Tahun 2014, 208-216. Universitas Negeri Surabaya
- Harun, Suryadiwansa, dkk. 2012. Peningkatan Produktifitas dan Pengendalian Suhu Pengapian Pemesinan Magnesium Dengan Sistem Pahat Putar (Rotary Tool System) dan Pendingin Udara (Air Cooling). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Harun, Suryadiwansa. 2009. Cutting Temperature Measurement in Turning with Actively Driven Rotary Tool. *Key Engineering Materials* Vols. 389-390, pp. 138-14.
- Hendrawan, Muh. Alfatih. 2010. Studi Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses *Up* Dan *Down Milling* Dengan Pendekatan *Vertical Milling*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Ghuge, Nilesh C, dkk. 2012. Minimum Quantity Lubrication. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)* ISSN: 2250-3021 ISBN: 2878-8719 PP 55-60. National Symposium on engineering and Research

- Ibrahim, Gusri Akhyar.2015. Identifikasi Nilai Kekasaran Permukaan pada Pemesinan Paduan Magnesium. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- Kauppinen, V., (2002), Environmentally reducing of coolant in mtal cutting, proceedings University's Days 8th International Conference, Helsinki University of Tchnology.
- Koh, LP.; Levang, P. & Ghazoul, J. (2009) Designer landscapes for sustainable biofuels. Trends in Ecology and Evolution, Vol.24, No.8, (August - 2009), pp.431-438, ISSN 0169- 5347
- Kurniawan, Singgih .2014. Pahat Mesin Frais CNC. <http://masshing.blogspot.co.id/2014/11/pahat-mesin-frais-cnc.html> (diakses 31 Oktober 2016)
- Klocke, 2011, *Manufacturing Processes I*, Springer, Berlin
- Mufarrih, Am. 2017. Pengaruh Parameter Proses Gurdi Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Material KFRP Komposit. Seminar Nasional Inovasi Teknologi. UN PGRI Kediri , 22 Februari 2017. Universitas Nusantara PGRI Kediri
- Nurhadiyanto, Didik. 2010. Pengaruh Kekentalan Pendingin Terhadap Keausan Pada Pahat Bermata Potong Ganda. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 15, Nomor 2, Oktober 2010
- Padmanaban, G., Balasubramaniana, V., Madhusudhan Redd, G,. 2011, "Fatigue crack growth behaviour of pulsed current gas tungsten arc, friction stir and laser beam welded AZ31B magnesium alloy joints", *Centre for Materials Joining & Research (CEMAJOR)*, Department of

Manufacturing Engineering, Annamalai University, Annamalai Nagar
608002, India.

Prasetya, Tri Adi. 2010. Pengaruh Gerak Pemakanan dan Media Pendinginan Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Pada Material Baja HQ 760. Universitas Sebelas Maret. Surakarta

Priyahapsara, Istyawan. 2016. Karakteristik Minimum Quantity Lubrication Dengan Pelumas Nabati Terhadap Jarak Potong dan *Flank Wear* Pahat Carbide. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK). Vol. II, 26 November 2016, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta

Rahdiyanta, Dwi. 2010. Buku 3 Proses Frais (Milling) Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.

Rieldho, dkk. 2014. Pengaruh Pemakaian Minyak Kelapa Sawit Sebagai Bio Cutting Fluid Dengan Variasi Kecepatan Pemoangan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Turning. Universitas Brawijaya. Malang

Safian, S., Hisyam, M. A. And Aman, S, Evaluation of Vegetable Oil As Alternative Cutting Lubricant When End Milling Martensitic Stainless Steel Using Uncoated Carbide Tool, Journal of Advanced Manufacturing And Technology, Vol 3 No.2, 2009

Setiyana, Budi dkk. 2005. Pengaruh Kecepatan Potong Pada Proses Pemesinan Kecepatan Tinggi Terhadap Geometri Dan Kekerasan Geram Untuk Beberapa Logam Dengan Variasi Nilai Kekuatan Tarik. Universitas Diponegoro. Semarang

- Sharif S., Yusuf N. M., Idris M. H., Ahmad Z. A., Sudin I., Ripin A., Zin A. H.,
2009. Feasibility Study Of Using Vegetable Oil as a Cutting Lubricant
Through The Use Of Minimum Quantity Lubrication During
Machining. Fundamental Research Grant Scheme, Universiti Teknologi
Malaysia
- Singh, Gurpreet dkk. 2013. Experimental Evaluation of Machining Performance
Into Turning of EN-31 Steel With Dry and Vegetable Based Oil
Minimum Quantity Lubrication. International Journal of Research in
Mechanical Engineering & Technology, IJRMET Vol. 3, Issue 2, May -
Oct 2013
- Sudianto, Bondan . 2015. Aus Pahat Potong Dan Struktur Mikro Magnesium
Az31 Pada Kondisi Pengefraisan Kering. Universitas Lampung. Bandar
Lampung
- Sugiarto, Bambang. 2015. Pengaruh Parameter Permesinan Pada Proses Milling
Dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) Terhadap
Kekasaran Permukaan Baja ST 42. STT Wiworotomo. Purwokerto
- Sugiarto, Iwan. 2011. Laporan Mekanika Terpakai Jurusan Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin 2011
- Syafa'at, I. 2008. Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan. Jurusan Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang Jl
Menoreh Tengah X/22 Semarang. Momentum, Vol. 4, No. 2, Oktober
2008 : 21 – 26

Yadi, Mul. 2009. Analisa Pengaruh Putaran Spindle dan kecepatan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SCM4 Pada Proses Milling. Sidoarjo

Yusuf, Muhammad. M. Sayuti. 2006. Simulasi Untuk Memprediksi Pengaruh Parameter *Chip Thickness* Terhadap Daya Pemotongan Pada Proses *Cylindrical Turning*. Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 7, No. 2 April 2006

Wulandari, Nurul. 2011. Viskositas (kekentalan). SMAN 1 Singkawang
https://www.skzic.com/kor/service/Pds/msds_down.asp?intno=579