

**APLIKASI *CENTRAL COMPOSITE DESIGN* DALAM OPTIMASI
PERMESINAN MAGNESIUM AZ31**

(Skripsi)

**Oleh
RABIAH SURRIANINGSIH**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

APLIKASI *CENTRAL COMPOSITE DESIGN* DALAM OPTIMASI PERMESINAN MAGNESIUM AZ31

OLEH

RABIAH SURRIANINGSIH

Magnesium AZ31 telah banyak dimanfaatkan untuk industri permesinan manufaktur seperti pembuatan komponen pesawat terbang dan mobil. Kualitas produk dari magnesium AZ31 yang diinginkan adalah berupa produk yang memiliki tingkat kepresisian bentuk yang akurat dan keadaan permukaannya yang halus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan permodelan matematika agar mencapai kondisi optimum pada permesinan frais magnesium AZ31. Masing – masing nilai variabel permesinan kecepatan potong (v_c) yang digunakan adalah $v_c = 22$ mm/min, 32 mm/min, dan 42 mm/min, kedalaman potong (d) 1 mm, 2 mm, 3 mm dan gerak makan (f) = 0.15 mm/rev, 0.20 mm/rev, 0.25 mm/rev. Nilai variabel tersebut dikombinasikan menggunakan metode permukaan respon *central composite design* 20 sampel memakai bantuan *software* minitab 17 menghasilkan umur pahat aktual selama 96.7 menit atau lebih lama 9.36 % dari umur pahat prediksi *Central Composite Design* yaitu selama 85.78 menit. Permodelan matematika untuk permesinan frais magnesium yang dihasilkan adalah $Y = 34.7 + 7.69 v - 0.426 f - 61.5 d - 0.0688 v*v + 0.000539 f*f + 19.77 d*d - 0.00352 v*f - 1.074 v*d + 0.0363 f*d$. Nilai optimal yang dihasilkan untuk variabel permesinan frais magnesium AZ31 menggunakan kecepatan potong (v_c) 42 mm/min, kedalaman potong (d) 1 mm, dan gerak makan (f) 0.15 mm/rev.

Kata kunci: *Central composite design*, permesinan frais, magnesium AZ31, umur pahat

ABSTRACT

APPLICATION CENTRAL COMPOSITE DESIGN METHOD IN MAGNESIUM AZ31 MILLING MACHINERY OPTIMIZATION

BY

RABIAH SURRIANINGSIH

Magnesium AZ31 has been widely used for manufacturing machinery industries such as manufacturing aircraft components and automotive. The product quality of magnesium AZ31 desired to product that has an accurate form of precision and decreased value of surface roughness. The purpose of the research was to find mathematical modeling to achieve optimum conditions on AZ31 magnesium milling machining. The parameters used for this research is the velocity cutting machine variable (vc) used $vc = 22 \text{ mm / min}$, 32 mm / min , and 42 mm / min , cutting depth (d) 1 mm, 2 mm, 3 mm and feeding (f) = 0.15 mm / rev , 0.20 mm / rev , 0.25 mm / rev . The variable values combined using the central composite design method of 20 samples using minitab 17 software. A maximum actual tool life for 96.7 minutes or longer than 9.36% of the Central Composite Design prediction for 85.78 minutes. The mathematical modeling for the magnesium AZ31 milling process is $Y = 34.7 + 7.69 v - 0.426 f - 61.5 d - 0.0688 v * v + 0.000539 f * f + 1.06 v * d + 0.0363 f *$. The optimum value for AZ31 magnesium milling machining variable using cutting speed (vc) 42 mm / min , cutting depth (d) 1 mm, and feeding (f) 0.15 mm / rev .

Keywords: Central composite design, milling machinery, magnesium AZ31, tool life

**APLIKASI *CENTRAL COMPOSITE DESIGN* DALAM OPTIMASI
PERMESINAN MAGNESIUM AZ31**

Oleh
RABIAH SURRIANINGSIH

Skripsi

Sebagai satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

**Judul Skripsi : APLIKASI CENTRAL COMPOSITE DESIGN
DALAM OPTIMASI PERMESINAN
MAGNESIUM AZ31**

Nama Mahasiswa : Rabiah Surrianiingsih

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015021009

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


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


Ir. Arinal Hamni, M.T.
NIP 19641228 199603 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

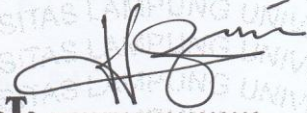

Ahmad Suudi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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




Anggota

: Ir. Arinal Hamni, M.T.



Penguji Utama

: Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

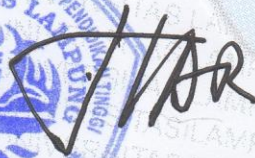


2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno MS, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 April 2017

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN
HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27
PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT
KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



RABIAH SURRIANINGSIH
NPM. 1015021009

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro 01 Maret 1992, sebagai anak keempat dari empat bersaudara pasangan Bapak Ewo Surtiwa Suradinata dan Ibu Maria Muashomah. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK ABA Poncowati Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah tahun 1998, menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 01 Poncowati Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2004, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 03 Terbanggi Besar Kecamatan Terbanggi Besar tengah Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2007, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 01 Terbanggi Besar Kecamatan Terbanggi Besar Lampung Tengah pada Tahun 2010, dan pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung melalui jalur Penelusuran Kemampuan Akademik dan Bakat (PKAB).

Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus, yaitu sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Sekretaris Bidang Hubungan Masyarakat pada tahun 2011-2012, pada tahun 2012-2013 menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Anggota Hubungan Masyarakat. Pada Tahun yang sama

saat penulis menjabat sebagai anggota Hubungan Masyarakat, penulis juga mengemban amanah sebagai Ketua Umum UKM F BKT CREMONA selama satu periode.

Pada bidang akademik, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT Kereta Api (Persero) Sub Divre III.2 yang berlokasi di Tanjung Karang, Bandar Lampung pada tahun 2013. Pada tahun 2015 penulis melakukan penelitian pada bidang konsentrasi Produksi dengan judul tugas akhir “Aplikasi *Central Composite Design* Dalam Optimasi Permesinan Magnesium AZ31” dibawah bimbingan Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T. dan Ir. Arinal Hamni, M.T.

Bandar Lampung, 05 Juni 2017

Penulis

Rabiah Surrianingsih

MOTTO

“And He found you lost and guided you”

(Q.S. 93:7)

“And your Lord never Forgets”

(Q.S. 09:64)

Carpe Diem, Memento Mori.

Cintanya adalah paket air mata, keringat, dan dedikasih untuk merangkai jutaan hal kecil agar dunia ini menjadi tempat yang indah dan masuk akal bagi seseorang. (Dewi Lestari)

The art of knowing is knowing what to ignore. (Rumi)

PERSEMBAHAN

*Dengan Kerendahan Hati meraih Ridho Illahi Robbi dan syafaat nabi
Muhammad SAW Kupersembahkan karya Kecilku ini untuk orang-orang yang
aku sayangi*

Ibu dan Ayahku

*Kedua orang tua, Bapak Drs Ewo Surtiwa Suradinata dan Ibu Maria
Muashomah atas segala pengorbanan yang tak terbalaskan, doa, kesabaran,
keikhlasan, cinta dan kasih sayangnya yang tidak ada putusya.*

Kakak dan keponakanku

*Kepada ketiga kakakku M Adhitya Surria Nugraha S.Si, dr Latifah Dwi
Surriandari, Atikah Surriani S.T., M.Eng sebagai teman, kakak, sahabat dalam
segala suasana duka dan suka serta kebersamaan tanpa batas selama ini.
Azka Fauzan Nugraha, Alya Diandranissa Nugraha, Anta Hannan Nugraha, M
Habibie Alief El Azzam, dan Asma Faza Adia keponakan – keponakan
tercinta.*

Dosen Teknik Mesin

*Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran serta saran baik
secara akademis maupun non akademis*

Tim Lab. Proses Produksi

*Yang selalu membantu, memberikan semangat, teman belajar menuju
keberhasilan*

Sahabat Mesin '10

*Yang selalu memberi semangat dan berdiri tegap disampingku saat suka
maupun duka, berbagi nasihat dan keceriaan.*

Mechanical Girls

Pemberi warna dan kebahagiaan tersendiri menjadi bagian dari kalian.

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbilalamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan mempersembahkan judul “*Aplikasi Central Composite Design Dalam Optimasi Permesinan Magnesium AZ31*” dengan sebaik-baiknya.

Shalawat beriring salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam Nabi Muhammad SAW, sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu dengan sepuh ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dengan segala kuasa-NYA pemberi rahmat, hidayah dan ampunan bagi hamba-NYA termasuk penulis. Terimakasih ya Allah, semoga semua hal yang telah penulis lakukan dan kerjakan bernilai ibadah dan mendapat pahala dari-MU. Amin ya rabb
2. Nabi Muhammad SAW, untuk segala hal yang telah beliau lakukan dahulu. Menyempurnakan ahlaq sehingga semua ummat yang hidup hingga sekarang dapat merasakan nikmat iman dan islam secara utuh serta tanpa keragu – ragan.

3. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M. P, selaku Rektor Universitas Lampung.
4. Prof. Suharno MS, M.Sc., PhD. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Ahmad Suudi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik M Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T selaku dosen pembimbing utama tugas akhir ini, yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran dan semangat serta motivasi bagi penulis.
8. Ibu Ir. Arinal Hamni, M.T selaku pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak memberikan waktu dan pemikiran bagi penulis.
9. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T selaku dosen pembahas yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
10. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
11. Staf Akademik serta Asisten Laboratorium yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Untuk kedua orang tua-ku Ayahanda Ewo Surtiwa Suradinata dan Ibunda tercinta Maria Muashomah yang selalu menjadi pondasi utama penulis bertahan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, tanpa mereka berdua penulis tidak akan mampu berdiri sekolahan ini dengan segala doa dan dukungan serta cinta tiada batas yang diber tanpa pamrih.

13. M Adhitya Surria Nugraha, Latifah Dwi Surriandari dan Atikah Surriani sebagai bagian dari surria clan. *Cause blood is thicker*.
14. Keponakan – keponakanku, Azka Fauzan Nugraha, Alya Diandranissa Nugraha, Anta Hannan Nugraha, M Habibie Alief El Azzam dan Asma Faza Adia tersayang.
15. Anisa Rachman, Ismayanti, Jumaliya Abdul Rosyid, Zulfa Ariqoh dan Nur Imam Subagyo selaku lingkaran terdekat setelah keluarga yang selalu memberikan support terbaiknya untuk penulis.
16. Rekan–rekan di jurusan teknik mesin yang turut membantu dalam pelaksanaan tugas akhir. Bondan Sudianto S.T selaku rekan satu tim Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bantuan, Dwi Andri Wibowo S.T, Nur Saiin S.T, M Zen Syarif S.T, Rahmat Dani S.T, Baron Hariyanto S.T, Prancana M Riyadi S.T, Hotman Hutagalung (otw) S.T, Dwi Novriadi S.T, Feri Fariza S.T, Ahmad Rama Doni S.T, Mario Salimor (otw) S.T, Salpa Adenugraha S.T terimakasih atas waktu dan tenaga yang diberikan untuk pelaksanaan tugas akhir.
17. Seluruh angkatan 2010 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2010. “Salam Solidarity Forever”.
18. Mechanical girls Wafda Nadhira, Anggun N Wisastra, Intan Sunaryo Putri dan semua perempuan di jurusan teknik mesin Universitas Lampung.
19. IMSA Squad Wanda Wirantara, Wangga Prawira, Hayatun Munawaroh, Deni Umi Rahmawati dan Mustika Chaniago untuk persaudaraannya selama ini. Tandang gelanggang walau seorang.

20. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 05 Juni 2017

Penulis,

Rabiah Surrianingsih

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN MOTTO	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Hipotesis	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Magnesium	7
2.2 Penandaan Paduan Magnesium	11
2.3 Penggunaan Paduan Magnesium	12
2.4 Pemesinan Frais	15

2.5	Jenis Mesin Frais	18
2.6	Integritas Permukaan Benda Kerja Frais	20
2.7	Metode Permukaan Respon	22
2.8	Optimasi Pemesinan	33
2.9	Penggunaan <i>Software</i> Pada Rancangan Optimasi Pemesinan	36
2.10	Minitab.....	36
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Metode Penelitian	40
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
3.3	Alur Penelitian	41
3.4	Alat dan Bahan	42
3.5	Prosedur Penelitian	48
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Hasil Pengujian	55
4.2	Uji Anova.....	60
4.3	<i>Central Composite Design</i>	70
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat fisik magnesium.....	8
Tabel 2.2 Proses optimasi pemesinan.....	35
Tabel 3.1 Karakteristik fisik dan thermal material paduan magnesium AZ31	47
Tabel 3.2 Parameter penelitian.....	48
Tabel 3.3 Parameter penelitian <i>Central Composite Design</i>	48
Tabel 3.4 Data nomer <i>Run Order Central Composite Design</i>	49
Tabel 3.5 Data waktu keausan.....	51
Tabel 4.1 Data umur pahat potong dari pengujian menggunakan mesin freis dengan aus maksimum sebesar 0,2 mm.....	56
Tabel 4.2 Data eksperimen tahap I.....	63
Tabel 4.3 Hasil permodelan tahap I.....	65
Tabel 4.4 Hasil Anova.....	68
Tabel 4.5 Perbandingan Y aktual dengan Y prediksi	77

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Produk magnesium dalam bidang otomotif.....	13
Gambar 2.2	Pemanfaatan magnesium dalam bidang kesehatan.....	14
Gambar 2.3	Pemesinan frais dan bubut.....	16
Gambar 2.4	Mesin frais tipe Milko-12.....	16
Gambar 2.5	Gerak makan mesin frais	17
Gambar 2.6	Klasifikasi proses frais	18
Gambar 2.7	Mesin frais vertikal.....	18
Gambar 2.8	Mesin frais horizontal.....	20
Gambar 2.9	Bagian-bagian utama mesin frais	20
Gambar 2.10	Plot metode permukaan respon	26
Gambar 2.11	Kontur metode permukaan respon.....	27
Gambar 2.12	<i>Central Composite Design</i>	30
Gambar 2.13	<i>Central Composite Design</i> 3 Faktor	31
Gambar 2.14	Permukaan respon titik maksimum pada CCD	32
Gambar 2.15	Permukaan respon titik minimum pada CCD.....	33
Gambar 2.16	Contoh penggunaan minitab.....	38
Gambar 2.17	Contoh penggunaan minitab untuk anova	39
Gambar 2.19	Pembuatan tabel pada <i>softwae</i> minitab.....	39
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	41
Gambar 3.2	Alur Penelitian.....	43
Gambar 3.3	Mesin frais universal	44
Gambar 3.4	Pahat HSS (<i>High Speed Steel</i>).....	45
Gambar 3.5	Mikroskop USB.....	46
Gambar 3.6	Magnesium AZ31	47
Gambar 3.7	Prosedur awal CCD	53

Gambar 3.8	Mendefinisikan faktor pada CCD.....	53
Gambar 3.9	Analisa respon CCD pada Minitab.....	54
Gambar 4.1	Penurunan umur pahat.....	58
Gambar 4.2	Pola metode <i>Central Composite Design</i>	62
Gambar 4.3	Matrix plot faktor	63
Gambar 4.4	Uji normalitas	69
Gambar 4.5	Faktor coding CCD pada Minitab	71
Gambar 4.6	Bentuk sebaran variabel dalam <i>Central Composite Design</i> ..	72
Gambar 4.7	Hasil permodelan CCD pada Minitab	73
Gambar 4.8	Optimasi plot	74
Gambar 4.9	<i>Output solution</i>	75
Gambar 4.10	Residual penelitian	77
Gambar 4.11	Tetapan prediksi dari Metode Permukaan Respon.....	78
Gambar 4.12	Kontur plot.....	79
Gambar 4.13	Optimasi permukaan 3D.....	80
Gambar 4.14	Kondisi Pahat aus parameter variabel optimum.....	82
Gambar 4.15	Permukaan magnesium AZ31 <i>run order 9</i>	84

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
Y	Variabel respon	-
x_i	Faktor	-
	Error	-
p	Panjang	mm
d	Diameter	mm
v	Kecepatan potong	mm/min
f	Gerak makan	mm/rev
d	Kedalaman potong	mm
n_f	Banyak faktor	-
n_c	Banyak titik pusat	-

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi telah merubah industri manufaktur menjadi sebuah industri yang harus dapat berkembang dan bersaing secara global. Pada dasarnya seluruh elemen dalam sebuah industri akan ikut berkembang seiring dengan tingginya tuntutan dalam sebuah industri manufaktur yang mengharapkan produk hasil yang mengutamakan kuantitas, kualitas serta pencapaian target produksi dan biaya produksi yang ekonomis. Sebuah industri manufaktur tidak lepas dari adanya proses permesinan yang menjadi inti dari sebuah proses produksi. Peran mesin sebagai pembantu manusia tidak dapat dihindari lagi. Dalam bidang perbengkelan dan otomotif misalnya, sudah banyak ditemukan mesin – mesin yang dapat meringankan pekerjaan manusia seperti frais, bubut, sekrap dll (Farel, 2010). Mesin – mesin tersebut digunakan untuk mengolah bahan yang kuat dan ekonomis, salah satu bahannya adalah magnesium. Penggunaan magnesium dan paduan magnesium sebagai material yang ringan dengan kekuatan tinggi sudah banyak diterapkan pada bidang manufaktur otomotif, pencampuran logam magnesium (10%) dan aluminium (90%) digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang, rudal dan bak truk karena paduan ini kuat, ringan dan yang terbaru diterapkan pada bidang biomedikal sebagai pengganti tulang karena sifat magnesium yang dapat larut dalam tubuh (Lukman, 2008).

Magnesium digunakan sebagai pengganti bahan-bahan komponen seperti aluminium dan titanium yang saat ini bahan-bahan tersebut memiliki harga yang relatif mahal. Sehingga dengan penggunaan magnesium tersebut akan mengurangi biaya bahan baku komponen pada produksi alat-alat elektronik (Jaya, 2008). Kelebihan lainnya yaitu apabila magnesium digunakan sebagai unsur penguat pada beberapa material, magnesium dapat memperbaiki karakteristik mekanik, fabrikasi dan karakteristik pengelasan pada aluminium (Buldum, 2011). Contohnya yaitu pada magnesium jenis AZ31, paduan magnesium dengan aluminium dan sedikit zink ini sering digunakan untuk pembuatan produk pada industri otomotif dan konstruksi ringan karena paduan tersebut menghasilkan magnesium yang mempunyai suhu penyalakan pada tekanan atmosfer berada dibawah titik cairnya yaitu 623 °C (White & Ward 1966).

Kualitas magnesium AZ31 sebagai bahan baku produk pada proses permesinan, khususnya permesinan frais dapat dilihat nilai optimalnya dengan menggunakan metode permukaan respon *Central Composite Design (CCD)* dengan memperhatikan beberapa variabel dalam permesinan frais yang mempengaruhi optimasi permesinan itu sendiri yaitu kedalaman potong, kecepatan putar pahat, dan gerak makan (Jaya, 2008).

Untuk mengetahui proses permesinan yang optimal dan pengaruh sejumlah faktor, sering diperlukan data-data percobaan menggunakan berbagai macam metode dalam jumlah tak terbatas dan membutuhkan waktu lama, yang secara otomatis juga akan memerlukan biaya dalam jumlah yang besar pula. Beberapa teknik statistika dan matematika sering dipakai untuk melakukan pendekatan guna memperoleh

pemahaman terhadap kondisi optimal dari suatu proses, tanpa memerlukan data yang terlampau banyak. Diantara metode yang sering dipakai adalah metode permukaan respon *Central Composite Design (CCD)*.

Penggunaan sederhananya dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal (Nuryanti, 2008). Dibanding dengan metode lain yaitu *full factorial* yang jika digunakan untuk mencari hubungan interaksi menggunakan 3 faktor membutuhkan 27 sampel data, sedangkan menggunakan *Central Composite Design (CCD)* hanya memerlukan 20 sampel data, dan dengan tingkat keberhasilan penelitian sama besar, maka *Central Composite Design (CCD)* lebih tepat digunakan dalam penelitian ini. Kombinasi sejumlah faktor diatur polanya oleh metode permukaan respon *Central Composite Design (CCD)* pada permesinan frais untuk magnesium AZ31 dengan total sampel $2^3 + 6 + 6 = 20$. Sehingga didapatkan hasil pemotongan material yang lebih halus dan presisi (Ernawati, 2012). Faktor-faktor yang digunakan mengacu pada penelitian sebelumnya yaitu kecepatan putar pahat (v), kedalaman potong (d) dan gerak makan (f) dengan memakai 3 variabel bertingkat untuk masing - masing faktor (Andriyansyah, 2013).

Penelitian Thiagarajan tahun 2012 menunjukkan, metode *Central Composite Design (CCD)* yang digunakan untuk mengetahui nilai optimal dari permesinan *drill* pada baja sebagai matrik komposit, mengambil tingkat kepercayaan 95% semua hasil

grafiknya mendekati nilai +1 atau terdapat hubungan positif antara variabel dan respon. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan mengambil judul “**APLIKASI *CENTRAL COMPOSITE DESIGN* (CCD) DALAM OPTIMASI PERMESINAN PADUAN MAGNESIUM AZ31**”.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menerapkan Metode Permukaan Respon *Central Composite Design* pada proses permesinan magnesium AZ31
2. Mencari kondisi optimum permesinan magnesium AZ31
3. Membuat model matematika untuk kondisi optimum permesinan magnesium AZ31

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini diberikan agar pembahasan setelah hasil didapatkan lebih fokus dan terarah, batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah paduan magnesium AZ31, dengan komposisi paduan aluminium 1% dan zink 3%.
2. Permesinan magnesium menggunakan mesin frais vertikal dengan spesifikasi pahat adalah pahat HSS dengan metode *end milling* dan diameter pahat 8 mm.

3. Variabel yang digunakan dalam proses permesinan adalah kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong dengan 20 sampel kombinasi variabel sesuai dengan aturan metode permukaan respon *Central Composite Design* (CCD).
4. Respon yang diamati untuk melihat pengaruh kombinasi variabel kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman potong adalah umur pahat maksimal.
5. Umur pahat maksimal dalam penelitian ini ditandai ketika pahat telah mencapai nilai $aus V_b$ sebesar 0.2 .
6. Permodelan matematika yang digunakan untuk melihat nilai optimum dari penelitian ini adalah permodelan orde II.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah dengan menggunakan metode permukaan respon *Central Composite Design* (CCD) dapat diketahui adanya pengaruh kombinasi variabel dan kenaikan nilai variabel terhadap respon berupa nilai umur pahat saat mencapai $aus V_b$ sebesar 0.2.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang terdapat pada laporan penelitian ini terdiri dari:

1. Bab I. Pendahuluan. Bab ini berisi latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.
2. Bab II. Tinjauan Pustaka. Pada bab ini memuat teori mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian, yaitu: penjelasan material magnesium, permesinan

magnesium, mesin frais, karakteristik mesin frais dan pahat HSS, aplikasi metode permukaan respon – CCD.

3. Bab III. Metodologi Penelitian. Pada bab ini terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, peralatan, dan prosedur pengujian.
4. Bab IV. Data Dan Pembahasan. Pada bab ini berisikan hasil dan pembahasan dari data-data yang diperoleh saat pengujian dilaksanakan.
5. Bab V. Penutup. Pada bab ini berisi hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari penelitian yang dilakukan.
6. Daftar Pustaka. Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.
7. LAMPIRAN
Berisikan perlengkapan laporan penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Magnesium

Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling berlimpah dan merupakan sekitar 2% dari berat kerak bumi dan merupakan unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut. Magnesium sangat melimpah di alam dan ditemukan dalam bentuk mineral penting didalam bebatuan , seperti dolomit, magnetit, dan olivin. Ini juga ditemukan dalam air laut, air asin bawah tanah dan lapisan asin. Ini adalah logam struktural ketiga yang paling melimpah di kerak bumi, hanya dilampaui oleh aluminium dan besi. Amerika Serikat secara umum menjadi pemasok utama dunia logam ini. Amerika Serikat memasok 45% dari produksi dunia, bahkan pada tahun 1995 Dolomit dan magnesit ditambang sampai sebatas 10 juta ton per tahun, di negara-negara seperti Cina, Turki, Korea Utara, Slowakia, Austria, Rusia dan Yunani (Anonim, 2014).

Rapat massa magnesium adalah $1,738 \text{ gr/cm}^3$. Magnesium murni memiliki kekuatan tarik sebesar 110 N/mm^2 dalam bentuk hasil pengecoran (*Casting*) (Yunus,2012). Pertama kali diproduksi pada tahun 1808, logam magnesium didapat dengan cara elektrolitik atau reduksi termal. Pada metode elektrolisis, air laut dicampur dengan kapur (kalsium hidroksida) dalam tangki pengendapan. Magnesium hidroksida presipitat mengendap, disaring dan dicampur dengan

asam klorida. Larutan ini mengalami elektrolisis agar menghasilkan logam magnesium yang kemudian dituang/dicor menjadi batang logam untuk diproses lebih lanjut ke dalam berbagai bentuk. Penambahan Al diatas 11% meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik dan *fluidity* (keenceran).

Tabel 2.1. Sifat Fisik Magnesium (A kausar, 2014)

Sifat Fisik	Magnesium Paduan
Titik Cair, K	922 K
Titik Didih, K	1380 K
Energi Ionisasi, I	738 KJ/mol
Energi Ionisasi, II	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

Magnesium AZ31 itu sendiri merupakan bahan baku campuran magnesium dengan aluminium dan zink. Magnesium yang merupakan logam nonferro peredam getaran yang baik sehingga sering digunakan dalam aplikasi struktural dan non-struktural dimana berat sangat diutamakan terutama dalam industri transportasi karena berat atau tidaknya struktur kendaraan berpengaruh terhadap banyaknya konsumsi bahan bakar (Haris, 2013).

