

**PENGARUH VARIASI SUDUT POTONG UTAMA DAN
PEMAKANAN TERHADAP TEMPERATUR PEMOTONGAN
PADA PROSES PENGURDIAN BAJA**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ANANG SETIAWAN
NIM. 0410622002

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN
MALANG**

2007

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pemotongan sudah dikenal sejak dulu, akan tetapi masih menggunakan peralatan yang sederhana. Dalam perkembangannya ditemukan peralatan permesinan untuk teknologi pemotongan, dimana dalam hal ini memerlukan beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mendukung proses pemotongan tersebut, antara lain dibutuhkan pahat potong, metode pemotongan, dan kondisi pemotongan yang ideal. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemotongan antara lain jenis material benda kerja, jenis material pahat, kondisi pemotongan (kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, gerak makan), cairan pendingin, jenis proses permesinan (proses bubut, frais, gurdi, dll) (Rochim, 1993 : 104).

Salah satu permasalahan utama dari proses permesinan gurdi adalah tingkat besaran dari sudut potong utama dan pemakanan. Sudut potong utama sangat berpengaruh pada proses penggurdian terutama pada waktu pemotongan, dimana pada sudut potong utama semakin kecil maka luasan terpotong menjadi besar, sehingga diperlukan penambahan gaya untuk dapat memotong, hal ini dipengaruhi oleh faktor tegangan geser dari material terpotong, gaya geser yang besar dapat mempengaruhi kenaikan temperatur, karena hampir seluruh energi pemotongan diubah menjadi panas melalui proses gesekan, antara geram dengan pahat dan antara pahat dengan benda kerja, serta proses perusakan molekuler atau ikatan atom pada bidang geser (*shear plane*). Pemakanan akan berpengaruh juga terhadap tingginya temperatur, semakin cepat pemakanan maka gaya untuk proses pemotongan semakin besar tiap satuan waktu, sehingga temperatur cenderung naik. Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan serta temperatur yang tinggi maka permukaan aktif dari pahat akan mengalami keausan. Keausan tersebut makin lama makin membesar yang selain memperlemah pahat juga akan memperbesar gaya pemotongan sehingga dapat menimbulkan kerusakan fatal. (Rochim, 1993 : 97).

Untuk mengatasi keadaan di atas umumnya dilakukan suatu perubahan besarnya sudut potong utama dan pemakanan untuk mengetahui temperatur pemotongannya, sehingga dapat diperoleh suatu perbandingan yang baik antara sudut

potong utama dengan pemakanan untuk mendapatkan temperatur pemotongan yang rendah, sehingga tidak sampai terjadi keausan pada permukaan aktif dari pahat karena kenaikan temperatur, dengan kenaikan temperatur yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan terpotong, hal ini berhubungan dengan hasil penggurdian.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, (Thomas Childs, et al, 2000) melakukan penelitian bahwa kecepatan pemotongan dapat mempengaruhi temperatur, akan tetapi masih ada faktor sudut potong utama. Agar proses penggurdian mendapatkan hasil yang lebih baik maka perlu diadakan penelitian pengaruh perubahan sudut potong utama pada pahat gurdi terhadap temperatur pemotongannya pada bahan, dengan alasan tidak memungkinkan mengukur temperatur pemotongan pada pahat maupun geram dengan menanamkan *thermocouple*, karena pada proses gurdi pahat berputar dan masuk kedalam bahan. Mengacu pada latar belakang tersebut, penting dilakukan penelitian untuk memperoleh informasi lebih lanjut pada proses penggurdian.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang permasalahan di atas, diperoleh suatu rumusan masalah yaitu bagaimanakah pengaruh variasi sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada proses penggurdian baja?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, maka akan dipersempit dengan diberikan batasan-batasan permasalahan yang meliputi :

1. Temperatur pemotongan selama proses penggurdian diukur dengan *thermocouple*.
2. Bahan penelitian adalah baja konstruksi DIN 17100 St 37-1.
3. Pahat gurdi yang digunakan adalah HSS dengan diameter 10 mm.
4. Proses penggurdian bahan dilakukan tanpa pendingin, hal ini dimaksudkan supaya temperatur pemotongan yang terjadi tidak mengalami penurunan karena efek pendinginan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui hubungan antara sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada proses penggurdian baja.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat meliputi :

1. Dapat memberikan masukan dalam industri pemotongan logam yang berhubungan dengan sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada proses penggurdian baja.
2. Dapat menentukan sudut potong utama dan pemakanan yang sesuai untuk penggurdian baja dengan pahat potong HSS (*High Speed Steel*) sehingga didapatkan temperatur pemotongan yang rendah.



1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian yang dapat di paparkan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang proses pengerjaan gurdi, geometri pahat, baja dan sifat termalnya yang berupa nilai koefisien konduktifitas termal yang mempengaruhi distribusi temperatur.

BAB III : METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, cara pengujian untuk mendapatkan data, rancangan penelitian serta analisa statistik yang digunakan.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Merupakan uraian dari data yang berkaitan dengan hasil penelitian dan dibahas berdasarkan landasan teori yang ada. Pembahasan ini merupakan gabungan antara kajian teori dan fakta dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan hasil ringkasan dari proses penelitian yang dilakukan. Kesimpulan ini mencakup seluruh hasil penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

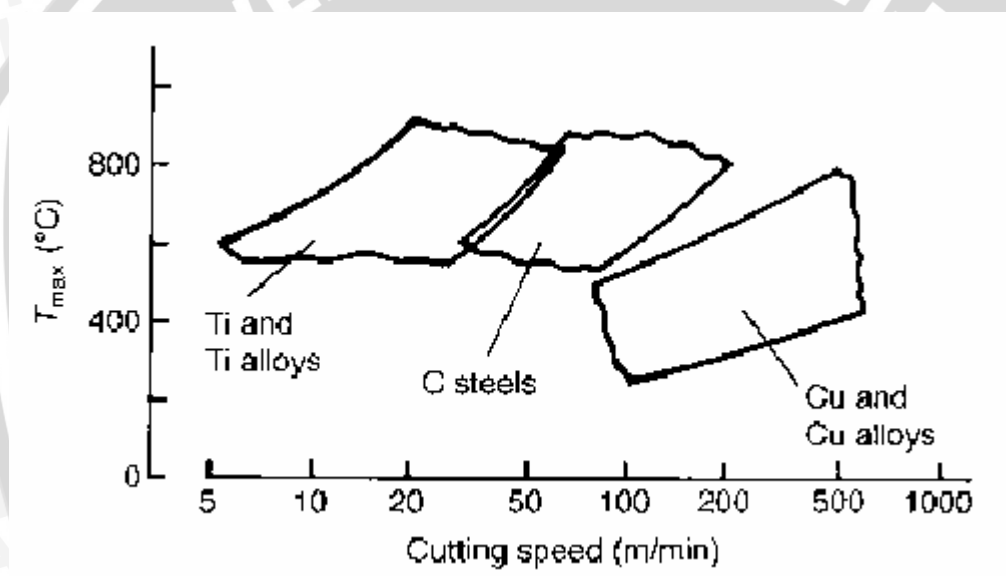
LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dari penelitian Thomas Childs, etc al (2000) didapatkan suatu perbandingan antara kecepatan pemotongan (*cutting speed*) dengan temperatur. Dari gambar 2.1 dibawah dapat dilihat bahwa terjadi perubahan temperatur pada setiap kecepatan potong dan material yang berbeda, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan pemotongan akan berpengaruh terhadap temperatur, semakin tinggi kecepatan pemotongan maka temperatur yang terjadi cenderung meningkat.



Gambar 2.1 Perbandingan Antara Kecepatan Pemotongan (m/min)
Dengan Temperatur (°C)

(Sumber : Thomas Childs, etc al, 21 : 2000)

Sangkee Min (2004), melakukan penelitian tentang temperatur pemotongan pada bahan pada proses gurdi. Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur pemotongan pada saat penggurdi menyebar dalam bentuk tabung dan searah dengan pemotongannya.

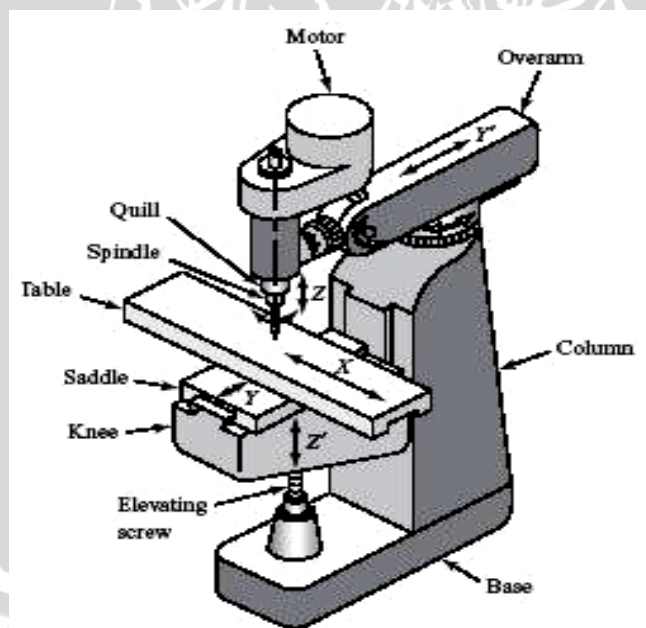
Penelitian lainnya dilakukan oleh Dr. B. Zhang (2005), melakukan penelitian untuk menguji pahat HSS (*High Speed Steel*) dengan memvariasikan kecepatan

pemotongan. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan pemotongan berpengaruh terhadap temperatur pemotongannya .

2.2 Proses Pemotongan Pada Mesin Gurdi

Seperti yang telah penulis uraikan pada bab sebelumnya bahwa dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui pengaruh variasi sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada proses penggurdian.

Proses gurdi adalah permesinan untuk pembuatan lubang, dimana bahan dipasang pada pencekam yang terletak pada meja (*work table*), sedangkan pahat dipasang pada ujung poros utama (*spindel*). Pada waktu pahat berputar dengan putaran yang dapat diatur, secara bersamaan pahat yang dipasang digerakan translasi dengan mengatur pemakanan, sehingga terjadi kontak antara ujung mata pahat dengan bahan. Pergerakan pahat terhadap bahan juga dapat diatur sehingga kedalaman pemotongan pahat terhadap bahan dapat diatur. Untuk lebih jelasnya mengenai mesin gurdi dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mesin Gurdi

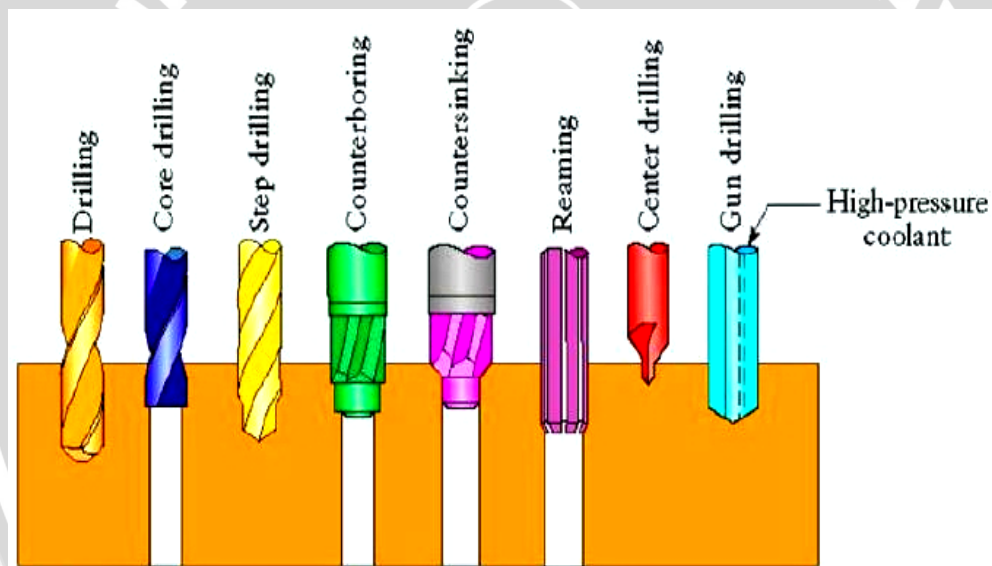
(Sumber : George Schneider, Chapter 13 : 2)

2.2.1 Klasifikasi Pemotongan Pada Proses Gurdi

Pemotongan pada proses gurdi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam diantaranya adalah (Rochim, 1993 : 9) :

1. *Drilling* (Gurdi) adalah proses pembuatan lubang.
2. *Counter Sinking* adalah proses penyerongan ujung lubang.
3. *Counter Boring* adalah proses perluasan ujung lubang.
4. *Reaming* adalah proses perluasan atau penghalusan lubang.
5. *Gun Drilling* adalah proses gurdi lubang dalam dimana batang pahat berlubang untuk cairan pendingin, biasanya benda kerja yang berputar.