Industri manufaktur magnesium memerlukan beberapa karakteristik produk yang sesuai dengan sifat – sifat magnesium itu sendiri yaitu ringan, dan mudah diberikan perlakuan permesinan. Proses permesinan itu sendiri memiliki

persyaratan yang harus dipenuhi untuk mencapai kualitas yang diinginkan, persyaratan yang harus diperhatikan antara lain adalah :

1. Permesinan tersebut mampu membuang bahan dari benda kerja
2. Ditujukan untuk membuat komponen
3. Akurasi
4. Mendapatkan bentuk yang presisi
5. Waktu pemotongan pendek
6. Umur pahat panjang
7. Kualitas komponen yang tinggi
8. Biaya produksi rendah
9. Ramah terhadap lingkungan

Dalam industri manufaktur proses permesinan merupakan salah satu cara untuk menghasilkan produk dalam jumlah banyak dengan waktu relatif singkat. Banyak sekali jenis mesin yang digunakan, ini berarti mengarah pada proses yang berbeda-beda untuk setiap bentuk produk. Dalam proses permesinan frais, benda kerja merupakan jenis material dengan sifat mekanis tertentu yang dipotong secara kontinyu oleh pahat potong untuk menghasilkan bentuk sesuai keinginan, oleh sebab itu perlu penyesuaian material pahat. Karena hal tersebut, umur pahat menjadi salah satu persyaratan permesinan yang penting untuk diamati karena berkaitan langsung dengan persyaratan – persyaratan lain seperti biaya produksi rendah dan kualitas komponen yang tinggi (Rochim, 1993).

Penelitian Nuriyanti tahun 2008 menyebutkan bahwa memahami keterkaitan umur pahat dengan paduan faktor yang ada untuk permesinan frais menggunakan

magnesium AZ31 sebagai bahan uji diamati menggunakan metode respon permukaan *central composite design*. Metode ini menggabungkan teknik matematika dengan teknik statistika yang digunakan untuk membuat dan menganalisa suatu respon Y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas atau faktor X guna mengoptimalkan respon tersebut. Hubungan antara respon Y dan variabel bebas dapat dirumuskan sebagai :

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) + \hat{a}$$

dimana:

Y = variabel respon

X_i = variabel bebas/faktor ($i = 1, 2, 3, \dots, k$)

\hat{a} = *error*

Dengan melakukan penelitian ini, tujuan utama yang hendak dicapai adalah untuk mendapatkan model matematis yang dapat menggambarkan hubungan antara ketiga faktor tersebut dengan keausan dan kekasaran permukaan sekecil mungkin. Setelah itu, tujuan berikutnya adalah mencari kombinasi pengaturan untuk masing - masing faktor yang memberikan umur pahat dan kekasaran permukaan yang optimal. Kondisi yang optimal yang dimaksud disini adalah umur pahat yang relatif lebih lama dengan nilai kekasaran yang masih sesuai standar. Penelitian sejauh ini belum dapat menentukan nilai optimal untuk masing – masing faktor kombinasi yang telah ditentukan dari permesinan frais sehingga mampu menghasilkan kualitas produk yang baik disertai dengan umur pahat yang panjang. Untuk itu dilakukanlah penelitian ini dengan faktor yang telah dijelaskan sebelumnya. Magnesium bersifat lembut dengan modulus elastis yang sangat

rendah. Magnesium memiliki perbedaan dengan logam-logam lain termasuk dengan aluminium, besi tembaga dan nikel dalam sifat pengerjaannya dimana magnesium memiliki struktur yang berada didalam kisi heksagonal sehingga tidak mudah terjadi slip. Disamping itu, presentase perpanjangannya hanya mencapai 5% dan hanya mungkin dicapai melalui pengerjaan panas (Lukman, 2008).

Kebanyakan magnesium berasal dari air laut yang mengandung 0,13% magnesium dalam bentuk magnesium klorida. Pertama kali diproduksi pada tahun 1808, logam magnesium dapat didapat dengan cara elektrolitik atau reduksi termal. Pada metode elektrolisis, air laut dicampur dengan kapur (kalsium hidroksida) dalam tangki pengendapan. Magnesium hidroksida presipitat mengendap, disaring dan dicampur dengan asam klorida. Larutan ini mengalami elektrolisis (seperti yang dilakukan pada aluminium); agar eksploitasi menghasilkan logam magnesium, yang kemudian dituang/dicor menjadi batang logam untuk diproses lebih lanjut ke dalam berbagai bentuk. Dalam metode reduksi thermal, batuan mineral yang mengandung magnesium (dolomit, magnesit, dan batuan lainnya) dibagi dengan reduktor (seperti ferrosilicon serbuk, sebuah paduan besi dan silikon), dengan memanaskan campuran di dalam ruang vakum. Sebagai hasil reaksi ini, wujud uap dari magnesium, dan uap tersebut mengembun menjadi kristal magnesium. Kristal ini kemudian meleleh, halus, dan dituang menjadi batang logam untuk diproses lebih lanjut ke dalam berbagai bentuk.

2.2. Penandaan Paduan Magnesium

Penamaan paduan magnesium ditetapkan sebagai berikut :

1. Satu atau dua huruf awalan, menunjukkan elemen paduan utama.
2. Dua atau tiga angka, menunjukkan presentase 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 penamaan paduan magnesium AZ91C-T6 :
 - a. Unsur – unsur paduan utama adalah aluminium (A sebesar 9%, dibulatkan) dan seng (Z sebesar 1%).
 - b. Huruf C, huruf ketiga dari alphabet menunjukkan bahwa paduan ini adalah yang ketiga dari suatu standar (kemudian dari A dan B, yang merupakan paduan pertama dan kedua yang standar berturut – turut).
 - c. T6 pada nama magnesium paduan menunjukkan bahwa larutan ini telah direaksikan dari masa artifisial.

2.3. Penggunaan Paduan Magnesium

Aplikasi senyawa Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam (besi dan baja, logam non-ferro, kaca, dan semen. Dengan kepadatan hanya dua pertiga dari aluminium, magnesium memiliki banyak aplikasi dalam kasus di mana berat yang ringan sangat penting, yaitu dalam konstruksi pesawat terbang dan rudal.



Gambar 2.1 Produk magnesium dalam bidang otomotif

Paduan magnesium khusus digunakan di dalam pesawat terbang, peralatan penanganan material, perkakas listrik portabel, tangga, koper, sepeda, barang olahraga, dan komponen ringan umum. Paduan ini tersedia sebagai produk cor/tuang (seperti bingkai kamera) atau sebagai produk tempa (seperti konstruksi dan bentuk balok/batangan, benda tempa, dan gulungan dan lembar plat).

Paduan magnesium juga digunakan dalam percetakan dan mesin tekstil untuk meminimalkan gaya inersia dalam komponen berkecepatan tinggi. Karena tidak cukup kuat dalam bentuk yang murni, magnesium dipadukan dengan berbagai elemen untuk mendapatkan sifat khusus tertentu, terutama kekuatan untuk rasio berat yang tinggi. Berbagai paduan magnesium memiliki pengecoran, pembentukan, dan karakteristik pemesinan yang baik. Karena magnesium mengoksidasi dengan cepat (*pyrophoric*), ada resiko/bahaya kebakaran, dan tindakan pencegahan yang harus diambil ketika proses pemesinan, grinding, atau pengecoran pasir magnesium. Meskipun demikian produk yang terbuat dari magnesium dan paduannya tidak menimbulkan bahaya kebakaran selama penggunaannya normal. Sifat-sifat mekanik magnesium terutama memiliki kekuatan tarik yang sangat rendah. Oleh karena itu magnesium murni tidak dibuat dalam teknik. Paduan magnesium memiliki sifat-sifat mekanik yang lebih baik serta banyak digunakan. Unsur-unsur paduan dasar magnesium adalah aluminium,

seng dan mangan. Magnesium juga memiliki banyak kegunaan kimia dan sifat metalurgi yang baik, sehingga membuatnya sesuai untuk berbagai aplikasi non-struktural lainnya. Magnesium banyak digunakan dalam industri, bidang pertanian dan kesehatan.



Gambar 2.2 Pemanfaatan magnesium dalam bidang kesehatan

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 (Mugiono, 2013).

Jika magnesium telah mengandung unsur paduan dengan jenis dan kadar yang memadai dan memiliki sifat tertentu maka untuk mencapai sifat yang dikehendaki dapat dipertimbangkan untuk kemungkinan dapat diperbaiki serta penyempurnaan melalui proses perlakuan panas, akan tetapi untuk peningkatan tegangannya hanya magnesium dengan unsur aluminium dan *rare metal* yang memungkinkan dapat ditingkatkan, hal ini juga masih tergantung pada kesesuaian dan ketepatan prosedur pelaksanaannya sehingga dapat dicapai sifat yang sesuai dengan

kebutuhan, untuk itu prosedur berikut merupakan bagian dari pelaksanaan perlakuan terhadap magnesium, antara lain:

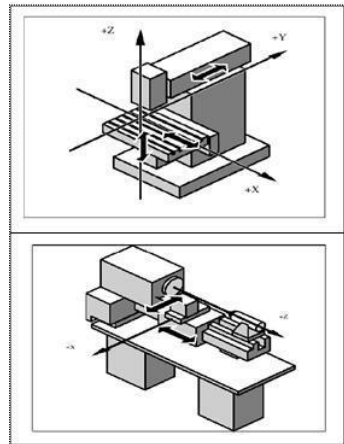
1. *Natural Ageing*
2. *Precipitation treatment*
3. *Precipitation without previous solution treatment* (pengendapan tanpa pelarutan awal)

Dengan demikian bahan paduan ini harus didinginkan diudara atau *diquenching* setelah proses pelarutan dengan prosedur yang benar.

2.4. Pemesinan Frais (*Milling Machining*)

Pemesinan frais (*Milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Mesin yang digunakan untuk memegang benda kerja memutar pahat dan penyayatannya disebut mesin frais (*Milling Machine*). Proses pemesinan dilakukan dengan cara memotong bagian benda kerja yang tidak digunakan dengan menggunakan pahat (*cutting tool*), sehingga terbentuk permukaan benda kerja menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat yang digunakan pada satu jenis mesin perkakas akan bergerak dengan gerakan yang relatif tertentu (berputar atau bergeser) disesuaikan dengan bentuk benda kerja yang akan dibuat. Yang termasuk dalam pemesinan yaitu: Perhitungan parameter untuk pekerjaan dengan mesin perkakas, struktur dan kekuatan bahan, klasifikasi dan elemen dasar proses pemesinan, mekanisme pembentukan tatal (*chip*), prinsip - prinsip dasar gesekan, pelumasan dan keausan geometri pahat, cairan pemotong, alat - alat potong, proses - proses *finishing*

dalam pengerjaan logam. Sedangkan, yang termasuk dalam pemesinan yaitu: proses bubut (*turning*), proses menyekrap (*shaping* dan *planing*), proses pembuatan lubang (*drilling*), proses mengefrais (*milling*), proses menggerinda (*grinding*), proses menggergaji (*sawing*), proses memperbesar lubang (*boring*).



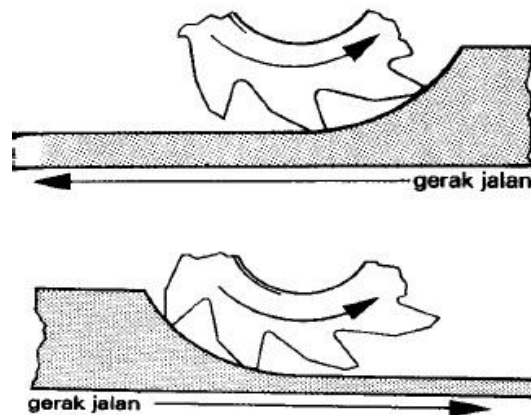
Gambar 2.3 Pemesinan frais dan bubut



Gambar 2.4 Mesin frais tipe Milko-12

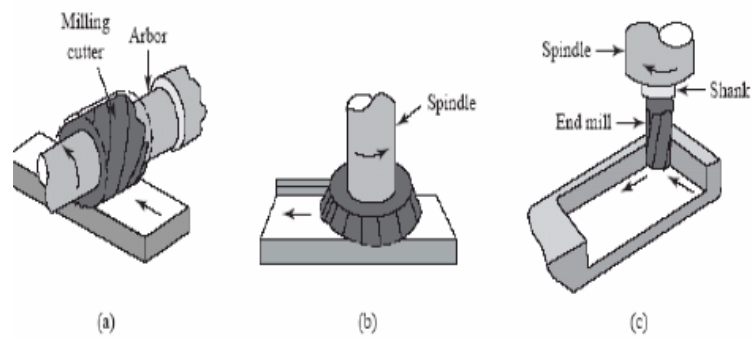
Mesin frais dapat melakukan pekerjaan seperti memotong, membuat roda gigi, menghaluskan permukaan, dan lain-lain. Prinsip kerja dari proses *milling* adalah

pemotongan benda kerja dengan menggunakan pahat bermata majemuk yang dapat menghasilkan sejumlah geram. Benda kerja diletakkan di meja kerja kemudian, dipasang pahat potong dan disetel kedalaman potongnya. Setelah itu, benda kerja didekatkan ke pahat potong dengan pompa berulir, untuk melakukan gerak memakan sampai dihasilkan benda kerja yang diinginkan.



Gambar 2.5 Gerak makan mesin frais (Rasum, 2006)

Klasifikasi proses frais berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan dan posisi relatif terhadap benda kerja dibagi menjadi tiga yaitu *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu putaran pahat biasanya sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat. Kemudian terdapat *face milling*, proses frais ini pahat dipasang pada spindle yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari penyayatan oleh ujung dan selubung pahat. Yang terakhir yaitu *end milling*, pahat biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan sudut.



Gambar 2.6 Klasifikasi proses frais (Paryanto, 2012)

2.5. Jenis Mesin Frais

Jenis mesin frais yang pertama adalah mesin frais vertikal. Sesuai dengan namanya, yang dimaksud vertikal sebenarnya adalah poros spindlenya yang dikonstruksikan dalam posisi tegak. Semua bagian yang terdapat pada mesin frais tegak sama seperti pada mesin frais horizontal hanya saja posisi spindlenya saja yang berbeda.



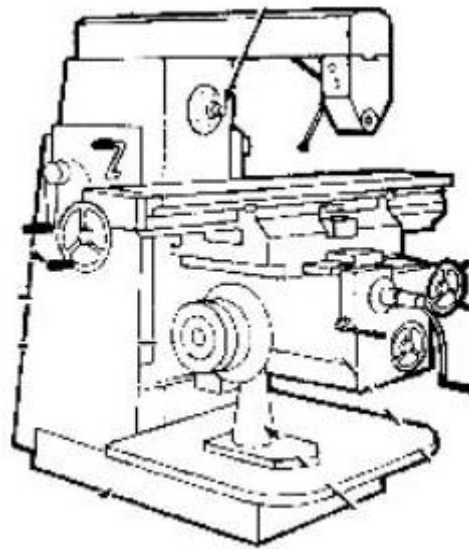
Gambar 2.7 Mesin frais vertikal

Kepala mesin yang tegak dapat diputar ke kiri atau ke kanan serta dapat digerakkan naik, sehingga mesin dapat digunakan untuk membuat benda

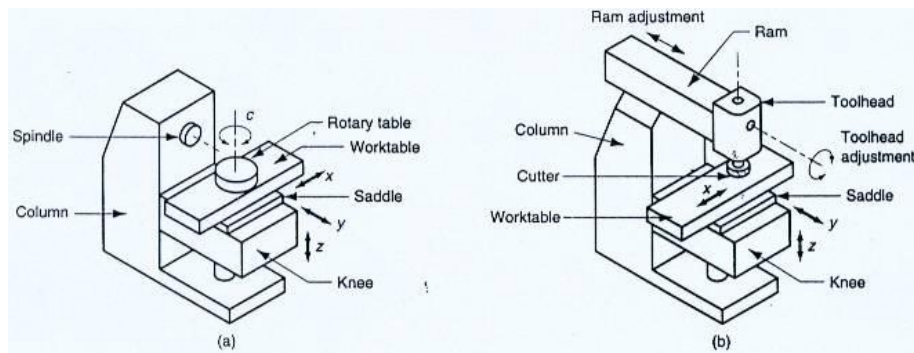
kerja yang tidak dapat dilakukan dengan mesin frais datar. Jenis yang kedua adalah mesin frais horizontal. merupakan mesin frais yang poros utamanya sebagai pemutar dan pemegang alat potong pada posisi mendatar. frais horizontal dapat digunakan untuk mengerjakan pekerjaan sebagai berikut ini antara lain mengefrais rata, mengefrais ulur., mengefrais roda gigi lurus, mengefrais bentuk., membelah atau memotong.

Bagian – bagian utama dari mesin frais antara lain adalah :

1. Spindle utama, merupakan bagian yang terpenting dari mesin milling. Tempat untuk mencekam alat potong.
2. Meja / table, merupakan bagian mesin milling, tempat untuk benda kerja.
3. Motor drive, merupakan bagian mesin yang berfungsi menggerakkan bagian - bagian mesin yang lain seperti spindle utama, meja (*feeding*) dan pendingin (*cooling*).
4. Tranmisi, merupakan bagian mesin yang menghubungkan motor penggerak dengan yang digerakkan.
5. Knee, merupakan bagian mesin untuk menopang / menahan meja mesin. Pada bagian ini terdapat transmisi gerakan pemakanan (*feeding*).
6. Column / tiang, merupakan badan dari mesin. Tempat menempelnya bagian – bagian mesin yang lain.
7. Base / dasar, merupakan bagian bawah dari mesin milling. Bagian yang menopang badan / tiang tempat cairan pendingin.
8. Control, merupakan pengatur dari bagian – bagian mesin yang bergerak.



Gambar 2.8 Mesin frais horizontal



Gambar 2.9 Bagian – bagian utama mesin frais

2.6. Integritas Permukaan Benda Kerja Frais

Setelah benda kerja selesai mengalami proses pemesinan, kualitas dari benda kerja tersebut dapat dilihat dari banyak hal salah satunya adalah kekasaran permukaan.

Faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan adalah :

1. Jenis pahat
2. Jenis bahan yang dipotong
3. Keadaan aus pahat

4. Temperatur semasa pemotongan

5. Parameter pemotongan

Keberhasilan pemotongan dengan mesin frais dipengaruhi oleh kemampuan pemotongan alat potong dan mesin. Kemampuan pemotongan tersebut menyangkut kecepatan potong dan pemakanan. Kecepatan potong pada mesin frais dapat didefinisikan sebagai panjangnya geram yang terpotong oleh satu mata potong pisau frais dalam satu menit. Kecepatan potong untuk tiap-tiap bahan tidak sama. Umumnya makin keras bahan, makin kecil harga kecepatan potongnya dan juga sebaliknya. Kecepatan potong dalam pengefraisan ditentukan berdasarkan harga kecepatan potong menurut bahan dan diameter pisau frais.

Jika pisau frais mempunyai diameter 100 mm maka satu putaran penuh menempuh jarak $p \times d = 3.14 \times 100 = 314$ mm. Jarak ini disebut jarak keliling yang ditempuh oleh mata pisau frais. Bila pisau frais berputar n putaran dalam satu menit, maka jarak yang ditempuh oleh mata potong pisau frais menjadi $p \times d \times n$. Jarak yang ditempuh mata pisau dalam satu menit disebut juga dengan kecepatan potong (v). Pemakanan dan kedalaman potong juga menentukan hasil pengefraisan. Pemakanan maksudnya adalah besarnya pergeseran benda kerja dalam satu putaran pisau frais. Pemakanan mempengaruhi gerakan geram terlepas dari benda. Faktor dalamnya pemotongan dan tebalnya geram juga menentukan proses pemotongan (Rusnaldy, 2011). Ada tiga parameter utama yang berpengaruh terhadap gaya potong, peningkatan panas keausan dan integritas permukaan benda kerja yang dihasilkan. Ketiga parameter itu adalah laju pemotongan (v), laju pemakanan (f), dan kedalaman potong (d). Laju pemotongan adalah kecepatan keliling benda kerja dengan satuan (m/min), laju pemakanan

adalah perpindahan atau jarak tempuh pahat tiap satuan gerak makan benda kerja dengan satuan (mm/rev), kedalaman potong adalah tebal material terbang pada arah makan dengan satuan (mm) (Anonim, 2013).

Dalam proses pemotongan material pada proses frais, kedalaman potong merupakan salah satu parameter pemotongan dengan besar kecilnya kedalaman potong dibutuhkan gaya potong agar dapat memotong material, dengan semakin meningkat kedalaman potong maka gaya potong meningkat sehingga akan terjadi beban bengkok yang menyebabkan perubahan defleksi hingga hasil akhir yang dicapai adalah kekasaran permukaan. Laju pemakanan juga merupakan salah satu parameter pemotongan yang harus tersedia. Besar kecil laju pemakanan untuk proses pemotongan harus sesuai dengan benda kerja yang akan dipotong. Langkah laju pemakanan yang berupa langkah per-putaran serta jumlah flute dapat menghasilkan jumlah laju pemakanan langkah per-gigi yang bisa mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan. Semakin banyak jumlah flute maka dapat menghasilkan tingkat kekasaran permukaan semakin halus. Dengan demikian antara kedalaman potong dan laju pemakanan jalan sendiri-sendiri sesuai dengan fungsi masing-masing. Sehingga dalam proses pemotongan antara kedalaman potong dan laju pemakanan tidak ada interaksi (Nur, 2012).

2.7. Metode Permukaan Respon

Metode permukaan respon (*response surface methodology*) adalah suatu kumpulan dari teknik – teknik statistika dan matematika yang berguna untuk menganalisis permasalahan tentang beberapa variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak bebas atau respon, serta bertujuan mengoptimalkan respon itu sendiri. Dengan

demikian, metode permukaan respon dapat dipergunakan oleh peneliti untuk : mencari suatu fungsi pendekatan yang cocok untuk meramalkan respon yang akan datang, serta menentukan nilai – nilai dari variabel bebas yang mengoptimalkan respon yang dipelajari (Gasperz, 1990). Digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas/faktor x guna mengoptimalkan respon tersebut. Hubungan antara respon y dan variabel bebas x adalah:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \varepsilon$$

dimana:

Y = variabel respon

X_i = variabel bebas/ faktor ($i = 1, 2, 3, \dots, k$)

ε = error

Metode permukaan respon juga merupakan gabungan dari teknik matematika dan statistika yang digunakan dalam pemodelan dan analisis dimana respon yang diamati dipengaruhi oleh sejumlah variabel. Metode Permukaan Respon bertujuan untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 1984). Metode Permukaan Respon bertujuan untuk membantu peneliti dalam melakukan improvisasi untuk mendapatkan hasil optimum secara tepat dan efisien. Setelah daerah percobaan ditemukan, model respon dengan tingkat ketepatan lebih tinggi dapat digunakan untuk mendapatkan nilai variabel sebenarnya yang akan menghasilkan respon optimum. Metode ini memberikan kemudahan dalam menentukan kondisi proses

optimum baik pada sistem maupun pada jarak faktor yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang sangat memuaskan (Montgomery, 2001).

Secara umum, jenis variabel (dilihat dari sifat hubungan antar variabel) dapat dibedakan pada variabel independen dan variabel dependen. Istilah variabel independen dan variabel dependen berasal dari logika matematika, di mana X dinyatakan sebagai yang 'mempengaruhi atau sebab' dan Y sebagai yang 'dipengaruhi atau akibat'. Namun pengertian ini tentu tidak selalu menggambarkan hakikat yang sebenarnya dari konsep variabel independen dan dependen. Sebab dalam kenyataan, khususnya dalam penelitian ilmu-ilmu sosial, hubungan antar variabel tidak selalu merupakan hubungan kausal. Yang dapat dipastikan adalah, bahwa terdapat variabel yang saling berhubungan, di satu pihak ada yang disebut variabel independen dan di pihak lain ada yang disebut variabel dependen. Kedua variabel ini diperlukan oleh setiap penelitian kuantitatif. Adapun sifat hubungan itu ada yang bersifat kausal, dan ada yang tidak demikian. Selain itu ada beberapa catatan yang perlu dipahami dalam mempelajari dua variabel, independen dan dependen. Dalam suatu hubungan antar kedua variabel itu, keberadaan variabel independen adalah sesuatu yang harus diterima, tanpa mempersoalkan 'mengapa' variabel independen itu demikian. Ini dapat dinyatakan sebagai suatu kepastian, sebab jika suatu variabel masih dicaritahu hal-hwal pembentuknya, maka ia akan berubah posisi menjadi variabel antara (*intervening variabel*), yaitu suatu variabel yang menghubungkan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Variabel independen, khususnya dalam eksperimen, dapat dimanipulasi oleh peneliti. Di sini dianut keyakinan, bahwa variabel dependen akan diketahui

tingkat perubahannya bila variabel terlebih dahulu dipersiapkan. Bila seorang ahli farmakologi, misalnya, ingin tahu dosis pemakaian dan khasiat suatu obat yang baru diraciknya, maka ia harus terlebih dahulu menakar obat yang akan diberikannya kepada 'kelinci' percobaannya. Karena itu dapat pula dikatakan, bahwa variabel independen adalah variabel yang meramalkan, sedangkan variabel dependen adalah variabel yang diramalkan. Dalam penelitian yang menggunakan tiga variabel atau lebih (*multivariat*), selain variabel independen dan dependen masih ada lagi sejumlah variabel lainnya yang menempati posisi tertentu dalam hubungan antar variabel. Secara umum, variabel-variabel itu disebut variabel kontrol. Disebut variabel kontrol, karena variabel tersebut berfungsi untuk mengontrol variabel independen dan atau variabel dependen.