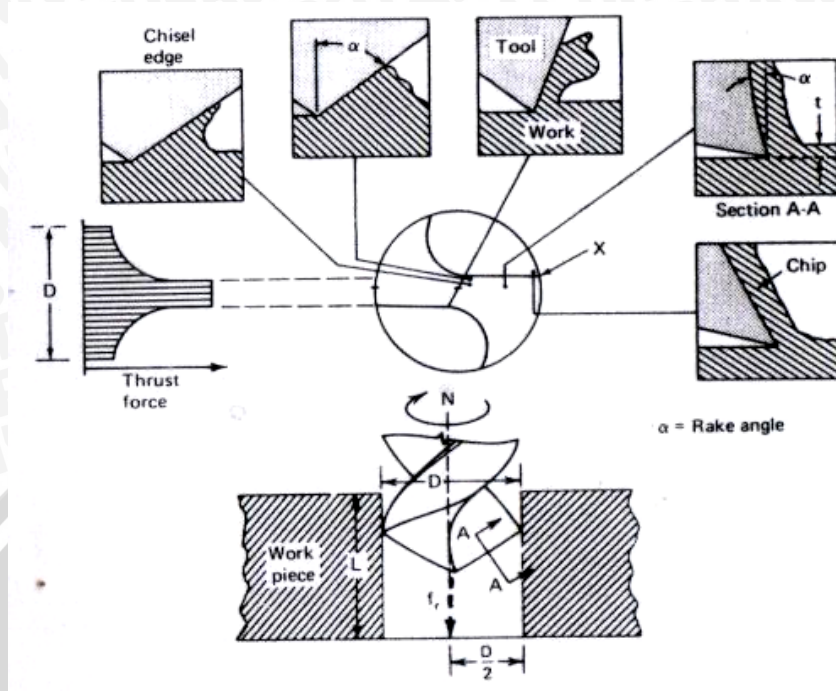
Dari keterangan tentang klasifikasi pemakanan pada proses gurdi diatas maka pada gambar 2.3 menunjukan proses tersebut.



Gambar 2.3 Sistem Pemotongan
(Sumber : E. Paul DeGarmo, 1990 : 633)

2.2.2 Sistem Pemotongan Pada Proses Gurdi

Pada gambar 2.4 berikut ditunjukkan sistem pemotongan pada proses gurdi. Dari gambar dapat diketahui sudut potong utama (α), arah kecepatan pemakanan (f_r), proses pemotongan antara pahat (*Tool*) dengan benda kerja (*Work piece*), serta arah putaran pahat.



Gambar 2.4 Proses Penggurdian
(Sumber : E. Paul DeGarmo, 1990 : 626)

2.3 Pahat Gurdi

2.3.1 Bagian Pahat Gurdi

Gambaran mengenai pahat gurdi dan bagiannya dapat dilihat pada gambar 2.5. Secara umum pengertian tentang bagian pahat gurdi tersebut adalah sebagai berikut (Kwon, 2000 : 22) :

1. *Rake face*

Adalah bagian sisi depan untuk melepas geram dari benda kerja.

2. *Web Thickness*

Adalah sisi belakang mata potong untuk mengatur ketebalan pemotongan.

3. *Flute*

Adalah bagian alur untuk mengeluarkan geram.

4. *Chisel Edge*

Adalah bagian ujung pahat yang dibentuk oleh sisi potong dan sisi bagian depan.

5. *Shank*

Adalah bagian pemegang bodi pahat potong yang dipegang oleh *tool holder*.

6. *Neck*

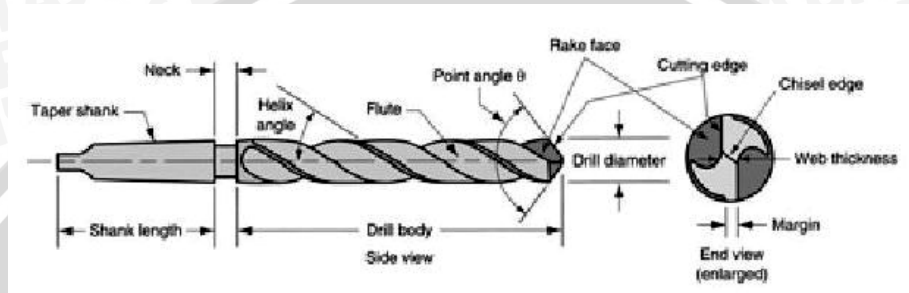
Adalah celah pada sebagai batas *drill body* dengan *Taper shank*.

7. *Drill Body*

Adalah bagian keseluruhan dari drill mulai dari *Chisel Edge* sampai *neck*.

8. *Margin*

Adalah lebar pada bagian sisi pada *flute*.



Gambar 2.5 Bagian Pahat Gurdi
(Sumber : Kwon, 2000 : 22)

2.3.2 Macam-macam Pahat Gurdi

Beberapa macam dari pahat gurdi dapat dilihat pada gambar 2.6, dari kiri ke kanan adalah (DeGarmo, 1990 : 628) :

- Straight-shank
- Flute core drill :
 - o Taper-shank
 - o Straight-shank
 - o Bit-shank
- High-helix-angle :
 - o Straight-shank
- Straight-flute
 - o Taper-shank
- Subland dirll



Gambar 2.6 Macam-macam Pahat Gurdi
(Sumber : E. Paul DeGarmo, 1990 : 628)

2.3.3 Sudut Pahat Gurdi

Pahat gurdi yang sesuai tergantung dari sudut pahat potong. Sudut pahat potong ditentukan berdasarkan bahan yang akan digurdi. Berikut adalah sudut-sudut pada pahat gurdi (Kwon, 2000 : 22) :

1. Sudut potong utama / *Point angle* (θ)

Adalah sudut pada bagian ujung luar pahat yang dibentuk untuk pemotongan.

2. *Rake angle* (α)

Adalah sudut pada bagian ujung dalam pahat yang dibentuk untuk pemotongan.

3. *Cutting Edge*

Adalah sisi bagian ujung pahat yang dibentuk untuk pemotongan.

4. *Helix Angle*

Adalah sudut *flute* pada bagian *drill body*.

Besar dari sudut tersebut ditentukan oleh geometri pahat yang digunakan. Untuk harga α dan f_r (*feed rate*) yang tetap, maka harga dari sudut ini menentukan besar dari lebar pemotongan serta tebal geram sebelum terpotong dengan rumus sebagai berikut (Rochim, 1993 : 15) :

1. Lebar pemotongan :

$$b = \frac{a}{\sin k_r} \quad (2-1)$$

Dengan :

b = lebar pemotongan (mm)

$a = \frac{1}{2}$ diameter (mm)

$k_r = \frac{1}{2}$ sudut potong utama (°)

2. Tebal geram sebelum terpotong :

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin k_r \quad (2-2)$$

Dengan :

h = tebal geram sebelum terpotong (mm)

f = pemakanan (mm.putaran⁻¹)

3. Kecepatan pemakanan (f_r) (DeGarmo, 1990 : 626)

$$f_r = f \times n \quad (2-3)$$

Dengan :

f_r = kecepatan pemakanan (mm.menit⁻¹)

n = putaran (rpm)

2.4 Dasar Proses Gurdi

Dalam proses gurdi ada beberapa parameter yang harus diperhitungkan, diantaranya sebagai berikut (Rochim, 1993 : 19) :

1. $n = \frac{1000.v}{\pi.d} \quad (2-4)$

Dengan :

n = putaran (rpm)

v = kecepatan potong (m.menit⁻¹)

d = diameter pahat gurdi (mm)

$$2. f_z = \frac{f}{n.z} \quad (2-5)$$

Dengan :

f_z = gerak makan permata potong (mm.putaran⁻¹)

f = pemakanan (mm.putaran⁻¹)

z = jumlah sisi potong

$$3. a = \frac{d}{2} \quad (2-6)$$

Dengan :

a = kedalaman potong (mm)

4. Kecepatan penghasilan geram :

$$Z = \frac{\pi.d^2}{4} \cdot \frac{v_f}{1000} \text{ (cm}^3 \cdot \text{menit}^{-1}) \quad (2-7)$$

5. Waktu pemakanan (JÜTZ, 1961 : 106) :

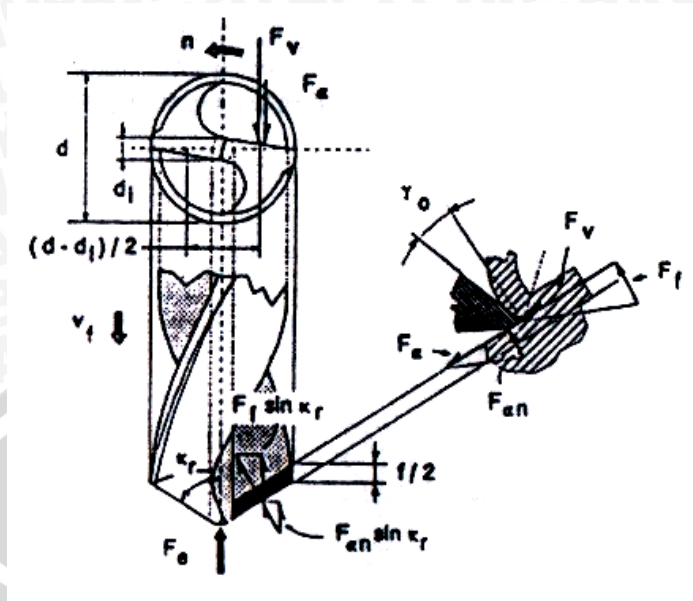
$$t_m = \frac{(l + 0,3.d) \cdot \pi.d}{f.v.1000} \text{ (menit)} \quad (2-8)$$

Dengan :

l = panjang benda kerja terpotong (mm)

2.5 Gaya Pemotongan Pada Proses Gurdi

Pada gambar 2.7 dapat dilihat gaya-gaya yang terjadi pada proses gurdi, dimana pahat mempunyai dua mata potong, gaya pemotongan pada salah satu mata potong dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu F_v dan F_a . Untuk menggurdi maka pahat gurdi harus ditekan dengan tekanan yang cukup besar supaya pahat gurdi dapat bergerak menembus bahan. Penekanan tersebut tidak lain berfungsi untuk melawan gaya ekstruksi yang cukup besar diujung pahat gurdi serta untuk melawan gesekan pada bidang utama/mayor bagi kedua mata potong.



Gambar 2.7 Gaya Pemotongan Pada Proses Gurdi

(Sumber : Taufiq Rochim, 1993 : 39)

Dari gambar 2.7 diturunkan beberapa rumusan, yaitu (Rochim, 1993 : 40) :

1. Gaya Tangensial

$$F_t = F_v + F_a \quad (2-9)$$

Dengan :

F_t = gaya tangensial (N)

F_v = gaya makan (N)

$$= \tau_{shi} \cdot \frac{d - d_i}{2} \cdot \frac{f}{2} \cdot \frac{\cos(\eta - \gamma_0)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \eta - \gamma_0)} \quad (2-10)$$

Dengan :

τ_{shi} = tegangan geser pada bidang geser ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$)

f = pemakanan ($\text{mm} \cdot \text{putaran}^{-1}$)

d = diameter luar (mm)

d_i = diameter inti (mm)

γ_0 = sudut geram ($^\circ$)

ϕ = sudut geser ($^\circ$)

η = sudut gesek ($^\circ$)

F_a = gaya gesek pada bidang utama (N)

$$= K_f \cdot \frac{d - d_l}{2 \cdot \sin K_r} \quad (2-11)$$

Dengan :

K_f = gaya gesek spesifik persatuan panjang aktif
mata potong (N.mm⁻¹)

4. Momen torsi yang diperlukan untuk memutar pahat gundi

$$M_t = F_t \cdot \frac{d + d_l}{2} \text{ (N.mm)} \quad (2-12)$$

5. Gaya tekan yang diperlukan supaya proses pemakanan berlangsung

$$F_z = 2 \cdot F_f \cdot \sin K_r + 2 \cdot F_{an} \cdot \sin K_r + F_e \quad (2-13)$$

Dengan :

F_z = gaya tekan total untuk dua mata potong (N)

F_f = gaya makan (N)

$$= F_v \cdot \tan(\eta - \gamma_o)$$

F_{an} = gaya normal pada bidang utama (N)

$$= K_n \cdot \frac{d - d_l}{2 \cdot \sin K_r} \quad (2-14)$$

Dengan :

K_n = gaya normal spesifik persatuan panjang aktif
mata potong (N.mm⁻¹)

F_e = gaya ekstrusi di ujung pahat gundi (N)

2.6 Gaya Pemotongan

Pada dasarnya, yang paling utama dari gaya pemotongan dibutuhkan untuk proses pemotongan (perusakan molekuler atau ikatan atom pada bidang geser) dan melawan gesekan permukaan antara pahat-geram. Sehingga total gaya pemotongan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (DeGarmo, 1990 : 536) :

$$U = U_s + U_f \quad (2-15)$$

Dengan :

U = total gaya (N)

U_s = gaya pada bidang geser (N)

U_f = gaya pada bidang gesek (N)

$$= U_s \times \mu \quad (2-16)$$

Dengan :

$$\mu = \frac{F_f + F_v \cdot \tan \gamma_o}{F_v - F_f \cdot \tan \gamma_o} \quad (2-17)$$

Biasanya 30% sampai 40% dari total gaya digunakan untuk melawan gesekan permukaan antara pahat-geram dan 60% sampai 70% digunakan untuk proses pemotongan.

2.7 Pembangkitan Panas Pada Proses Pemotongan

Dalam proses pemotongan terjadi perubahan sebagian dari total gaya pemotongan (gaya gesek) menjadi panas. Panas ini diakibatkan oleh proses gesekan antara pahat-geram dan sebagian besar terbawa oleh geram, sebagian merambat melalui pahat dan sisanya melalui benda kerja menuju ke sekeliling daerah pemotongan. Panas yang dibangkitkan dalam proses pemotongan dirumuskan (DeGarmo, 1990 : 538).

$$Q = U_f \cdot V \quad (2-18)$$

Dengan :

Q = panas yang dibangkitkan ($N \cdot m \cdot s^{-1}$)

U_f = gaya pada bidang gesek (N)

V = kecepatan pemotongan ($m \cdot s^{-1}$)

Dalam suatu proses pemotongan nilai prosentase distribusi panas yang dihasilkan berkisar antara 18 % pada *cutting tool* (bidang geser), 75 % pada *chip* (bidang geram), dan 7 % pada *work piece* (bidang utama). (Schonherr, 2005 : 7).

2.8 Temperatur Pemotongan

Bila dalam suatu sistem terdapat gradient suhu, atau bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Proses dengan mana transport energi itu berlangsung disebut sebagai perpindahan panas. Aliran panas, seperti halnya pelaksanaan kerja (*work*; juga disebut dengan istilah *usaha*), adalah suatu proses dengan mana energi dalam (*internal energy*; juga dikenal dengan istilah *energi-daktil*) suatu sistem diubah. Energi tidak dapat diciptakan maupun dihilangkan tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk menjadi bentuk lainnya (Kreith, 1991 : 1).

Dalam hal temperatur pemotongan, parameter yang harus diperhitungkan diantaranya sebagai berikut (Kreith, 1991 : 10) :

$$q_k = \frac{A.k}{L}(T_{panas} - T_{dingin}) = \frac{\Delta T}{L/A.k} \quad (2-19)$$

Dengan :

q_k = laju aliran panas konduksi ($J.s^{-1}$ atau W)

A = luas penampang benda diproyeksikan tegak-lurus arah aliran (m^2)

k = konduktansi thermal konduksi bahan ($W.K^{-1}$)

L = panjang aliran panas (m)

T = temperatur ($^{\circ}K$)

2.9 Pahat Potong

Salah satu yang penting dari proses permesinan adalah perkakas potong atau pahat, karena bagian ini yang berfungsi sebagai pelaksana proses pemotongan. Pada umumnya terdapat 2 jenis pahat potong yaitu pahat potong dengan mata potong tunggal dan pahat potong dengan mata potong lebih dari satu. Selama pahat potong mempunyai sudut potong (*rake angle*) dan sudut *clearance*, maka pahat dapat digunakan untuk memotong. (Hardjito, 2001).

2.9.1 Bahan Pahat Potong

Beberapa jenis material pahat yang dikenal dalam industri permesinan adalah sebagai berikut (DeGarmo, 1990 : 551-566) :

1. *Tool Steels*

Baja karbon dan baja campuran rendah atau menengah disebut *Tool Steels*. Baja karbon mempunyai kandungan karbon 0,9%-1,3%, sedangkan baja campuran rendah atau menengah mempunyai beberapa elemen campuran seperti Mo dan Cr, yang meningkatkan kekerasan, serta W dan Mo meningkatkan ketahanan dalam pemakaian. *Tool Steels* akan kehilangan kekerasannya pada temperatur diatas 400 $^{\circ}F$ dan dibuat untuk proses pemotongan dengan kecepatan rendah.

2. *High Speed Steel*

High Speed Steel adalah baja perkakas kelas atas yang mampu menahan

temperatur pemotongan sampai 1100 °F, lebih baik jika dibandingkan dengan *tool steels*. *High Speed Steel* terdiri dari campuran antara tungsten/wolfram (W), molybdenum (Mo), cobalt (Co), vanadium (V), dan Chromium (Cr) selain besi (Fe) dan karbon (C). Unsur V, W, Mo, Cr dapat menambah kekerasan dan ketahanan pemakaian. Pahat ini dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi.

3. Paduan Cor Nonferro (Rochim, 1993 : 147)

Paduan nonferro terdiri atas 4 macam elemen utama yaitu Cobalt sebagai pelarut bagi elemen-elemen lain, Cr (10% sd 35%) yang membentuk karbida, W (10% sd 25%) sebagai pembentuk karbida menaikkan kekerasan secara menyeluruh, karbon (1%C membentuk jenis yang relatif lunak sedang 3% C menghasilkan jenis yang keras serta tahan aus). Pahat potong ini tidak sesuai untuk permesinan benda kerja yang terlalu keras akan tetapi lebih tahan terhadap temperatur pemotongan, sangat keras sehingga sesuai untuk permesinan tanpa beban kejut.

4. *Carbides or Sintered Carbides*

Campuran bukan logam (*nonferrous*) adalah karbida yang di sinter atau disemen (*Cemented Carbide*), merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (sintering) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat Cobalt (Co). Pahat ini mempunyai kemampuan pemotongan diatas 1000 ft/min, digunakan untuk tahap akhir pada proses permesinan (*finish-machining*) baja dan besi tuang lunak, mempunyai ketelitian $\pm 0,003$ in.

5. *Ceramics*

Ceramics dibuat dari aluminium oksida murni Al_2O_3 , dapat dioperasikan 2 sampai 3 kali dari kecepatan potong pahat karbida, biasanya tidak membutuhkan pendingin, mempunyai kekerasan yang sama dengan karbida, dan dengan kecepatan potong yang lebih besar mempunyai umur pahat yang sama dengan karbida. Kekerasan dan kelembaman kimia menjadikan *ceramics* salah satu material yang baik untuk proses pemotongan dengan kecepatan tinggi. Digunakan pada proses permesinan paduan, besi tuang, baja dengan kekuatan tinggi.

6. *Diamond*

Diamond diketahui sebagai material paling keras. Permesinan menggunakan *diamond* dilakukan dengan kecepatan tinggi untuk pemakanan yang lebih baik pada proses akhir permesinan (*finishing*). Sintered *diamond* merupakan hasil proses sintering serbuk intan tiruan (*graphite*) dengan bahan pengikat Co (5%-10%). Penggunaan pahat intan mampu pada temperatur 2700 °F dan tidak bisa dipakai untuk memotong bahan yang mengandung besi (*ferrous*). Sangat baik untuk *ultra high precision & mirror finish cutting* bagi benda kerja non ferro (*Al Alloys, Cu alloys, Plastics, Rubber*). Keistimewaan dari *diamond* adalah kekerasan tinggi, pergeseran yang sangat rendah atau tahan terhadap *deformasi plastic*, daya konduksi panas dan ketahanan pemakaian yang baik.

7. *Cubic Boron Nitride*

Cubic Boron Nitride adalah material perkakas buatan, disebut (*Borazon*). Terbentuk dalam sebuah susunan padat dari proses panas yang digunakan untuk *sintered polycrystalline diamonds*. Mampu menahan kekerasan pada kenaikan temperatur dan reaksi kimia yang rendah pada permukaan *chip*. Material ini dapat digunakan untuk permesinan berbagai jenis baja dalam keadaan dikeraskan (*hardened steel*), besi tuang, HSS maupun karbida semen, serta mempunyai kecepatan potong 5 kali dari *cemented carbide* tanpa pengasahan.

2.10 Hipotesis

Apabila sudut potong utama diturunkan maka akan menaikkan luas daerah yang terpotong, sehingga gaya pemotongan mengalami kenaikan setiap satuan luas, dengan demikian temperatur yang terjadi akibat proses pemotongan akan mengalami kenaikan. Sedangkan pada pemakanan berhubungan dengan ketebalan daerah terpotong setiap putaran, apabila pemakanan dinaikkan maka akan menaikkan gaya pemakanan, dengan meningkatnya gaya pemakanan maka temperatur yang terjadi akan mengalami kenaikan setiap satuan waktu. Akibat dari kedua hal tersebut maka temperatur pemotongannya akan mengalami kenaikan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental sejati (*true experimental research*) yang digunakan untuk mengetahui pengaruh sudut potong utama (θ°) dan pemakanan (f) terhadap temperatur pemotongan pada proses penggurdian baja.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah Laboratorium Proses Produksi Politeknik Negeri Malang dan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2007.

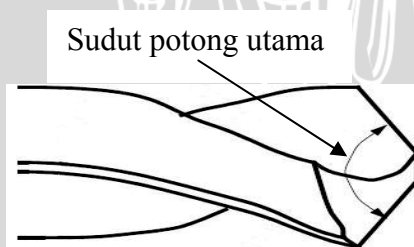
3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian diadakan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

1. Sudut potong utama (θ°), yaitu : 115° , 120° , 125° , 130° , 135° .

Untuk lebih jelasnya tentang bagian sudut potong utama, dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah.



Gambar 3.1 Bagian sudut potong utama

2. Pemakanan (f), yaitu : 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 mm/putaran.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperatur pemotongan ($^\circ\text{C}$).

3.3.3 Variabel Terkendali

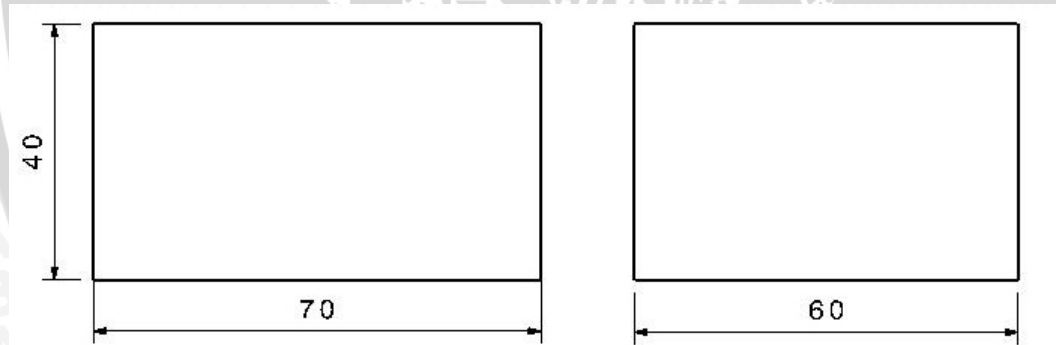
Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

1. Diameter Pahat : 10 (mm)
2. Panjang Pemotongan : 40 (mm)
3. Putaran : 600 (rpm)
4. Geometri Pahat
 - Sudut geser / *Rake angle* (α) : 22°
 - Sudut geram / *Helix angle* (γ_o) : 30°
 - Sudut gesek / *Friction angle* (η) : 76°

3.4 Bahan dan Alat-alat Penelitian

3.4.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Baja DIN 17100 ST 37-1 yang berbentuk balok pejal sebanyak 75 buah, dengan dengan ukuran 70 x 60 x 40 mm, ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Ukuran Bahan

Bahan ini mempunyai kadar unsur kimia sebagai berikut :

- C = 0,12 % – 0,18 %.
- Fe = 99,13 % – 99,58 %
- Mn = 0,3 % – 0,6 %
- P ≤ 0,04 %
- S ≤ 0,05 %

Sifat mekanik bahan

- Kekuatan tarik σ_b = 37 kgf/mm².
- Kekuatan geser σ_s = 24 kgf/mm².

- Kekerasan 105-125 HB.

3.4.2 Alat-alat Penelitian yang Digunakan

Alat-alat kerja yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Mesin Frais CNC TU2A.
2. Mesin Gerinda.
3. Pahat Gurdi jenis HSS (*High Speed Steel*).
4. Mistar.
5. Penggores.
6. Gergaji Besi.

Alat-alat uji yang digunakan untuk mengambil data adalah :

1. *Thermo Control*.
 - *Thermocouple*.
 - *ADC (Analog Data Converter)*.
2. Komputer.