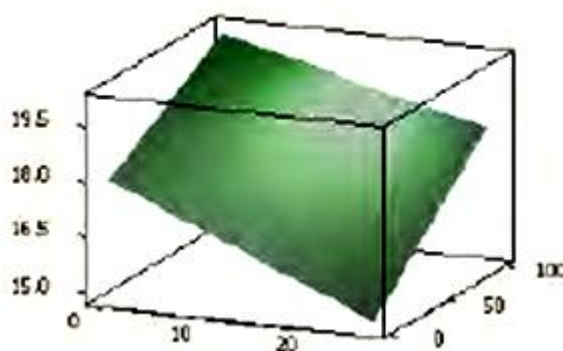
1. Penggunaan Metode Permukaan Respon

Pada dasarnya analisis permukaan respon adalah serupa dengan analisis regresi yaitu menggunakan prosedur pendugaan parameter fungsi respon berdasarkan kuadrat terkecil (*Least Square Method*). Perbedaanya dengan regresi linear adalah dalam analisis respon diperluas dengan menerapkan teknik-teknik matematik untuk menentukan titik-titik optimum agar dapat ditentukan respon yang optimum (maksimum atau minimum) (Montgomery, 2001). Pada metodologi permukaan respon, variabel bebas didefinisikan sebagai X_1, X_2, \dots, X_K dan diasumsikan sebagai variabel kontinyu, sedangkan respon didefinisikan sebagai variabel tak bebas Y yang merupakan variabel acak (Montgomery, 2001). Hubungan matematika menggambarkan respon percobaan dan variabel-variabel bebas tidak diketahui, sehingga langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan perkiraan yang sesuai untuk hubungan matematika

tersebut. Jika hubungan matematika diketahui, maka dapat digunakan untuk menentukan kondisi operasi paling efisien. Menurut Garsperz (1992), biasanya tahap awal dirumuskan model regresi polinomial dengan ordo yang rendah, misal berordo satu yang tidak lain merupakan model regresi linier, dengan persamaan berikut :

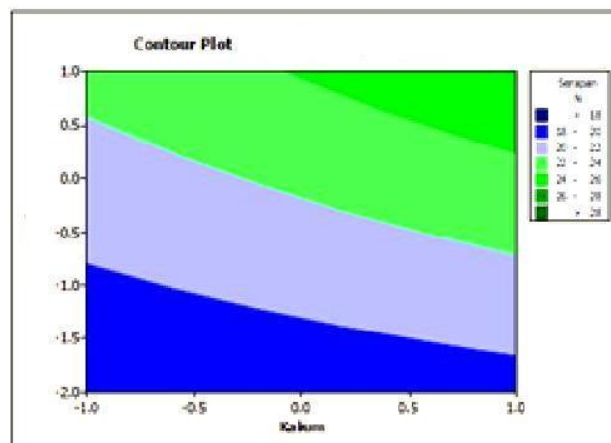
$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + E$$

Seringkali dalam kebanyakan masalah percobaan, tidak diketahui secara pasti dimana lokasi maksimum yang diharapkan berada. Dengan demikian dapat terjadi bahwa dugaan awal tentang kondisi optimum dari sistem akan berbeda jauh dari kondisi optimum yang aktual. Untuk membantu kondisi tersebut dapat digunakan prosedur dakian tercuram untuk mencari daerah respon maksimum dan mendapatkan titik-titik optimum. Percobaan dibangkitkan sepanjang lintasan dakian tercuram sampai tidak diperoleh lagi peningkatan respon yang diamati (Gasperz, 1992). Penyelesaian optimasi fungsi permukaan multi respon yaitu menentukan nilai respon yang optimum biasanya digunakan plot kontur dari taksiran fungsi respon-responnya.



Gambar 2.10 Plot metode permukaan respon

Tetapi pada beberapa kasus terdapat sejumlah respon yang harus dioptimasi secara simultan. Untuk mengatasi masalah diatas, ada beberapa metode optimasi penentuan fungsi permukaan multirespon secara simultan, diantaranya metode sistem multi respon yang merupakan perluasan dari metode sistem dual respon, metode dengan jarak yang diperluas, metode daerah kepercayaan yang dibatasi untuk multi respon orde dua dan metode *cone* kepercayaan yang dibatasi untuk multi respon orde satu. (Hari, 2010)



Gambar 2.11 Kontur metode permukaan respon (minitab.com ,2017)

Permasalahan umum pada metode permukaan respon adalah bentuk hubungan yang terjadi antara perlakuan dan respon tidak diketahui. Jadi langkah pertama yang dilakukan adalah mencari bentuk hubungan antara respon dengan perlakuannya. Setelah bentuk hubungan yang paling fit diperoleh, langkah selanjutnya adalah mengoptimalkan hubungan tersebut. Secara garis besar langkah – langkah dalam menganalisa metode permukaan respon yaitu : merancang percobaan, membuat model dan melakukan optimalisasi. Korelasi

variabel dapat bersifat linier atau non linier. Korelasi dikatakan linier apabila titik (x_i, y_i) pada diagram tebar (*scatter diagram*) terlihat mengelompok atau bergerombol di sekitar garis lurus, sedangkan korelasi dikatakan nonlinier apabila titik-titik (x_i, y_i) terletak di sekitar kurva nonlinier. Di dalam analisis korelasi sederhana, kemungkinan akan dijumpai bahwa dua variabel berkorelasi positif, negatif, atau tidak berkorelasi.

Dua variabel dikatakan berkorelasi positif, jika mereka cenderung berubah secara bersama dalam arah yang sama, dengan kata lain, jika mereka cenderung meningkat atau menurun secara bersama. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dua variabel berkorelasi positif apabila nilai-nilai yang besar dari satu variabel berhubungan dengan nilai-nilai yang besar dari variabel lain, demikian pula nilai-nilai yang kecil dari satu variabel berhubungan dengan nilai-nilai yang kecil dari variabel lain. Sebagai teladan, dua buah variabel yang berkorelasi positif dipostulatkan oleh teori produksi untuk variabel penggunaan input (X) dan variabel output produksi (Y), di mana semakin banyak input yang digunakan maka semakin banyak pula output yang dihasilkan, demikian pula sebaliknya.

Dua variabel dikatakan berkorelasi negatif, jika mereka cenderung berubah dalam arah yang berlawanan, di mana apabila X meningkat, Y menurun, demikian pula sebaliknya apabila X menurun, Y meningkat. Dengan kata lain, dua buah variabel X dan Y dikatakan berkorelasi negatif, jika nilai-nilai yang besar dari variabel X cenderung berhubungan dengan nilai-nilai yang kecil dari variabel Y, demikian pula sebaliknya nilai-nilai yang kecil dari variabel X

cenderung berhubungan dengan nilai-nilai yang besar dari variabel Y (Gasperz,1992).

Bentuk hubungan yang sebenarnya antara respon dan variabel bebas pada umumnya tidak diketahui. Yang dapat dilakukan adalah melakukan pendugaan terhadap model hubungan tersebut. Model yang seringkali digunakan adalah model polinomial ordo rendah, yaitu ordo pertama dan ordo kedua. Jika sebuah respon y dipengaruhi oleh variabel bebas x_1 dan x_2 maka bentuk hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$y = f(x_1, x_2) + \epsilon$$

Tetapi apabila model tidak linier atau terdapat pola melengkung (*curvature*) maka dapat digunakan model polinomial ordo kedua, untuk model ini perlu dilakukan uji ketidak-cocokan model (*lack of fit test*). Sedangkan bentuk kontur dari permukaan respon bisa diperoleh dengan menggunakan software untuk analisa permukaan respon. Dalam *Response Surface Design* dengan blok yang ortogonal maka pengaruh blok tidak berpengaruh terhadap taksiran parameter model *response surface*.

Untuk desain ordo-2 dengan blok ortogonal, harus memenuhi dua kondisi :

1. Masing-masing blok pada ordo-1 harus ortogonal, yaitu :

$$\sum_{u=1}^{n_b} x_{iu} x_{ju} = 0 \text{ untuk } i \neq j = 0, 1, \dots, k, \text{ untuk semua } b$$

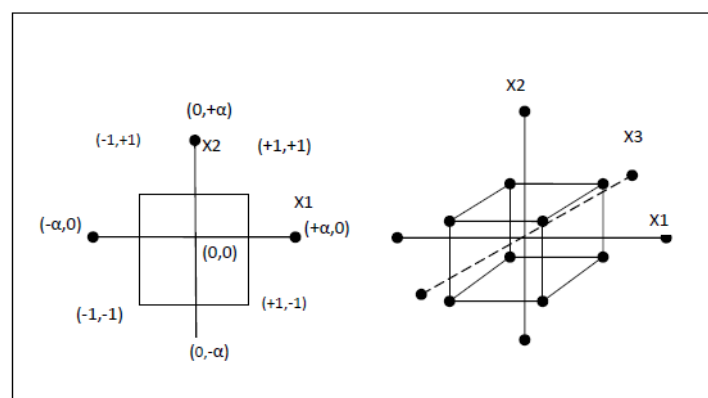
Dan x_{iu} dan x_{ju} merupakan taraf ke- i dan ke- j variabel pada *run* ke- u pada percobaan dengan $x_{0u} = 1$ untuk semua u .

2. Bagian dari Jumlah Kuadrat Total untuk masing-masing variabel harus sama dengan bagian dari total observasi pada setiap blok .

N adalah banyaknya run pada desain yang digunakan.

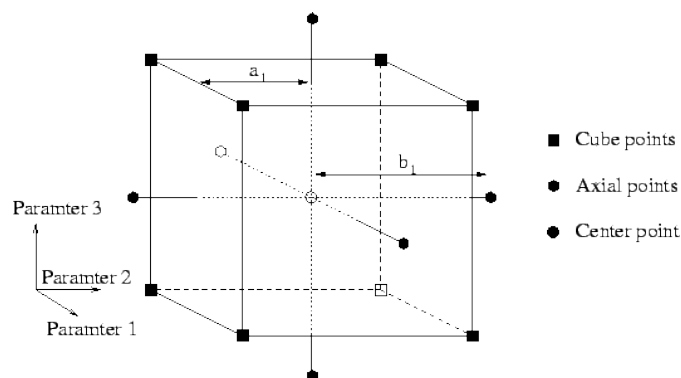
2. Central Composite Design

G. E. P. Box dan K. B. Wilson (1951) pertama kali mengenalkan metode permukaan. Dalam bukunya, mereka menyatakan bahwa eksperimen yang berkaitan dengan statistik harus sangat fleksibel dan memungkinkan adanya iterasi (perulangan). Mereka mengenalkan pula sebuah rancangan percobaan yaitu *central composite design* (CCD). Hoerl (1959) dan Draper (1963) membahas konsep mengenai analisis ridge. Inti dari analisis ridge adalah prosedur akar temuan dari Lagrange Multiplier untuk persamaan stasioner sehingga memenuhi persamaan pembatas *spherical* (bola). Analisis ini bertujuan untuk mencari estimasi dari kondisi optimum di dalam wilayah *spherical* (bola) pada percobaan selama proses optimasi. Untuk mengidentifikasi dan menentukan model permukaan respon yang sesuai, diperlukan langkah-langkah mulai dari eksperimen desain, teknik pemodelan regresi, sampai metode optimasi dasar.



Gambar 2.12 *Central Composite Design*

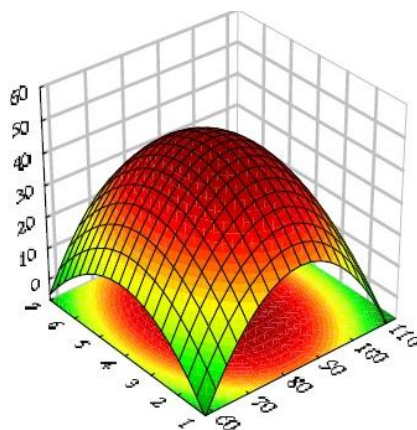
Titik – titik pada rancangan 2 dimensi digunakan untuk membentuk model orde satu, sedangkan penambahan centre runs pada rancangan 3 dimensi digunakan untuk membentuk model orde dua.



Gambar 2.13 *Central Composite Design* 3 faktor

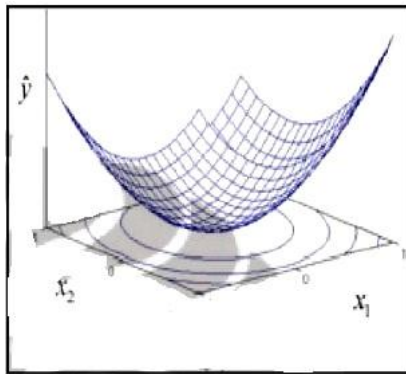
Pada *central composite design* (CCD), agar kualitas dari prediksi jadi lebih baik maka rancangannya selain memiliki sifat orthogonal juga harus *rotatable* jika ragam dari variabel respon benar – benar tidak diketahui. Dengan kata lain ragam dari variabel respon yang diduga sama untuk semua titik asalkan titik – titik tersebut memiliki jarak yang sama dari pusat rancangan (*centre runs*). Kurva tiga dimensi (*Three dimensional response surface and contour plot*) digunakan untuk menguji kebenaran pengaruh variabel percobaan pada hasil yang diperoleh.. Koefisien-koefisien pada model empirik diestimasi dengan menggunakan analisis regresi multiarah. Kesesuaian model empirik dengan data eksperimen dapat ditentukan dari koefisien determinasi (R^2). Untuk menguji signifikan atau tidaknya model empirik yang dihasilkan digunakan ANOVA (*Analysis of Variance*).

Kecocokan model orde dua *Central Composite Design* (CCD) banyak digunakan. Secara umum, CCD mempunyai faktorial $2k$ dengan banyak data (nf), sumbu ($2k$), dan pusat (nc). CCD sangat efisien untuk kecocokan model orde dua. Dua parameter spesifik dalam CCD adalah jarak sumbu α yang dijalankan dari pusat desain dan jumlah titik pusat nc (Montgomery, 2001).