3.5 Prosedur Penelitian

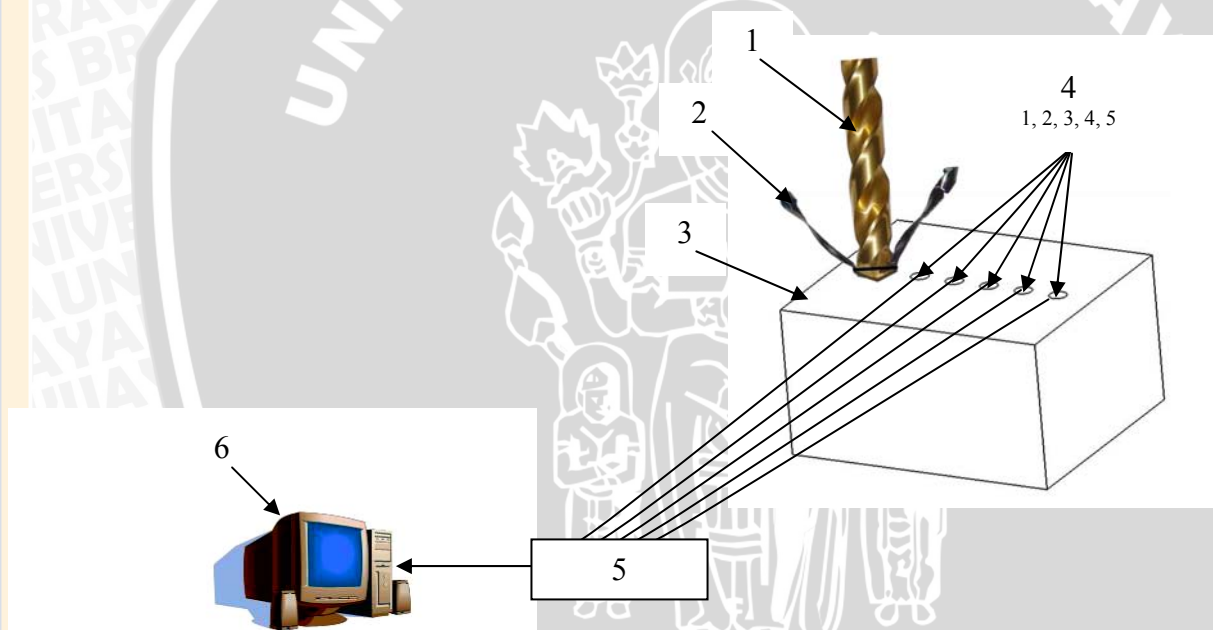
1. Menentukan proses permesinan dan parameter yang akan diteliti.
2. Mempersiapkan bahan, alat-alat kerja, dan alat-alat uji.
3. Persiapan bahan.
 - Ukur bahan dan tandai menggunakan penggores.
 - Potong bahan dengan gergaji besi.
4. Gerinda pahat gurdi untuk membentuk sudut potong utama sesuai dengan geometri yang ditentukan dalam penelitian ini.
5. Seting *Thermo Control*.
 - Pasangkan *Thermocouple* pada bahan.
 - Seting *ADC*.
6. Melakukan proses penggurdian pada mesin Freis CNC.
 - Cekam bahan pada pencekam.
 - Cekam pahat pada spindle.
 - Seting program penggurdian pada mesin (pemakanan, putaran spindle).
7. Pengambilan data.

- Bahan digurdi kemudian dibaca temperaturnya pada masing-masing *Thermocouple*.

8. Pengolahan data.
9. Kesimpulan.

3.6 Rangkaian Penelitian

Rangkaian penelitian di sini adalah penyusunan antara pahat, bahan, *thermo control*, dan komputer yang dikombinasikan, sehingga dapat dipergunakan untuk mengambil data distribusi temperatur pada waktu penelitian. Rangkaian penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



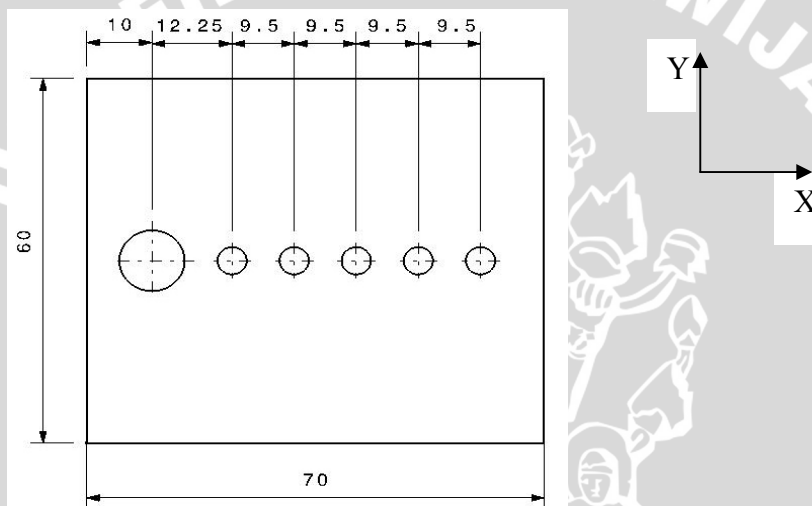
Gambar 3.3 Rangkaian Penelitian

Keterangan :

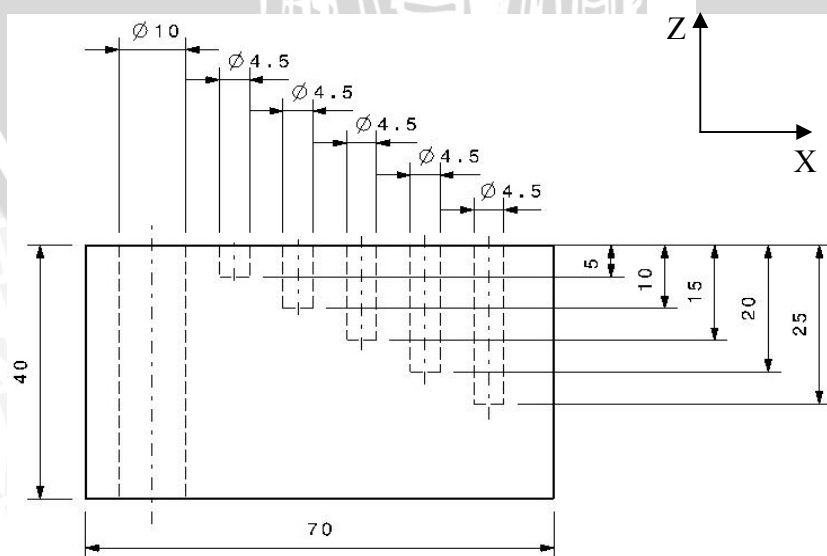
1. Pahat.
2. Geram.
3. Bahan.
4. *Thermocouple*.
5. ADC.
6. Komputer.

3.7 Pemasangan *Thermocouple*

Pada penelitian ini hanya mengukur temperatur bahan pada beberapa titik yang telah ditentukan, karena kesulitan jika dilakukan pengukuran pada pahat atau geram. Pada gambar 3.4 berikut dapat dilihat pemasangan *thermocouple* pada titik-titik tersebut searah sumbu X, sedangkan pada gambar 3.5 adalah gambar penanaman *thermocouple* pada bahan, dengan alasan tidak memungkinkan mengukur temperatur pemotongan pada pahat maupun geram, karena temperatur pemotongan yang dihasilkan menyebar dalam bentuk tabung, dengan demikian saat proses penggurdian berlangsung akan didapatkan nilai temperatur yang berbeda pada masing-masing titik pengukuran.



Gambar 3.4 Pemasangan *Thermocouple*



Gambar 3.5 Penanaman *Thermocouple*

3.8 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini untuk mencari pengaruh dari sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada proses penggurdian baja. Variasi sudut potong utama dan pemakanan masing-masing ada 5 macam dengan 5 titik pengukuran temperatur dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Maka rancangan penelitian yang akan digunakan seperti pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Rancangan penelitian untuk pengaruh variasi sudut dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan

Pemakanan (mm/putaran)	<i>Thermocouple</i>	Variasi Sudut Potong Utama (θ°)				
		115	120	125	130	135
0,02	1	X ₁₁₁	X ₂₁₁	X ₃₁₁	X ₄₁₁	X ₅₁₁
	2	X ₁₁₂	X ₂₁₂	X ₃₁₂	X ₄₁₂	X ₅₁₂
	3	X ₁₁₃	X ₂₁₃	X ₃₁₃	X ₄₁₃	X ₅₁₃
	4	X ₁₁₄	X ₂₁₄	X ₃₁₄	X ₄₁₄	X ₅₁₄
	5	X ₁₁₅	X ₂₁₅	X ₃₁₅	X ₄₁₅	X ₅₁₅
0,04	1	X ₁₂₁	X ₂₂₁	X ₃₂₁	X ₄₂₁	X ₅₂₁
	2	X ₁₂₂	X ₂₂₂	X ₃₂₂	X ₄₂₂	X ₅₂₂
	3	X ₁₂₃	X ₂₂₃	X ₃₂₃	X ₄₂₃	X ₅₂₃
	4	X ₁₂₄	X ₂₂₄	X ₃₂₄	X ₄₂₄	X ₅₂₄
	5	X ₁₂₅	X ₂₂₅	X ₃₂₅	X ₄₂₅	X ₅₂₅
0,06	1	X ₁₃₁	X ₂₃₁	X ₃₃₁	X ₄₃₁	X ₅₃₁
	2	X ₁₃₂	X ₂₃₂	X ₃₃₂	X ₄₃₂	X ₅₃₂
	3	X ₁₃₃	X ₂₃₃	X ₃₃₃	X ₄₃₃	X ₅₃₃
	4	X ₁₃₄	X ₂₃₄	X ₃₃₄	X ₄₃₄	X ₅₃₄
	5	X ₁₃₅	X ₂₃₅	X ₃₃₅	X ₄₃₅	X ₅₃₅
0,08	1	X ₁₄₁	X ₂₄₁	X ₃₄₁	X ₄₄₁	X ₅₄₁
	2	X ₁₄₂	X ₂₄₂	X ₃₄₂	X ₄₄₂	X ₅₄₂
	3	X ₁₄₃	X ₂₄₃	X ₃₄₃	X ₄₄₃	X ₅₄₃
	4	X ₁₄₄	X ₂₄₄	X ₃₄₄	X ₄₄₄	X ₅₄₄
	5	X ₁₄₅	X ₂₄₅	X ₃₄₅	X ₄₄₅	X ₅₄₅

0,1	1	X_{151}	X_{251}	X_{351}	X_{451}	X_{551}
	2	X_{152}	X_{252}	X_{352}	X_{452}	X_{552}
	3	X_{153}	X_{253}	X_{353}	X_{453}	X_{553}
	4	X_{154}	X_{254}	X_{354}	X_{454}	X_{554}
	5	X_{155}	X_{255}	X_{355}	X_{455}	X_{555}

Dengan :

X = Data temperatur.

X_{ijk} = Data pengamatan temperatur pada variasi sudut ke i, pemakanan ke j, dan temperatur pada *Thermocouple* ke k.

3.8.1 Analisa Kecukupan Data

Analisis kecukupan data merupakan metode statistik yang digunakan untuk menyatakan apakah data yang diperoleh cukup untuk diproses atau masih diadakan penambahan data lagi untuk proses selanjutnya. Seperti pada Tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Analisa Kecukupan Data.

No. sampel (N_i)	Data observasi (X_i)	(X_i^2)	($X_i - \bar{X}$)	($X_i - \bar{X}$) ²
1				
2				
3				
N				
Total	ΣX_i	ΣX_i^2	$\Sigma (X_i - \bar{X})$	$\Sigma (X_i - \bar{X})^2$

1. Mean (rata-rata) sampel ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3-1)$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (3-2)$$

3. *Standart deviasi* (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3-3)$$

4. *Tingkat ketelitian* (*degree of accuracy* atau DA)

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3-4)$$

5. *Tingkat keyakinan* (*convident level* atau CL)

$$CL = 100\% - DA \quad (3-5)$$

6. *Batas kontrol*

Batas kontrol atas (*upper control limit* atau UCL)

$$UCL = \bar{X} + k \cdot \sigma \quad (3-6)$$

7. *Batas kontrol bawah* (*lower control limit* atau LCL)

$$LCL = \bar{X} - k \cdot \sigma \quad (3-7)$$

Dengan :

k = koefisien keyakinan atau nilai-nilai kritis (Z_c)

Besarnya nilai k atau Z_c tergantung dari prosentase keyakinan atau sering disebut tingkat keyakinan (*convident level*), dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Nilai k atau Z_c .

Tingkat keyakinan	k atau Z_c
99,37%	3,00
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95,45%	2,00
95%	1,96
90%	1.645
80%	1,28
68,27%	1,00
50%	0,6745

$$8. S (\text{tingkat ketelitian}) = \frac{DA}{100} \quad (3-8)$$

9. Kecukupan data observasi N^1

$$N^1 = \left[\frac{k / S \sqrt{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - \left(\sum_{i=1}^n Xi \right)^2}}{\sum_{i=1}^n Xi} \right]^2 \quad (3-9)$$

Dengan perbandingan N^1 terhadap N adalah :

- Bila $N < N^1$, maka perlu adanya penambahan data baru.
- Bila $N > N^1$, maka tidak perlu adanya penambahan data baru.