Gambar 2.14 Titik maksimum pada CCD (minitab.com ,2017)

Eksperimen dengan metode permukaan respon dilakukan dalam dua tahap, yaitu eksperimen tahap I dan eksperimen tahap II. Desain eksperimen yang digunakan pada eksperimen tahap I adalah desain faktorial dua level, sedangkan desain eksperimen yang digunakan pada eksperimen tahap II adalah *Central Composite Design* (CCD). Tahapan dalam metode permukaan respon pada intinya meliputi: mencari fungsi aproksimasi yang menyatakan hubungan antara variabel respon dengan variabel-variabel independen, mengestimasi parameter-parameter dari fungsi aproksimasi yang diperoleh dengan metode kuadrat terkecil, dan selanjutnya dilakukan analisis pengepasan permukaan.



Gambar 2.15 Permukaan Respon Titik Minimum Pada CCD

Sebagai contoh, antara variabel bebas berupa waktu reaksi, temperatur reaksi, dan konsentrasi reaktan mempengaruhi hasil reaksi kimia yang dinyatakan dalam model regresi serta dapat dipandang sebagai permukaan respon. Metode permukaan respon dapat ditentukan besarnya waktu reaksi, temperatur reaksi, dan konsentrasi reaktan yang akan memberikan hasil optimum.

Metode permukaan respon terutama tidak digunakan untuk memahami mekanisme sistem secara keseluruhan tetapi metode ini bisa membantu menambah referensi sebagai pengetahuan. Tujuan utama dari metode permukaan respon adalah menentukan kondisi pengoperasian yang optimum atau menentukan daerah dari variabel bebas agar kondisi optimum respon tercapai.

2.8. Optimasi Pemesinan

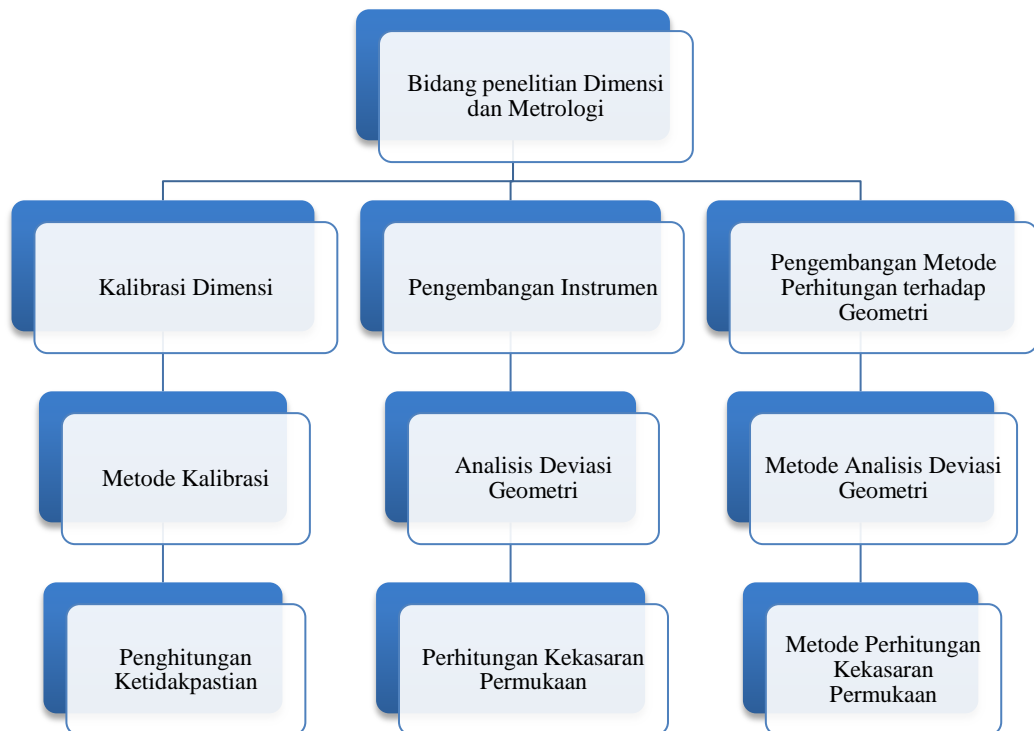
Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai), optimasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimum dan maksimum yang akan memberikan solusi

optimal (*Wikipedia : Optimasi 2007*). Metode optimasi modern juga disebut metode optimasi yang ampuh dan populer untuk menyelesaikan masalah teknik optimasi yang kompleks. Dalam penelitian kemampuan mesin, rancangan percobaan statistik sangat umum di gunakan dan data yang tepat dapat di analisis dengan metoda statistik hingga menghasilkan kesimpulan yang sah dan objektif. Untuk memperoleh pemotongan optimum metode permukaan respon dalam optimasi ini di gunakan karena merupakan bagian dari teknik matematika dan statistik yang berfungsi untuk pemodelan dan analisis dari masalah dimana *response* yang diteliti dan menentukan korelasi antara satu *response* atau lebih yang diukur adalah merupakan faktor yang sangat penting.

1. Faktor – faktor pertimbangan dalam optimasi proses pemesinan :

- a. Kondisi pemotongan
- b. Jenis pahat
- c. Kecepatan waktu produksi
- d. Jenis mesin

Tabel 2.2 Proses optimasi pemesinan



Dalam dunia nyata tidak pernah ada fenomena alami yang 100% dapat di jelaskan oleh sebuah fenomena alami lainnya. Secara statistik, tidak pernah dijumpai satu variabel yang hanya dijelaskan oleh satu variabel lainnya. secara Filosofis, tidak ada suatu konsep yang hanya dapat dijelaskan oleh satu konsep lainnya.

Central Composite Design menggunakan 20 sampel penelitian dan jika membandingkan dengan memakai *full factorial* sampel yang digunakan lebih banyak yaitu berjumlah 27 sampel. Dibandingkan dengan menggunakan *Box Behnken* memang jumlahnya termasuk lebih banyak, namun nilai *error* yang dihasilkan lebih kecil daripada menggunakan CCD karena CCD terdapat komponen titik aksial yang mampu mereduksi *error* penelitian.

2.9. Penggunaan *Software* Pada Rancangan Optimasi Pemesinan

Diantara beragam penggunaan software untuk pengaplikasian metode permukaan respon pada rancangan optimasi pemesinan yang dipakai beberapa peneliti untuk digunakan karena penggunaannya telah banyak digunakan, adalah :

1. *Design Expert*
2. Matlab
3. Minitab

2.10. Minitab

Minitab adalah program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistik. Minitab mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya Microsoft Excel dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks. Minitab dikembangkan di Pennsylvania State University oleh periset Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr., dan Brian L. Joiner pada tahun 1972. Minitab memulai versi ringannya OMNITAB, sebuah program analisis statistik oleh NIST. Minitab didistribusikan oleh Minitab Inc, sebuah perusahaan swasta yang bermarkas di State College, Pennsylvania, dengan kantor cabang

di Coventry, Inggris (Minitab Ltd.) Paris, Perancis (Minitab SARL) dan Sydney, Australia (Minitab Pty.).

Minitab mempunyai dua layar primer, yaitu *worksheet* (lembar kerja) untuk melihat dan mengedit lembar kerja, serta sesi *Command* yang merupakan layar untuk menampilkan hasil. Perintah-perintah Minitab dapat diakses melalui menu, kotak dialog maupun perintah interaktif.

Minitab memberikan berbagai keunggulan dalam mengolah data dan dapat dibagi dalam 2 keunggulan :

1. Keunggulan dari segi manfaat minitab

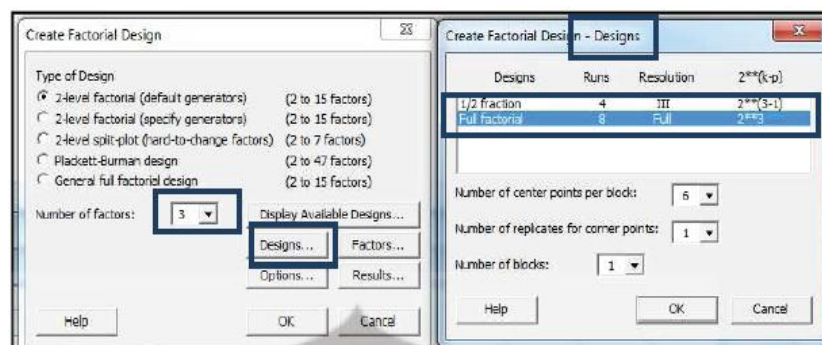
Minitab memiliki keunggulan dari pengolahan data statistic, misalnya *analysis of variance* (ANNOVA), disain eksperimen, analisis *multivariate* dan lain-lain. Minitab memberikan fasilitas membuat grafik statistic secara mudah dan menampilkan dalam bentuk lebih informatif.

2. Keunggulan dari segi aplikasi Minitab

- a. Minitab menyediakan *star guide* yang menjelaskan cara melakukan interpretasi tabel dan grafik statistic dengan cara yang mudah dipahami.
- b. Minitab memiliki dua layar primer yaitu *worksheet* (lembar kerja) dan sesi *command* (layar untuk menampilkan hasil).
- c. Minitab menyediakan fasilitas makro untuk membuat program yang berulang kali dipakai, memperluas fungsi minitab serta mendesain perintah sendiri.

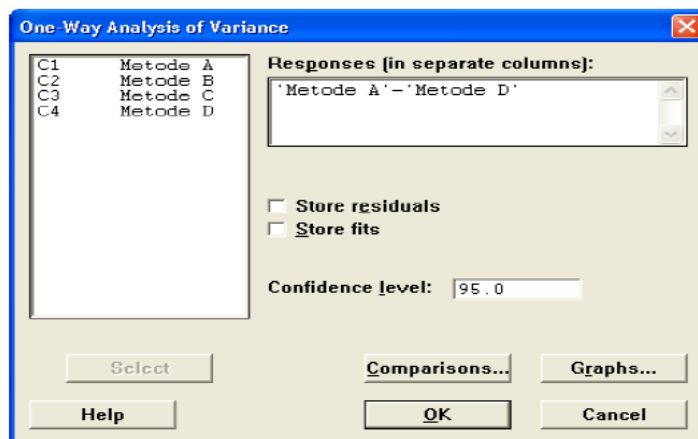
Kini, Minitab seringkali digunakan dalam implementasi *Six Sigma*, CMMI serta metode perbaikan proses yang berbasis statistika lainnya. Minitab Inc. juga membuat perangkat lunak sebagai pelengkap Minitab 16. *Quality Trainer*; sebuah paket *eLearning* yang mengajarkan metode statistik dan konsep dalam konteks perbaikan kualitas yang terintegrasi dengan Minitab 16 dan *Quality Companion 3*, sebuah perangkat lunak untuk mengelola proyek *Six Sigma* dan *Lean Manufacturing* yang memungkinkan data Minitab di kombinasikan dengan dan manajemen proyek.

Diantara dari beberapa kegunaan perangkat lunak Minitab adalah sebagai berikut : Mengelola data dan file - *spreadsheet* untuk analisis data yang lebih baik, analisis regresi, kekuatan dan ukuran sampel, tabel dan grafik, analisis multivariansi - termasuk analisis faktor, analisis kluster, analisis korespondensi dan lainnya, tes nonparametrik - berbagai tes termasuk test sinyal, *run test*, *friedman test*, dan lainnya, *time series* dan *forecasting* - membantu menunjukkan kecenderungan pada data yang dapat digunakan untuk membuat dugaan. *time series plots*, *exponential smoothing*, *trend analysis*, kontrol statistik proses, analisis sistim pengukuran, analisis varians - untuk menentukan perbedaan antar data (minitab.com, 2013).

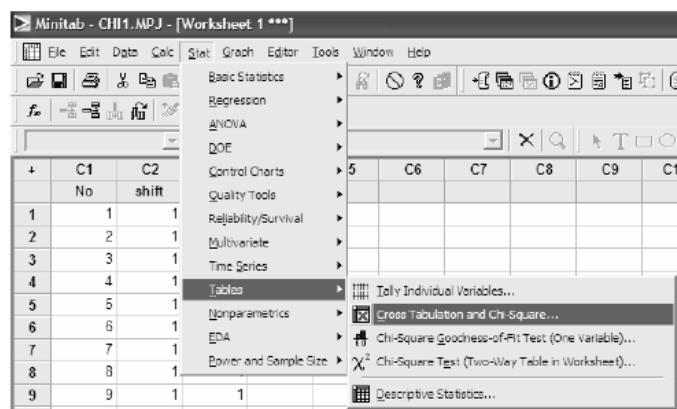


Gambar 2.16 Contoh penggunaan minitab

Contoh kasusnya adalah adakalanya kita menjumpai data yang bersifat kategorikal. Yang dimaksud dengan kategorikal di sini adalah data terkelompokkan berdasarkan kategori unit-unit eksperimen tertentu dan dihitung jumlahnya berdasarkan pengkategorian tersebut. Apabila data didasarkan menurut dua variabel kategori maka kita dapat menyusun tabel kontingensi 2 x 2. Misalkan dari data tersebut, kita ingin mengetahui independensi antara dua varibel, maka kita dapat menganalisisnya menggunakan uji khi kuadrat sebagai alternatif uji independensi menggunakan *software* Minitab.