3.8.2 Analisa Statistik

Di dalam pengolahan data untuk analisis statistik digunakan Analisa Varian Dua Arah. Dari analisa varian dua arah ini akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi sudut (faktor A) dan pemakanan (faktor B) terhadap temperatur pemotongan dapat dilihat pada Tabel 3.4. Selanjutnya untuk hipotesa dari penelitian ini dapat ditulis sebagai berikut :

1. H_0^1 : $A_1 = A_2 = A_3 = A_i$, faktor A (sudut potong utama tidak berpengaruh terhadap temperatur pemotongan)
2. H_1^1 : $A_1 \neq A_2 \neq A_3 \neq A_i$, faktor A (sudut potong utama berpengaruh terhadap temperatur pemotongan)
3. H_0^2 : $B_1 = B_2 = B_3 = B_i$, faktor B (pemakanan tidak berpengaruh terhadap temperatur pemotongan)
4. H_1^2 : $B_1 \neq B_2 \neq B_3 \neq B_i$, faktor B (pemakanan berpengaruh terhadap temperatur pemotongan)
5. H_0^3 : $(AB)_{11} = (AB)_{12} = (AB)_{13} = (AB)_{ij}$, faktor A dan B (sudut potong utama dan pemakanan tidak berpengaruh terhadap temperatur pemotongan)
6. H_1^3 : $(AB)_{11} \neq (AB)_{12} \neq (AB)_{13} \neq (AB)_{ij}$, faktor A dan B (sudut potong utama dan pemakanan berpengaruh terhadap temperatur pemotongan)

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Varian Dua Arah

Faktor	A						$\sum$ baris	rata-rata
B	level	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅		
	A ₁	Y ₁₁₁	Y ₁₂₁	Y ₁₃₁	Y ₁₄₁	Y ₁₅₁	T _{1..}	Y _{1..}
		Y ₁₁₂	Y ₁₂₂	Y ₁₃₂	Y ₁₄₂	Y ₁₅₂		
		...	...	...	...	...		
		Y _{11t}	Y _{12t}	Y _{13t}	Y _{14t}	Y _{15t}		
	A ₂	Y ₂₁₁	Y ₂₂₁	Y ₂₃₁	Y ₂₄₁	Y ₂₅₁	T _{2..}	Y _{2..}
		Y ₂₁₂	Y ₂₂₂	Y ₂₃₂	Y ₂₄₂	Y ₂₅₂		
		...	...	...	...	...		
		Y _{21t}	Y _{22t}	Y _{23t}	Y _{24t}	Y _{25t}		
	A ₃	Y ₃₁₁	Y ₃₂₁	Y ₃₃₁	Y ₃₄₁	Y ₃₅₁	T _{3..}	Y _{3..}
		Y ₃₁₂	Y ₃₂₂	Y ₃₃₂	Y ₃₄₂	Y ₃₅₂		
		...	...	...	...	...		
		Y _{31t}	Y _{32t}	Y _{33t}	Y _{34t}	Y _{35t}		
	A ₄	Y ₄₁₁	Y ₄₂₁	Y ₄₃₁	Y ₄₄₁	Y ₄₅₁		
		Y ₄₁₂	Y ₄₂₂	Y ₄₃₂	Y ₄₄₂	Y ₄₅₂		
		...	...	...	...	...		
		Y _{41t}	Y _{42t}	Y _{43t}	Y _{44t}	Y _{45t}		
	A ₅	Y ₅₁₁	Y ₅₂₁	Y ₅₃₁	Y ₅₄₁	Y ₅₅₁		
		Y ₅₁₂	Y ₅₂₂	Y ₅₃₂	Y ₅₄₂	Y ₅₅₂		
		...	...	...	...	...		
		Y _{51t}	Y _{52t}	Y _{53t}	Y _{54t}	Y _{55t}		
$\sum$ baris		T _{1.}	T _{2.}	T _{3.}	T _{4.}	T _{5.}	T	
rata-rata		Y _{1.}	Y _{2.}	Y _{3.}	Y _{4.}	Y _{5.}		Y

Hasil analisis varian dua arah dapat dilihat pada Tabel 3.5. Sedangkan Untuk perhitungan dipakai beberapa rumus antara lain (Yitnosumartono, 1993 : 68-69) :

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t y_{ijk} \right]^2}{rct} \quad (3-10)$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t y_{ijk}^2 - FK \quad (3-12)$$

3. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{t} - FK \quad (3-13)$$

4. Jumlah Kuadrat Pengaruh A (JKA)

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{ct} - FK \quad (3-14)$$

5. Jumlah Kuadrat Pengaruh B (JKB)

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rc} - FK \quad (3-15)$$

6. Jumlah Kuadrat Pengaruh interaksi A dan B (JKAB)

$$JKAB = JKP - JKA - JKB \quad (3-16)$$

7. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKA - JKB - JKAB \quad (3-17)$$

Kesimpulan yang didapat dari uji F ini sebagai berikut :

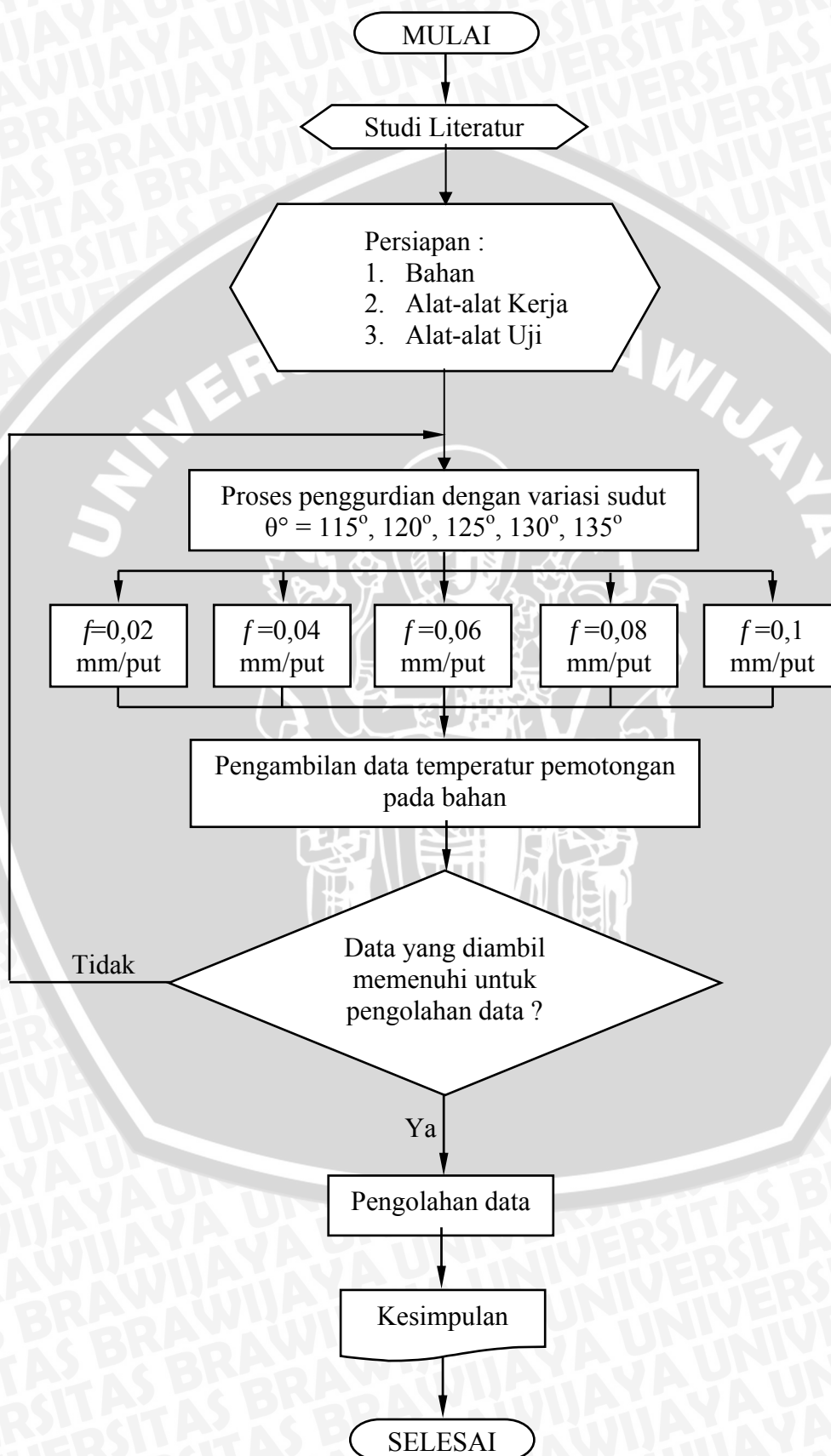
1. Bila $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$, maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima. Berarti faktor A (sudut potong utama) berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.
2. Bila $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$, maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima. Berarti faktor B (pemakanan) berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.

3. Bila $F_{AB \text{ hitung}} > F_{AB \text{ tabel}}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berarti interaksi faktor A (sudut potong utama) dan faktor B (pemakanan) berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.

Tabel 3.5 Analisa Varian Dua Arah

Sumber keragaman	Db	JK	Varian (KT)	F_{hitung}
Pengaruh A	$r-1$	JKA	$\frac{JKA}{r-1}$	$\frac{S_A^2}{S^2}$
Pengaruh B	$c-1$	JKB	$\frac{JKB}{c-1}$	$\frac{S_B^2}{S^2}$
Interaksi A dan B	$(r-1)(c-1)$	JKAB	$\frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$	$\frac{S_{AB}^2}{S^2}$
Galat	$rc(n-1)$	JKG	$\frac{JKG}{rc(t-1)}$	
Total	$rcn-1$	JKT		

3.9 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Analisa Data

Hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada bahan dapat dilihat pada tabel 4.1. Diambil sampel salah satu dari data hasil pengujian. Temperatur pemotongan maksimum pada jarak 12,25 mm (*thermocouple* 1) digunakan untuk analisa data, karena sampel dari data yang diambil sudah dapat memenuhi dalam analisa data.

Tabel 4.1. Data temperatur pemotongan maksimum hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama (θ°) dan pemakanan (mm/putaran)

Pemakanan (mm/putaran)	Variasi Sudut Potong Utama (θ°)				
	115	120	125	130	135
0,02	44,7	42,9	41,6	39,4	38,1
	43	41,3	39,6	37,7	35,9
	42,8	41,5	39,4	37,8	35,5
0,04	49,9	46,4	44,8	43,7	41,7
	48	46,3	45,4	44,7	43,6
	47,9	48	46,9	44,5	43,4
0,06	49,5	50,9	46,3	47,6	44,6
	51,2	48,7	48,5	47,4	44,5
	50,8	48,6	48,6	45,7	46,2
0,08	55,4	54,7	53,1	51,7	46,9
	55,5	54,5	52,6	50,2	48,7
	56,8	53,4	51,2	49,9	49,3
0,1	58,3	56,2	55,8	51,1	48,6
	60,2	57,6	54,2	53	50,9
	60,9	57,8	53,8	53,4	51,7

Nilai temperatur pemotongan pada bahan dengan variasi sudut potong utama dan pemakanan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.1.2 Analisa Kecukupan Data

Analisa kecukupan data temperatur pemotongan diambil pada sudut potong utama (θ) = 115° dan pemakanan (f) = 0,02 mm/put.

1. Temperatur rata – rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{130,5}{3}$$

$$\bar{X} = 43,5$$

2. Variasi sampel

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\sigma^2 = \frac{2,18}{3-1}$$

$$\sigma^2 = 1,09$$

3. Standart deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2,18}{3-1}}$$

$$\sigma = 1,044$$

4. Tingkat ketelitian

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$DA = \frac{1,044}{43,5} \times 100\%$$

$$DA = 2,4\%$$

5. Tingkat keyakinan

$$CL = 100\% - DA$$

$$CL = 100\% - 2,4\%$$

$$CL = 97,6$$

6. Batas kontrol atas (*upper control limit* atau UCL)

$$UCL = \bar{X} + k.\sigma$$

$$UCL = 43,5 + (2,274 \times 1,044)$$

$$UCL = 45,87$$

7. Batas kontrol bawah (*lower control limit* atau LCL)

$$LCL = \bar{X} - k.\sigma$$

$$LCL = 43,5 - (2,274 \times 1,044)$$

$$LCL = 41,12$$

8. Kecukupan data observasi

$$N^1 = \left[\frac{k / S. \sqrt{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - \left(\sum_{i=1}^n Xi \right)^2}}{\sum_{i=1}^n Xi} \right]^2$$

$$= \left[\frac{94,74 \times 2,35}{130,5} \right]^2$$

$$N^1 = 2,91$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai $N^1 = 2,91$. Dengan demikian berarti nilai $N > N^1$ ($3 > 2,91$), maka tidak perlu adanya penambahan data baru, sehingga data dinyatakan cukup untuk digunakan pada analisa selanjutnya.

Untuk perhitungan variasi sudut potong utama dan pemakanan yang lain dapat dilihat pada Lampiran 2.3.

4.1.3 Analisa Varian

Pengolahan data untuk analisa statistik digunakan Analisa Varian Dua Arah. Dari analisa varian dua arah ini akan diketahui ada tidaknya pengaruh sudut potong utama (faktor A) dan pemakanan (faktor B) terhadap temperatur pemotongan pada bahan. Dari data pengujian temperatur pemotongan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dilakukan analisa varian dua arah pengaruh sudut potong utama (faktor A) dan pemakanan (faktor B) terhadap temperatur pemotongan pada bahan adalah sebagai berikut :

$$\text{➤ Jumlah Seluruh Perlakuan} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk}$$

$$= 44,7 + 43 + 42,8 + \dots + 51,7$$

$$= 3612,9$$

$$\text{➤ Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2$$

$$= 1998,09 + 1849 + 1831,84 + \dots + 2672,89$$

$$= 263908,1$$

$$\text{➤ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \right]^2}{rct}$$

$$= \frac{(3612,9)^2}{5 \times 5 \times 3} = 174040,6188$$

$$\text{➤ Jumlah Kuadrat Total (JKT)} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - FK$$

$$= 176583,41 - 174040,6188 = 2542,7912$$

$$\text{➤ Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{t} - FK$$

$$= \frac{529573,59}{3} - 174040,6188 = 2483,9112$$

$$\text{➤ Jumlah Kuadrat Pengaruh A (JKA)} = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{ct} - FK$$

$$= \frac{2617455,69}{5 \times 3} - 174040,6188$$

$$= 456,4272$$

➤ Jumlah Kuadrat Pengaruh B (JKB) = $\frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rt} - FK$

$$= \frac{2640696,75}{5 \times 3} - 174040,6188$$

$$= 2005,8312$$

➤ Jumlah Kuadrat Pengaruh interaksi A dan B (JKAB) = JKP - JKA - JKB

$$= 2483,9112 - 456,4272 - 2005,8312$$

$$= 21,6528$$

➤ Jumlah Kuadrat Galat (JKG) = JKT - JKA - JKB - JKAB

$$= 2542,7912 - 456,4272 - 2005,8312 - 21,6528$$

$$= 58,88$$

➤ Nilai Varian dari masing – masing perlakuan sebagai berikut :

a. $S_A^2 = \frac{JKA}{r-1} = \frac{456,4272}{5-1} = 114,1068$

b. $S_B^2 = \frac{JKB}{c-1} = \frac{2005,8312}{5-1} = 501,4578$

c. $S_{AB}^2 = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)} = \frac{21,6528}{16} = 1,3533$

d. $S^2 = \frac{JKG}{rc(t-1)} = \frac{58,88}{50} = 1,1776$

➤ Nilai F_{hitung} dari masing – masing sumber keragaman sebagai berikut :

a. Untuk faktor A : $F_{hitung} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{114,1068}{1,1776} = 96,89775815$

b. Untuk faktor B : $F_{hitung} = \frac{S_B^2}{S^2} = \frac{501,4578}{1,1776} = 425,8303329$

c. Untuk interaksi A dan B : $F_{hitung} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} = \frac{1,3533}{1,1776} = 1,149201766$

Untuk mempermudah dalam menarik kesimpulan, maka dibuat tabel hasil analisa varian dua arah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data analisa varian dua arah

Sumber Keragaman	Db	JK	Varian (KT)	F_{hitung}	F_{tabel}
Pengaruh A	4	456,4272	114,1068	96,8977	3,01
Pengaruh B	4	2005,8321	501,4578	425,8303	3,01
Interaksi A dan B	16	21,6528	1,3533	1,1492	1,03
Galat	50	58,8	1,1776		
Total	74	2.542,71			

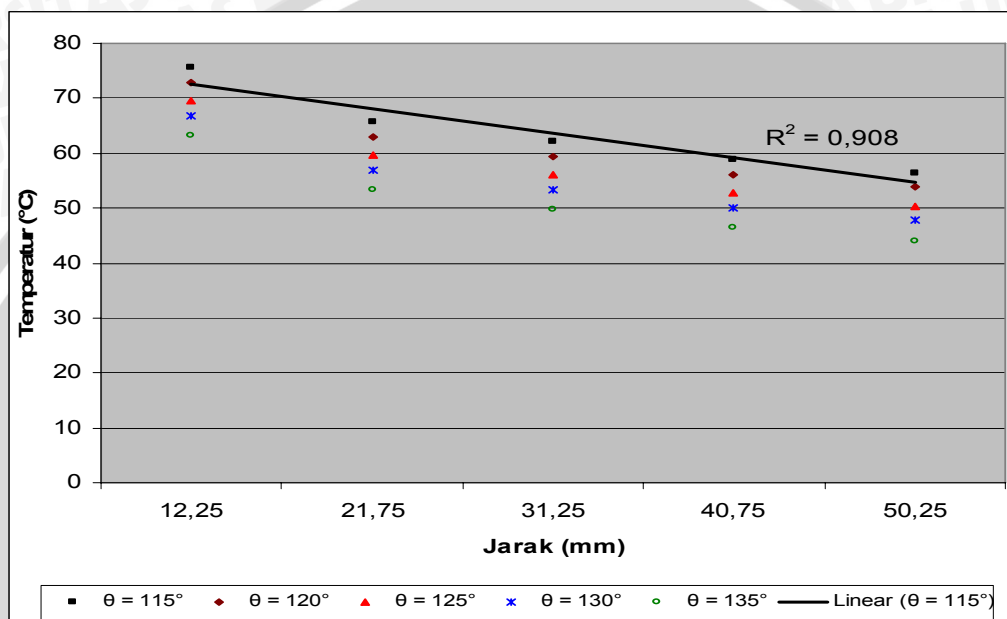
Berdasarkan hasil dari perhitungan analisa varian dua arah pada pengaruh variasi sudut potong utama (A) dan pemakanan (B) terhadap temperatur pemotongan pada bahan yang ditunjukkan pada tabel 4.3, dengan mengambil tingkat keyakinan 97% ($\alpha = 3\%$) dapat diambil kesimpulan :

1. $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel} = 96,8977 > 3,01$, maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima. Berarti faktor A (sudut potong utama) berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.
2. $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel} = 425,8303 > 3,01$, maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima. Berarti faktor B (pemakanan) berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.
3. $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel} = 1,1492 > 1,03$, maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima. Berarti faktor AB (sudut potong utama pahat dan pemakanan) berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.

4.2 Temperatur Pemotongan

4.2.1 Pengaruh Sudut Potong Utama (θ°) dan Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Jarak Pengukuran (mm)

Hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama pahat (θ°) dan pemakanan (mm/put) terhadap temperatur pemotongan pada bahan ($^\circ\text{C}$) dapat dilihat pada grafik 4.1.



Grafik 4.1 Temperatur pemotongan ($^\circ\text{C}$) pada jarak pengukuran dengan variasi sudut potong utama (θ°) dan pemakanan 0,02 (mm/putaran)

Pada grafik 4.1 dapat diketahui hubungan pengaruh sudut potong utama pahat (θ°) dan pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan pada bahan ($^\circ\text{C}$). Untuk semua variasi sudut potong utama pada masing-masing pemakanan terdapat kecenderungan penurunan nilai temperatur pemotongan pada sudut potong utama pahat yang semakin naik.

- Pada sudut potong utama (θ°) = 115° dengan variasi pemakanan (f) = 0,02 mm/putaran diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar $75,5^\circ\text{C}$ pada jarak 12,25 (mm), $65,6^\circ\text{C}$ pada jarak 21,75 (mm), 62°C pada jarak 31,25 (mm), $58,7^\circ\text{C}$ pada jarak 40,75 (mm), $56,4^\circ\text{C}$ pada jarak 50,25 (mm).
- Pada sudut potong utama (θ°) = 120° dengan variasi pemakanan (f) = 0,02 mm/putaran diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu :

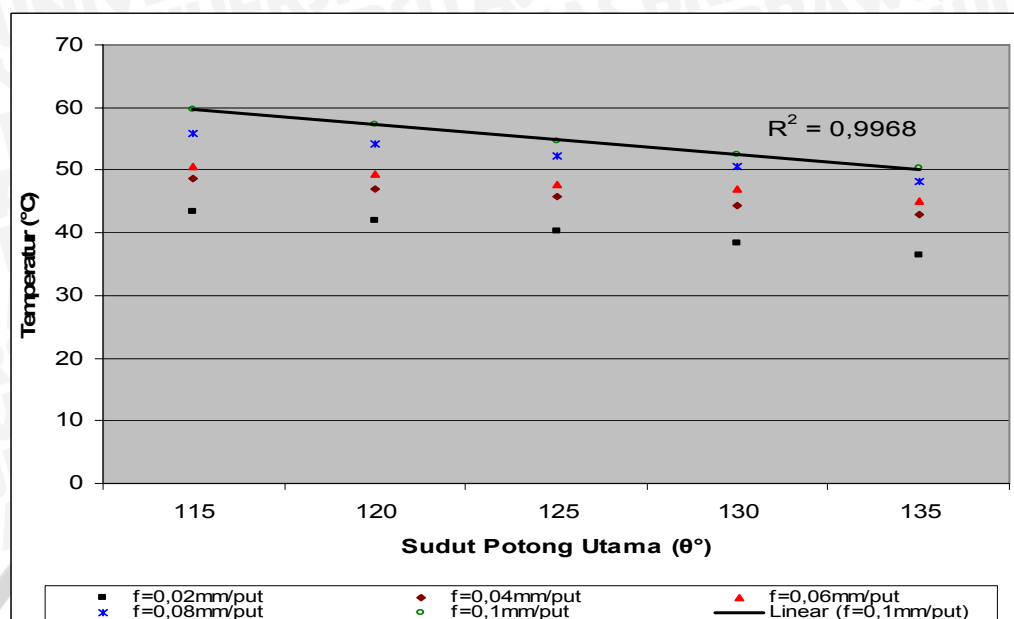
sebesar 72,9 °C pada jarak 12,25 (mm), 63 °C pada jarak 21,75 (mm), 59,4 °C pada jarak 31,25 (mm), 56,1 °C pada jarak 40,75 (mm), 53,8 °C pada jarak 50,25 (mm).

- Pada sudut potong utama (θ°) = 125° dengan variasi pemakanan (f) = 0,02 mm/putaran diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 69,5 °C pada jarak 12,25 (mm), 59,6 °C pada jarak 21,75 (mm), 56 °C pada jarak 31,25 (mm), 52,7 °C pada jarak 40,75 (mm), 50,4 °C pada jarak 50,25 (mm).
- Pada sudut potong utama (θ°) = 130° dengan variasi pemakanan (f) = 0,02 mm/putaran diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 66,8 °C pada jarak 12,25 (mm), 56,9 °C pada jarak 21,75 (mm), 53,3 °C pada jarak 31,25 (mm), 50 °C pada jarak 40,75 (mm), 47,7 °C pada jarak 50,25 (mm).
- Pada sudut potong utama (θ°) = 135° dengan variasi pemakanan (f) = 0,02 mm/putaran diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 63,2 °C pada jarak 12,25 (mm), 53,3 °C pada jarak 21,75 (mm), 49,7 °C pada jarak 31,25 (mm), 46,4 °C pada jarak 40,75 (mm), 44,1 °C pada jarak 50,25 (mm).

Grafik temperatur pemotongan pada bahan (°C) pada jarak pengukuran (mm) dengan variasi sudut potong utama pahat (θ°) dan pemakanan (mm/putaran) selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

4.2.2 Pengaruh Sudut Potong Utama (θ°) Terhadap Temperatur Pemotongan (°C) Pada Variasi Pemakanan (mm/put)

Pada grafik 4.2 diambil dari data hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama pahat (θ°) dan pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan pada bahan (°C). Diambil pada kondisi maksimum temperatur pemotongan pada bahan yaitu pada jarak 12,25 mm (*thermocouple* 1) dengan variasi pemakanan.



Grafik 4.2 Pengaruh sudut potong utama (θ°) terhadap temperatur pemotongan ($^\circ\text{C}$) pada variasi pemakanan (mm/putaran)

Pada grafik 4.2 dapat diketahui hubungan pengaruh sudut potong utama (θ°) terhadap temperatur pemotongan pada bahan ($^\circ\text{C}$) dengan variasi pemakanan (mm/putaran). Untuk semua variasi sudut potong utama pada masing-masing pemakanan terdapat kecenderungan penurunan nilai temperatur pemotongan pada sudut potong utama pahat yang semakin naik.

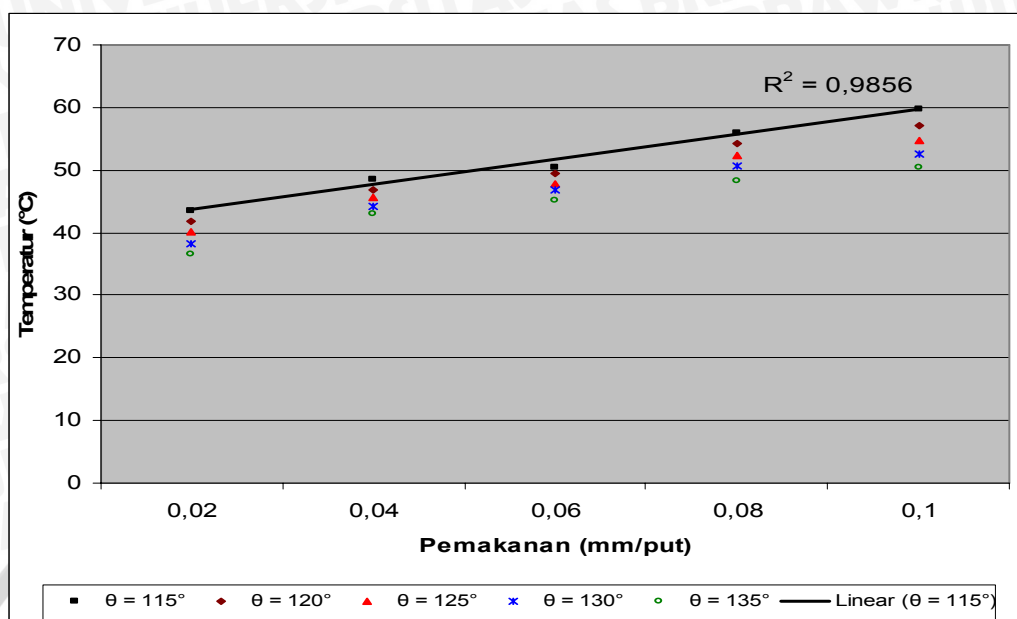
- Pada sudut potong utama (θ°) = 115° dengan variasi pemakanan (f) = (mm/putaran) diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar $43,5^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,02$ mm/putaran, $48,6^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,04$ mm/putaran, $50,5^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,06$ mm/putaran, $55,9^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,08$ mm/putaran, $59,8^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,1$ mm/putaran.
- Pada sudut potong utama (θ°) = 120° dengan variasi pemakanan (f) = (mm/putaran) diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar $41,9^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,02$ mm/putaran, $46,9^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,04$ mm/putaran, $49,4^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,06$ mm/putaran, $54,2^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,08$ mm/putaran, $57,2^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,1$ mm/putaran.
- Pada sudut potong utama (θ°) = 125° dengan variasi pemakanan (f) = (mm/putaran) diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar $40,2^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,02$ mm/putaran, $45,7^\circ\text{C}$ pada (f) = $0,04$ mm/putaran,

47,8 °C pada $(f) = 0,06$ mm/putaran, 52,3 °C pada $(f) = 0,08$ mm/putaran, 54,6 °C pada $(f) = 0,1$ mm/putaran.