Gambar 2.17 Contoh penggunaan minitab untuk Anova



Gambar 2.18 Membuat tabel pada *Software* Minitab

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

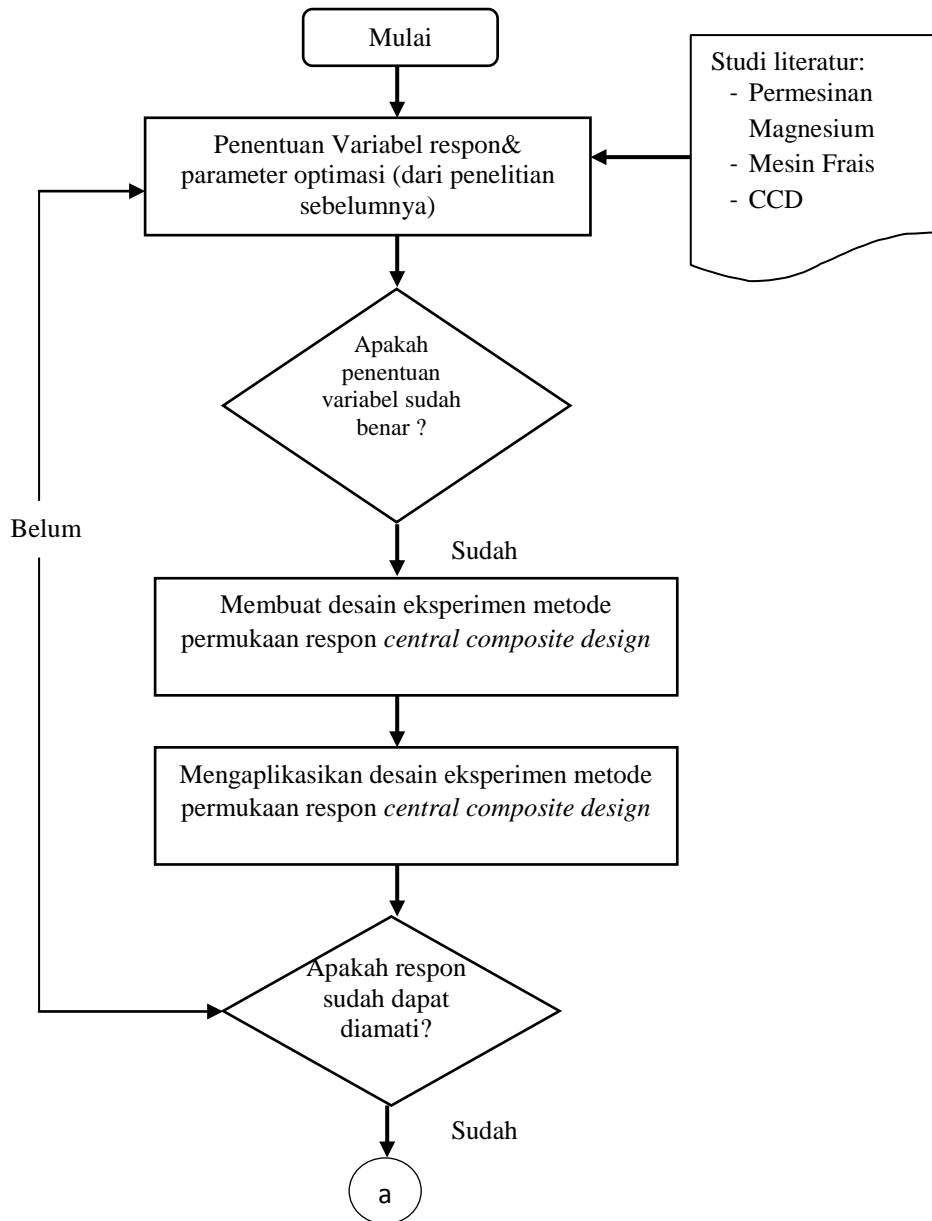
3.1. Metode Penelitian

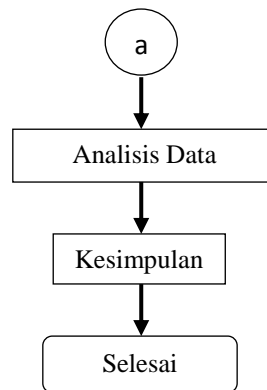
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis eksperimental untuk mengetahui dan mendapatkan parameter operasi yang tepat sehingga didapatkan kondisi optimum permesinan pada magnesium. Terlebih dahulu disiapkan 20 sampel yang termasuk di dalam 3 faktor 3 level dan 3 titik pusat dalam metode permukaan respon *central composite design*.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

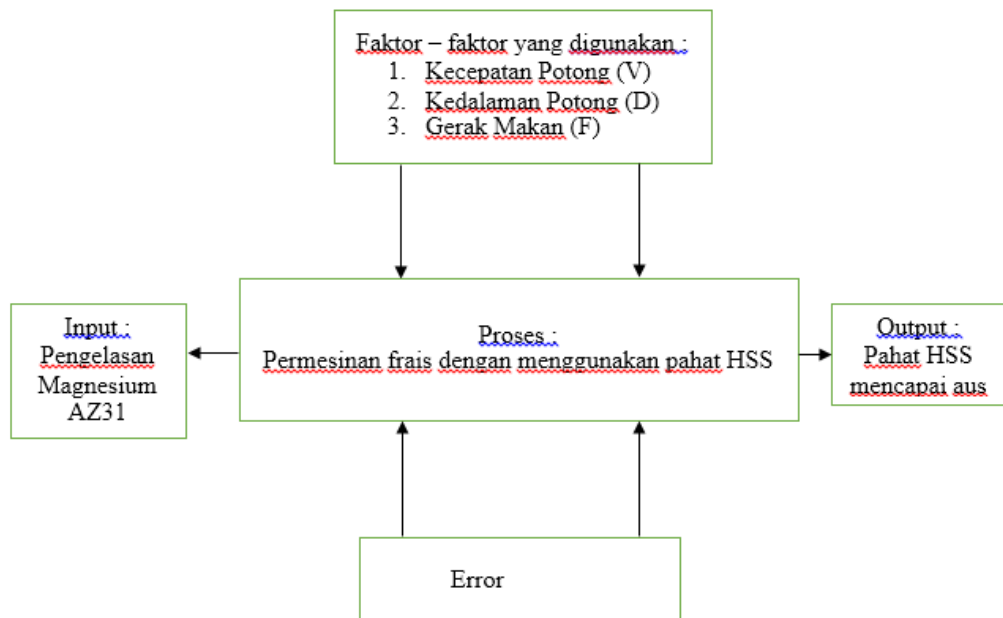
Tempat penelitian dilaksanakan pada laboratorium Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung untuk pengambilan data. Pengujian tersebut berada pada kondisi temperatur ruang $\pm 27^{\circ}\text{C}$ - 35°C .

3.3. Alur Penelitian





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.2 Alur penelitian

3.4. Alat dan Bahan

Alat dan bahan dari penelitian mengenai aplikasi *central composite design* dalam optimasi permesinan magnesium AZ31 dapat dijelaskan dibawah ini.

3.4.1. Alat

Adapun alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Laptop

Laptop pada penelitian ini digunakan sebagai tempat pengolahan data dengan menggunakan *software* Minitab.

b. Minitab

Minitab adalah program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistik. Minitab mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya Microsoft Excel dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks. Pada penelitian ini, *software* Minitab digunakan untuk pengaplikasian metode permukaan respon *central composite design* yaitu untuk mengetahui nilai optimasi permesinan frais terhadap bahan uji magnesium.

c. Mesin Frais

Mesin frais (*milling machine*) adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (*multipoint cutter*). Pisau frais dipasang pada sumbu atau arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor. Pisau tersebut akan terus berputar apabila arbor mesin diputar oleh motor listrik, agar sesuai dengan kebutuhan, gerakan dan banyaknya putaran arbor dapat diatur oleh operator mesin frais.



Gambar 3.3 Mesin frais universal

Bagian – bagian utama dari mesin frais antara lain adalah :

1. Spindle utama, merupakan bagian yang terpenting dari mesin milling.
Tempat untuk mencekam alat potong.
2. Meja / table, merupakan bagian mesin *milling*, tempat untuk benda kerja.
3. Motor *drive*, merupakan bagian mesin yang berfungsi menggerakkan bagian - bagian mesin yang lain seperti spindle utama, meja (*feeding*) dan pendingin (*cooling*).
4. Tranmisi, merupakan bagian mesin yang menghubungkan motor penggerak dengan yang digerakkan.
5. *Knee*, merupakan bagian mesin untuk menopang / menahan meja mesin.
Pada bagian ini terdapat transmisi gerakan pemakanan (*feeding*).
6. *Column* / tiang, merupakan badan dari mesin. Tempat menempelnya bagian – bagian mesin yang lain.
7. *Base* / dasar, merupakan bagian bawah dari mesin milling. Bagian yang menopang badan / tiang tempat cairan pendingin.
8. *Control*, merupakan pengatur dari bagian – bagian mesin yang bergerak.

Mesin frais yang digunakan dalam penelitian ini terletak di laboratorium produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Mesin frais digunakan sebagai tempat untuk proses permesinan magnesium AZ31 dan mesin ini merupakan mesin utama yang digunakan dalam penelitian ini.

d. Pahat HSS (*High Speed Steel*)

Pahat HSS (*High Speed Steel*) digunakan sebagai alat pengefraisan magnesium. Pahat yang digunakan ini adalah pahat frais (*milling*) dengan empat mata pahat. Pahat HSS (*High Speed Steel*) yang digunakan berjumlah 20 buah dan memiliki diameter pahat 8 mm sedangkan diameter cekamnya 10 mm.



Gambar 3. 4 Pahat HSS (*High Speed Steel*)

e. Mikroskop USB

Mikroskop USB digunakan untuk melihat perubahan struktur mikro yang dapat diperbesar hingga 1000 kali perbesaran.



Gambar 3.5 Mikroskop USB

Mikroskop USB yang dipakai untuk penelitian ini terdapat di laboratorium produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Dengan spesifikasi alat sebagai berikut :

1. *HD Color* dengan CMOS sensor
2. *High Speed SPS*
3. 24 bit DSP
4. *5x Digital Zoom*
5. *Digital Measurement Software*
6. *Calibration Ruler*
7. Usb Port 2.0 & Usb 1.1

3.4.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 3.6 Magnesium AZ31

Magnesium AZ31 adalah paduan magnesium dengan aluminium dan zink dibawah 5%. Magnesium AZ31 diketahui mempunyai suhu penyalan pada tekanan atmosfer berada dibawah titik cairnya yaitu 623 °C. Pada tekanan 500 Psi. Magnesium masih tetap memiliki keunggulan lain seperti permesinan yang baik, mampu cor dan mampu las yang baik.

Tabel 3.1 Karakteristik fisik dan thermal material paduan magnesium AZ31B

(Sumber : *Analysis of surface integrity in dry and cryogenic machining of AZ31B Mg Alloys*, 2011)

Density [kg/mm ³]	1,77 x 10 ⁻⁶
Modulus Young[kN/mm ²]	45,000
Possion's ratio	0.35
Temperatur Leleh [K]	891

Konduktifitas thermal [w/(mK)]	77 + 0.096T
Kapasitas Spesifik panas [J/(kgK)]	1000 + 0.666T
Koefisien muai panas [K ⁻¹]	2.48 x 10 ⁻⁵

3.5. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.5.1. Menetapkan angka untuk variabel dan respon dalam sebuah tabel yang digunakan pada saat proses permesinannya berlangsung :

Tabel 3.2 Parameter Penelitian (Andriyansyah, 2013)

Kecepatan potong (v) (mm/min)	No	Gerak Makan (f) (mm/rev)	Kedalaman Potong (d) (mm)
22	1	0.15	1
32	2	0,2	2
42	3	0,25	3

3.5.2. Menyiapkan tabel penelitian untuk metode permukaan respon *central composite design*, tabelnya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Parameter penelitian *Central Composite Design* (Thiagarajan,2012)

No. Eksperimen	Run Order	Kode Untuk Variabel		
		Kec. Potong (v) (m/min)	Gerak Makan (f) (mm/rev)	Ked. Potong (d) (mm)
1	5	-1	-1	-1
2	9	1	-1	-1

3	16	-1	1	-1
4	8	1	1	-1
5	11	-1	-1	1
6	4	1	-1	1
7	14	-1	1	1
8	6	1	1	1
9	15	-1	0	0
10	18	1	0	0
11	3	0	-1	0
12	13	0	1	0
13	12	0	0	-1
14	20	0	0	1
15	2	0	0	0
16	1	0	0	0
17	7	0	0	0
18	17	0	0	0
19	19	0	0	0
20	10	0	0	0

Dengan keterangan tabel penjelasan mengenai keterangan faktor yaitu :

Tabel 3.4 Data nomer *Run Order Central Composite Design*

No	Parameter Pemotongan	Nomer Coding CCD		
		-1	0	1
1	F (mm/rev)	0.15	0.20	0.25
2	D (mm)	1	2	3
3	V (mm/min)	910	1280	1700

3.5.3. Mempersiapkan bahan uji, yaitu magnesium AZ31

3.5.4. Melakukan permesinan pada bahan uji, parameter pengefraisan menggunakan tabel 3.1 yang telah dibahas sebelumnya. Adapun tahapan pelaksanaan proses pengefraisan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan *set up* mesin frais.
2. Melakukan kalibrasi mesin frais pada kondisi parameter pemotongan paling rendah.
3. Menentukan kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong, gerak makan) sesuai urutan pada tabel 3.3 run order.
4. Melakukan pengefraisan sesuai urutan pada tabel 3.3 run order.
5. Mengamati kondisi mikrostruktur setelah pengefraisan dengan menggunakan mikroskop usb, kondisi awal mikrostruktur magnesium telah diamati sebelumnya.
6. Mengamati dan menganalisa kondisi spesimen saat pemotongan.
7. Mengumpulkan data hasil penelitian berupa nilai kekasaran dan waktu keausan saat proses permesinan. Tabel data waktu keausan sebagai berikut :

Tabel 3.5 Data waktu keausan

Run Order	Kecepatan Potong V_w , mm/menit	Gerak Makan f , mm/rev	Kedalaman Potong d , mm	Waktu Pemakanan, menit	Nilai Keausan Pahat VB
1	1280	0.20	2		
2	1280	0.20	2		
3	1280	1.15	2		
4	1700	1.15	3		
5	910	1.15	1		
6	1700	1.25	3		
7	1280	0.20	2		
8	1700	1.25	1		
9	1700	1.15	1		
10	910	0.20	2		
11	1280	1.15	3		
12	1280	0.20	1		
13	1280	1.25	2		
14	910	1.25	3		
15	910	0.20	2		
16	910	1.25	1		
17	1280	0.20	2		
18	1700	0.20	2		
19	1280	0.20	2		
20	1280	0.20	3		

3.5.5. Mengukur kekasaran pada bahan uji setelah permesinan.

Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat *surface tester*. Pada tiap tiap unit pengukuran kekasaran per urutan run order, dilakukan sebanyak 3 kali. Hal ini guna memperoleh hasil pengukuran yang lebih akurat dan meminimalisir *error*.

Langkah – langkah pengukuran kekasaran permukaan adalah :

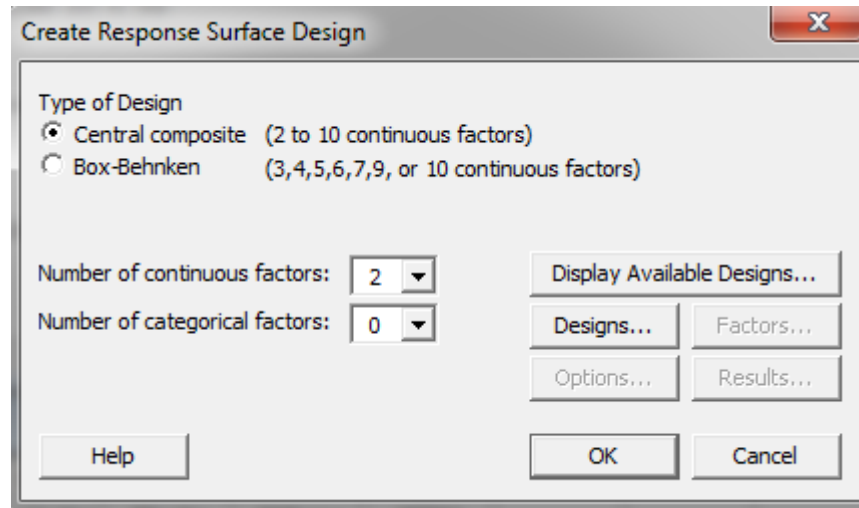
- a. Kalibrasi alat *surface tester*
- b. Pengukuran kekasaran permukaan bahan uji magnesium AZ31 dengan menggunakan *surface tester*

3.5.6. Mengaplikasikan data kedalam metode permukaan respon *central composite design*.

Penggunaan *software* Minitab pada penelitian ini agar dapat menggunakan metode permukaan respon *central composite design* sehingga didapatkan nilai optimal untuk kemudian diterapkan pada proses permesinan bahan ujinya dan menghasilkan material produk yang lebih halus dan presisi.

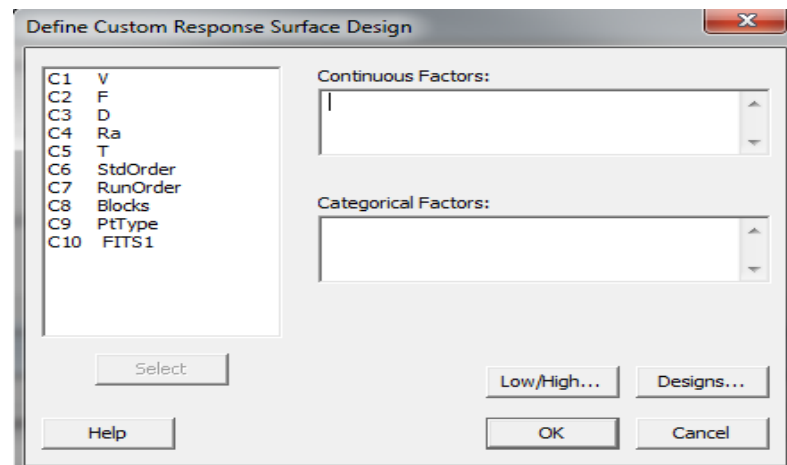
Adapun langkah – langkah penerapan metode permukaan respon *central composite design* pada *software* Minitab adalah sebagai berikut :

- a. Memasukkan data nilai variabel yang telah ditentukan pada tabel 3.5
- b. Mendesain model eksperimen *Central Composite Design* yang diinginkan.



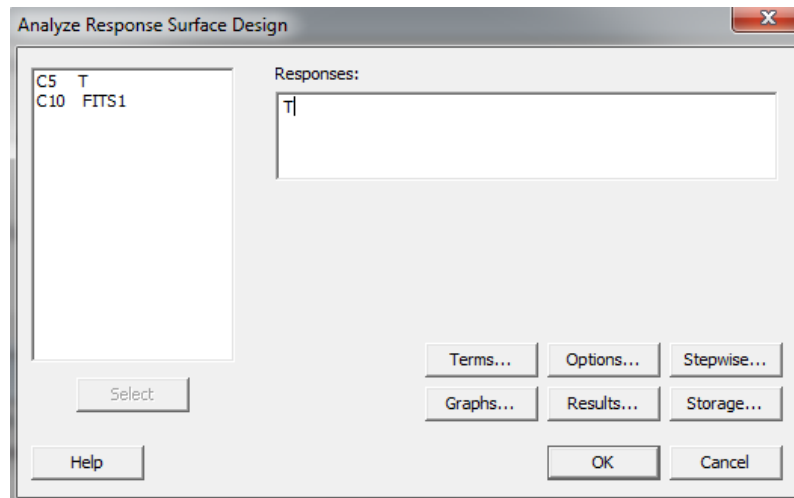
Gambar 3.7 Prosedur awal CCD

- c. Memilih menu *Define Custom Response Surface Design* setelah mendesain model eksperimen, kemudian menentukan faktor dan variabelnya.



Gambar 3.8 Mendefinisikan faktor pada CCD

- d. Menyeleksi model eksperimen untuk menentukan titik optimum yang akan digunakan dalam membuat permodelan matematika.
- e. Menganalisa titik optimum tersebut dalam menu di Minitab 17.



Gambar 3.9 Analisa respon CCD pada Minitab

- f. Menganalisa hasil outputan tabel pada Minitab.
- g. Mendapatkan persamaan model matematika.
- h. Menguji persamaan model matematika dengan data aktual yang didapat setelah permesinan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pengujian untuk aplikasi *Central Composite Design* pada optimasi permesinan frais magnesium AZ31 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai optimum untuk permesinan frais magnesium AZ31 menggunakan pahat HSS adalah menggunakan variabel kecepatan potong sebesar 42 mm/min, gerak makan sebesar 0.15 mm/rev, dan kedalaman potong sebesar 1 mm.
2. Persamaan model matematika untuk permesinan frais magnesium AZ31 yang dihasilkan dari metode permukaan respon *central composite design* adalah $Y = 34.7 + 7.69 v - 0.426 f - 61.5 d - 0.0688 v*v + 0.000539 f*f + 19.77 d*d - 0.00352 v*f - 1.074 v*d + 0.0363 f*d$. Dengan Y sebagai respon terhadap umur pahat. Dengan estimasi umur pahat yang didapat dari perhitungan permodelan adalah selama 85,7887 menit.
3. Umur pahat aktual pengujian menggunakan nilai optimum mengalami kenaikan sebesar 9.36 % dari estimasi 85.7887 menit menjadi 96.7 menit atau lebih lama 10.9113 menit.

4. Nilai Residual sebesar 87.4 % artinya respon Y (umur pahat) memiliki hubungan kuat terhadap ketiga variabel.
5. Umur pahat tercepat selama 4 menit menggunakan kombinasi variabel kecepatan potong 42 mm/min, gerak makan 0.25 mm/rev dan kedalaman potong 1 mm. Sedangkan Umur pahat terlama yaitu 96.7 menit menggunakan kombinasi variabel dari nilai optimal yang didapat dari permodelan matematika orde II yaitu kecepatan potong 42 mm/min, gerak makan 0.15 mm/rev dan kedalaman potong 1 mm.

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian dan diperoleh data maka saran yang dapat diberikukan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Menambahkan respon untuk diamati selain umur pahat.
2. Melakukan pengambilan data secara periodik setiap satuan waktu tertentu, sehingga kenaikan nilai aus pahat dapat terbaca lebih jelas polanya..
3. Menggunakan material uji lain selain magnesium AZ31 sehingga aplikasi metode permukaan respon *central composite design* ini dapat lebih luas penggunaannya dalam operasi permesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Magnesium*. <http://www.digilib.its.com> (diakses 22 Agustus 2014)
- Anonim. *Magnesium Dan Paduannya*. <http://bilangapa.co.cc> (diakses 19 Agustus 2014)
- Anonim, *Proses Pemotongan Mesin Bubut Material Pahat Konsep Pemesinan Terkini*. <http://yamakikai.blogspot.in> (diakses 3 Juni 2015)
- Arifin M, Nur. As'ad, Achmad. dkk. 2012. *Pengaruh Parameter Proses Freis Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon Fasa Ganda* : Universitas Brawijaya. Malang.
- B.B. Buldum, A. Sik, I. Ozkul. 2011. *Investigation of Machining Alloys Machinability*. International Journal of Electronic: Mechanical and Mechatronics Engineering Vol.2 Num.3 pp.(261-268).
- Box, G.E.P., W.G. Hunter, and J.S. Hunter. 1980. *Statistics for Experimenters, An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- E.L. White & J.J. Ward. 1966. *Ignition of Metals in Oxygen*. DMIC Report No.

- Farel, Rain Marido. 2010. *Analisis Umur dan Pengaruh Variabel Proses Pada Permesinan Sekrap Permukaan Baja Karbon Tinggi Terhadap Pahat Karbida*. Jurnal Teknik Mesin Edisi 2010. Universitas Lampung.
- Gasperz, Vincent. 1990. *Analisis Kuantitatif untuk Perencanaan*. Tarsito. Bandung
- Gasperz, Vincent. 1990. *Metode Perancangan Percobaan*. Tarsito. Bandung
- Hadi Surya, Lukman. 2008. *Proses Perolehan Magnesium*. Universitas Indonesia. Depok.
- Harun, Suryadiwansa. Hibasaka, T. dkk. 2008. *Cutting Temperature Measurement in Turning with Actively Driven Rotary Tool*. Jurnal Ilmiah. Kobe University.
- K. Palanikumar, R. Karthikeyan. 2007. *Assessment of Factors Influencing Surface Roughness on The Machining of Al/SiC Particulate Composites*. Mater.
- Montgomery, D.C. 1984. *Design and Analysis of Experiments*. 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc.
- Mugiono, Lagiyono, Rusnoto. 2013. *Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Sifat Kekerasan Dan Kekuatan Impak Serta Struktur Mikro Pada Paduan Al-Si Berbasis Material Piston Bekas*. Jurnal Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal, Juli 2013: 1 – 6.
- Netter, J. and W. Wasserman. 1974. *Applied Linear Statistical Models, Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs*. Richard D. Irwin, Inc., Homewood. Illinois.
- Nuryanti, Djati H Salimy. 2008. *Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya Pada Optimasi Eksperimen Kimia : Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir: 6-7 Agustus 2008*. Batan.

- Paryanto. 2013. *Materi Kuliah Proses Produksi Universitas Negeri Yogyakarta. Daerah Istimewa Yogyakarta.*
- Rajmohan, Thiagarajan. 2013. *Application of The Central Composite Design in Optimization of Machining Parameters in Drilling Hybrid Metal Matrix Composites.* Elsevier Volume. 46 Pages 1470 – 1481.
- Rusnaldy, Paryanto, dkk. 2011. *Simulasi Proses Pemesinan Menggunakan Udara Dingin Dengan Tabung Vortek.* Undip. Semarang.
- Shabira, Alfath, Mayestika. Sjahid, Muhammad, Akbar. Adatul, Mukarromah. 2012. *Optimasi Formula Adhesive Pada Polyvinyl Chloride Film Produksi Di PT Karya Terang Sedati Dengan Metode Respon Surface.* Jurnal ITS. Surabaya.
- Suteja Jaya, Susila. 2008. *Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology : Jurnal Teknik Mesin Vol. 10, No. 1, April 2008: 1–7 : Universitas Surabaya. Surabaya.*
- Wang M.Y., Chang H.Y., “*sExperimental study of surface roughness in slot end milling AL2014-T6*”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 44, No. 1, 2004, pp. 51-57.