- Pada sudut potong utama (θ°) = 130° dengan variasi pemakanan $(f) =$ (mm/putaran) diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 38,3 °C pada $(f) = 0,02$ mm/putaran, 44,3 °C pada $(f) = 0,04$ mm/putaran, 46,9 °C pada $(f) = 0,06$ mm/putaran, 50,6 °C pada $(f) = 0,08$ mm/putaran, 52,5 °C pada $(f) = 0,1$ mm/putaran.
- Pada sudut potong utama (θ°) = 135° dengan variasi pemakanan $(f) =$ (mm/putaran) diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 36,5 °C pada $(f) = 0,02$ mm/putaran, 42,9 °C pada $(f) = 0,04$ mm/putaran, 45,1 °C pada $(f) = 0,06$ mm/putaran, 48,3 °C pada $(f) = 0,08$ mm/putaran, 50,4 °C pada $(f) = 0,1$ mm/putaran.

4.2.3 Pengaruh Pemakanan (mm/putaran) Terhadap Temperatur Pemotongan (°C) Pada Variasi Sudut Potong Utama (θ°)

Pada grafik 4.3 diambil dari data hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama pahat (θ°) dan pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan pada bahan (°C) . Diambil pada kondisi maksimum temperatur pemotongan pada bahan yaitu pada jarak 12,25 mm (*thermocouple* 1) dengan variasi sudut potong utama.



Grafik 4.3 Pengaruh pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan (°C) pada variasi sudut potong utama (θ°)

Pada grafik 4.3 dapat diketahui hubungan pengaruh pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan pada bahan (°C) pada variasi sudut potong utama (θ°). Untuk variasi sudut potong utama pahat terdapat kecenderungan penurunan nilai temperatur pemotongan pada masing-masing pemakanan.

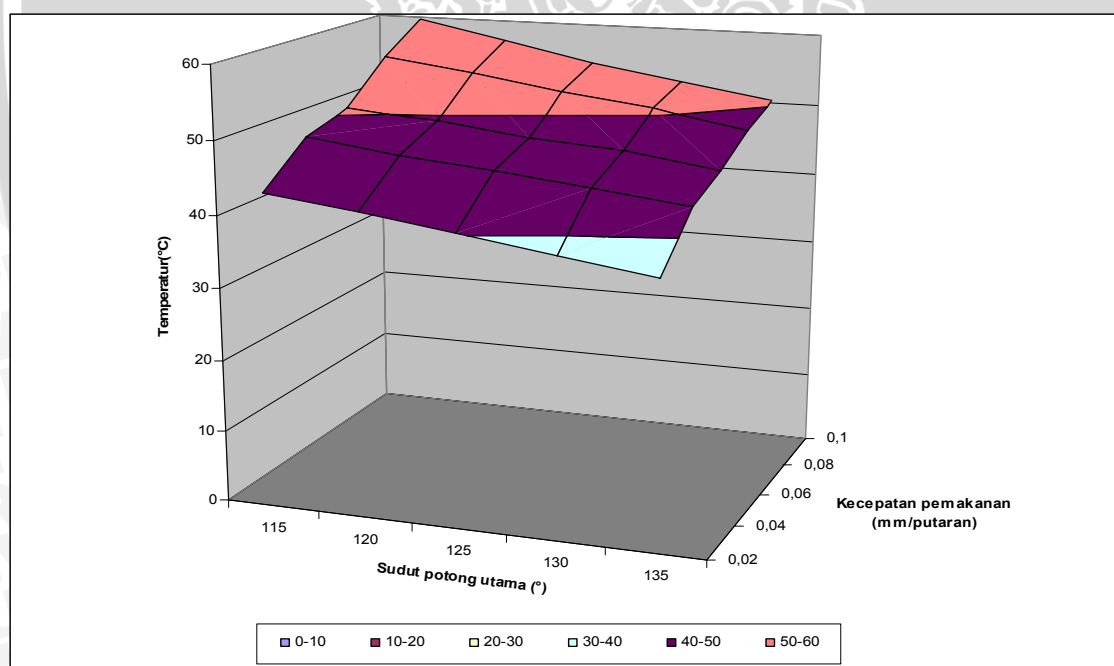
- Pada pemakanan (f) = 0,02 mm/putaran dengan variasi sudut potong utama diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 43,5 °C pada (θ°) = 115°, 41,9 °C pada (θ°) = 120°, 40,2 °C pada (θ°) = 125°, 38,3 °C pada (θ°) = 130°, 36,5 °C pada (θ°) = 135°.
- Pada pemakanan (f) = 0,04 mm/putaran dengan variasi sudut potong utama diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 48,6 °C pada (θ°) = 115°, 46,9 °C pada (θ°) = 120°, 45,7 °C pada (θ°) = 125°, 44,3 °C pada (θ°) = 130°, 42,9 °C pada (θ°) = 135°.
- Pada pemakanan (f) = 0,06 mm/putaran dengan variasi sudut potong utama diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 50,5 °C pada (θ°) = 115°, 49,4 °C pada (θ°) = 120°, 47,8 °C pada (θ°) = 125°, 46,9 °C pada (θ°) = 130°, 45,1 °C pada (θ°) = 135°.
- Pada pemakanan (f) = 0,08 mm/putaran dengan variasi sudut potong utama diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar 55,9 °C

pada $(\theta^\circ) = 115^\circ$, $54,2^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 120^\circ$, $52,3^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 125^\circ$, $50,6^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 130^\circ$, $48,3^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 135^\circ$.

- Pada pemakanan $(f) = 0,1$ mm/putaran dengan variasi sudut potong utama diperoleh temperatur pemotongan maksimum rata-rata, yaitu : sebesar $59,8^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 115^\circ$, $57,2^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 120^\circ$, $54,6^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 125^\circ$, $52,5^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 130^\circ$, $50,4^\circ\text{C}$ pada $(\theta^\circ) = 135^\circ$.

4.2.4 Hubungan Sudut Potong Utama (θ°) dan Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan $(^\circ\text{C})$

Pada grafik 4.4 diambil dari data hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama pahat (θ°) dan pemakanan (mm/put) terhadap temperatur pemotongan pada bahan $(^\circ\text{C})$. Diambil pada kondisi maksimum temperatur pemotongan pada bahan yaitu pada jarak $12,25$ mm (*thermocouple 1*).



Grafik 4.4 Hubungan sudut potong utama (θ°) dan pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan $(^\circ\text{C})$

Pada grafik 4.4 dapat dilihat pengaruh variasi sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada bahan pada jarak pengukuran $12,25$ (mm) (*thermocouple 1*). Untuk sudut potong utama, apabila sudut potong utama

dinaikkan maka temperatur pemotongan cenderung mengalami penurunan. Sedangkan untuk pemakanan, apabila pemakanan dinaikkan maka temperatur pemotongan cenderung mengalami kenaikan. Pada variasi sudut potong utama dan pemakanan, nilai temperatur pemotongan maksimum diperoleh pada sudut potong utama $\theta = 115^\circ$ dengan pemakanan $f = 0,1$ (mm/putaran) sebesar $59,8^\circ\text{C}$, sedangkan nilai temperatur pemotongan minimum diperoleh pada sudut potong utama $\theta = 135^\circ$ dengan pemakanan $f = 0,02$ (mm/putaran) sebesar $36,5^\circ\text{C}$.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pengaruh Sudut Potong Utama (θ°) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Variasi Pemakanan (mm/put)

Pada grafik 4.2 dapat diketahui hubungan pengaruh sudut potong utama terhadap temperatur pemotongan pada bahan. Untuk semua variasi sudut potong utama terdapat kecenderungan penurunan temperatur pemotongan pada masing-masing sudut potong utama pahat.

Hal ini disebabkan pemotongan pada luas penampang geram sebelum terpotong ($h=f/2.\sin k_r$) yang sama, maka lebar pemakanannya ($b=a/\sin k_r$) akan lebih panjang bila $k_r < 90^\circ$ dan $(\theta) = 2 \times k_r$. Dengan demikian bidang kontak antara geram dengan bidang geram pahat menjadi lebih luas sehingga mempercepat laju pembuangan panas dan temperatur bahan akan menurun. Berdasarkan rumus gaya pemotongan pada proses gudi yaitu : $F_v = \tau_{shi} \cdot \frac{d-d_l}{2} \cdot \frac{f}{2} \cdot \frac{\cos(\eta-\gamma_0)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi+\eta-\gamma_0)}$. Maka semakin besar sudut potong utama, maka semakin kecil gaya pemotongannya. Semakin kecil gaya pemotongan, maka daya pemotongan semakin kecil. Dengan kecilnya daya pemotongan maka daya yang dirubah menjadi panas menjadi kecil.

4.3.2 Pengaruh Pemakanan (mm/putaran) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Variasi Sudut Potong Utama (θ°)

Pada grafik 4.3 dapat diketahui hubungan pengaruh pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan pada bahan ($^\circ\text{C}$). Untuk variasi pemakanan terdapat kecenderungan kenaikan temperatur pada masing-masing sudut potong utama pahat.

Hal ini disebabkan karena pada kenaikan pemakanan, terjadi kenaikan gaya pemotongan tiap satuan waktu, akan tetapi menurunkan luasan daerah terpotong. Dengan perbandingan tersebut maka semakin naik luasan daerah pemotongan semakin naik pula panas yang dihasilkan pada pemakanan yang semakin naik.

4.3.3 Hubungan Sudut Potong Utama (θ°) dan Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$)

Pada grafik 4.4 dapat dilihat pengaruh variasi sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada jarak 12,25 mm (*thermocouple* 1). Untuk sudut potong utama, apabila sudut potong utama dinaikkan maka temperatur pemotongan cenderung mengalami penurunan. Sedangkan untuk pemakanan, apabila pemakanan dinaikkan maka temperatur pemotongan cenderung mengalami kenaikan tiap satuan waktu. Pada variasi sudut potong utama dan pemakanan, nilai temperatur pemotongan maksimum diperoleh pada sudut potong utama $\theta^\circ = 115^\circ$ dengan pemakanan $f = 0,1$ mm/putaran, sedangkan nilai temperatur pemotongan minimum diperoleh pada sudut potong utama $\theta^\circ = 135^\circ$ dengan pemakanan $f = 0,02$ mm/putaran. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa antara sudut potong utama dan pemakanan berpengaruh terhadap temperatur pemotongan.

Temperatur pemotongan akan terus mengalami kenaikan selama masih terjadi proses pemotongan, karena masih ada perambatan temperatur dari pusat pemotongan ke sekeliling daerah pemotongan serta efek pendinginan dari temperatur ruang belum banyak mempengaruhi temperatur yang terjadi. Apabila proses pemotongan selesai serta efek pendinginan dari temperatur ruang sudah dapat menghambat atau menurunkan temperatur, maka temperatur pemotongan akan mengalami penurunan.

Dari pembahasan ini maka penelitian yang dilakukan dapat diterima, karena sudah sesuai dengan teori yang ada bahwa sudut potong utama dan pemakanan dapat mempengaruhi temperatur pemotongan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari data penelitian, analisa data, dan pembahasan yang telah dituliskan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Pada variasi sudut potong utama, semakin dinaikkan sudut potong utama pahat maka kecenderungan temperatur pemotongan akan semakin menurun. Pada variasi pemakanan, semakin dinaikkan pemakanan maka kecenderungan temperatur pemotongan akan semakin naik tiap satuan waktu. Sedangkan pada variasi sudut potong utama dan pemakanan semakin dinaikkan maka kecenderungan temperatur pemotongan akan semakin naik.

5.2 Saran

1. Penelitian ini akan lebih baik jika dilakukan pengukuran daya pemakanan sebagai pembanding antara daya yang diubah menjadi panas dengan panas yang terbentuk selama proses pemakanan berlangsung, sehingga dapat diketahui seberapa besar daya yang diperlukan, panas yang dihasilkan, panas yang terbuang, dan sebagai pembanding antara hitungan teoritis dengan aktualnya.
2. Penelitian dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan pengukuran tingkat kekasaran dari hasil proses penggurdian pada masing-masing variabel penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Childs, Thomas. Maekawa, Katsuhiro. Obikawa, Toshiyuki. Yamane, Yasuo. (2000). Metal Machining Theory and Applications. New York-Toronto.
- DeGarmo, E. Paul. Black, J Temple. Kohser, Ronald A. (1990). Materials and Processes in Manufacturing. New York.
- [Http://www.matweb.com/](http://www.matweb.com/)
- Hardjito, Agus. (2001). Teknologi Proses Permesinan. Politeknik Negeri Malang-Malang.
- Jutz, Hermann. Scharkus, Eduard. (1961). WESTERMANN TABLES for the Metal Trade. Braunschweig and Northeim.
- Kreith, Frank. Prijono, Arko. (1991). Prinsip-prinsip Perpindahan Panas. Edisi Ketiga. Jakarta : Erlangga.
- Kwon. (2000). Cutting Tool Technology. New York.
- Labfacility Ltd. (1996). Data Temperature Handbook. West Sussex-U.K.
- Met Cut Research Associates. Inc. (1980). MACHINING DATA HANDBOOK, 3rd Edition, Volume 1. Ohio.
- Min, Sangkee. (2004). Finite Element Modeling of Burr Formation in Drilling. CODEF.
- Rochim, Taufiq. (1993). Teori & Teknologi Proses Permesinan. ITB-Bandung.
- Schneider, George. Cutting Tool Applications.
- Schönherr. Fertigung, Panende. (2005). High Speed Steel Research Forum. Institut Productionstechnologie.
- Yitnosumartono, Suntoyo. (1993). Percobaan Perancangan, Analisis dan Interpretasinya. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Zhang, B. (2005). Cutting Tool Life Evaluation.

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI SUDUT POTONG UTAMA DAN
PEMAKANAN TERHADAP TEMPERATUR PEMOTONGAN
PADA PROSES PENGURDIAN BAJA**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ANANG SETIAWAN
NIM. 0410622002

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Ir. Wardi Kasim, MT
NIP. 130 531 844

Moch. Agus Choiron, ST., MT
NIP. 132 259 061

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI SUDUT POTONG UTAMA DAN
PEMAKANAN TERHADAP TEMPERATUR PEMOTONGAN
PADA PROSES PENGGURDIAN BAJA**

Disusun Oleh :

ANANG SETIAWAN

NIM. 0410622002

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 16 Mei 2007

DOSEN PENGUJI

SKRIPSI 1

SKRIPSI 2

Dr. Eng. Anindito P., ST., M. Eng

NIP. 132 206 466

Ir. Wahyono Suprpto, MT. Met

NIP. 131 574 846

Komprehensif

Ir. Djoko Sutikno, M. Eng

NIP. 131 276 249

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Ir. Bambang Indrayadi, MT

NIP. 131 653 469

RINGKASAN

ANANG SETIAWAN, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 16 Mei 2007, PENGARUH VARIASI SUDUT POTONG UTAMA DAN PEMAKANAN TERHADAP TEMPERATUR PEMOTONGAN PADA PROSES PENGURDIAN BAJA. Dosen Pembimbing : Ir. Wardi Kasim, MT, dan Moch. Agus Choiron, ST., MT.

Dalam perkembangannya ditemukan peralatan permesinan untuk teknologi pemotongan, dimana dalam hal ini memerlukan beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mendukung proses pemotongan tersebut, antara lain dibutuhkan pahat potong, metode pemotongan, dan kondisi pemotongan yang ideal. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemotongan antara lain jenis material benda kerja, jenis material pahat, kondisi pemotongan (kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan, gerak makan), cairan pendingin, jenis proses permesinan (proses bubut, frais, gurdi, dll) (Rochim, 1993 : 104).

Salah satu yang utama dari proses pemotongan logam adalah daya mekanis yang diubah menjadi panas sehingga menghasilkan temperatur pemotongan. Pada penerapan proses pemotongan logam yang banyak digunakan salah satunya adalah proses penguridian. Tujuan dari penulisan ini untuk mengetahui hubungan antara sudut potong utama dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan pada proses penguridian baja.

Metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental sejati. Pengerjaan untuk menyelesaikan masalah ini adalah analisis statistik varian dua arah. Variabel yang digunakan adalah variabel bebas (sudut potong utama, pemakanan), variabel terikat (temperatur pemotongan), variabel terkontrol (panjang pemakanan, putaran, diameter pahat, geometri pahat). Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Politeknik Negeri Malang.

Dari perhitungan statistik dan analisa dapat ditarik kesimpulan pada variasi sudut potong utama, semakin turun sudut potong utama kecenderungan temperatur pemotongannya akan semakin naik. Sedangkan pada variasi pemakanan, semakin naik pemakanan maka kecenderungan temperatur pemotongannya akan semakin naik.

Kata kunci : Proses penguridian, sudut potong utama, pemakanan, temperatur pemotongan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran **Allah SWT** yang telah memberikan Rahmad dan Hidayah-Nya yang tiada terkira. Sholawat dan Salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita nabi besar **Muhammad SAW** yang telah memberikan suri tauladan bagi umatnya. Dengan tekad serta kemauan yang keras, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“PENGARUH VARIASI SUDUT POTONG UTAMA DAN PEMAKANAN TERHADAP TEMPERATUR PEMOTONGAN PADA PROSES PENGURDIAN BAJA”**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dalam menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

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

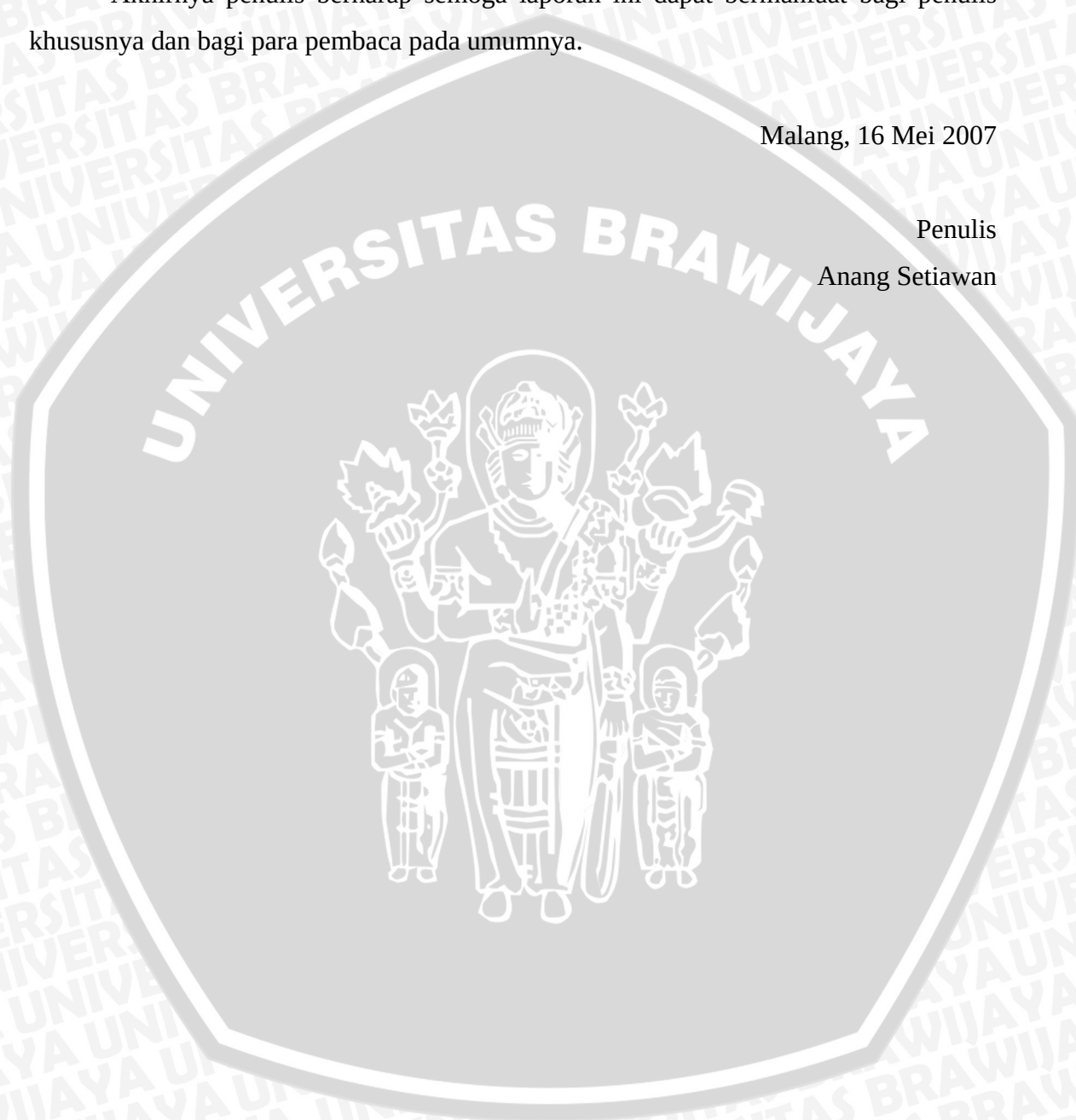
1. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah banyak berdo'a, berkorban, mendidik serta membimbing dengan penuh kasih sayang selama selama ini, serta saudara-saudaraku yang selalu memberikan dukungan.
2. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Djoko Sutikno, M. Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT selaku Ketua Kelompok Bidang Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ir. Wardi Kasim, MT selaku dosen pembimbing 1.
6. Bapak Moch. Agus Choiron, ST, MT selaku dosen pembimbing 2.
7. Bapak Masduki, IR, MM selaku dosen wali.
8. Bapak Imam Mashudi B.Eng (HONS), Bapak Ir. Agus Hardjito, Bapak Widjanarko, ST, dan Mas Rofiq selaku pihak dari Politeknik Negeri Malang yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
9. Teman-teman dan semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan walaupun telah dikerjakan dengan sebaik-baiknya. Kritik dan saran penulis terima dengan tangan terbuka demi sempurnanya skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Malang, 16 Mei 2007

Penulis
Anang Setiawan



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Proses Pemotongan Pada Mesin Gurdi	5
2.2.1 Klasifikasi Pemotongan Pada Proses Gurdi	6
2.2.2 Sistem Pemotongan Pada Proses Gurdi	6
2.3 Pahat Gurdi	7
2.3.1 Bagian Pahat Gurdi	7
2.3.2 Macam-macam Pahat Gurdi	8
2.3.3 Sudut Pahat Gurdi	9
2.4 Dasar Proses Gurdi	10
2.5 Gaya Pemotongan Pada Proses Gurdi	11
2.6 Gaya Pemotongan	13
2.7 Pembangkitan Panas Pada Proses Pemotongan	14
2.8 Temperatur Pemotongan	14
2.9 Pahat Potong	15
2.9.1 Bahan Pahat Potong	15
2.10 Hipotesis	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	18
3.2 Tempat dan Waktu Tempat Penelitian	18
3.3 Variabel Penelitian	18
3.3.1 Variabel Bebas	18
3.3.2 Variabel Terikat	18
3.3.3 Variabel Terkendali	19
3.4 Bahan dan Alat-alat Penelitian	19
3.4.1 Bahan yang Digunakan	19
3.4.2 Alat-alat Penelitian yang Digunakan	20
3.5 Prosedur Penelitian	20

3.6	Rangkaian Penelitian	21
3.7	Pemasangan <i>Thermocouple</i>	22
3.8	Rancangan Penelitian	23
3.8.1	Analisa Kecukupan Data	24
3.8.2	Analisa Statistik	26
3.8	Diagram Alir Penelitian	30

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengolahan Data	31
4.1.1	Analisa Data	31
4.1.2	Analisa Kecukupan Data	32
4.1.3	Analisa Varian	34
4.2	Temperatur Pemotongan	37
4.2.1	Pengaruh Sudut Potong Utama (θ°) dan Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Jarak Pengukuran (mm)	37
4.2.2	Pengaruh Sudut Potong Utama (θ°) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Variasi Pemakanan (mm/put)	38
4.2.3	Pengaruh Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Variasi Sudut Potong Utama (θ°)	40
4.2.4	Hubungan Sudut Potong Utama (θ°) dan Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$)	42
4.3	Pembahasan	43
4.3.1	Pengaruh Sudut Potong Utama (θ°) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Variasi Pemakanan (mm/put)	43
4.3.2	Pengaruh Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$) Pada Variasi Sudut Potong Utama (θ°)	43
4.3.3	Hubungan Sudut Potong Utama (θ°) dan Pemakanan (mm/put) Terhadap Temperatur Pemotongan ($^\circ\text{C}$)	44

BAB V PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan penelitian untuk pengaruh variasi sudut dan pemakanan terhadap temperatur pemotongan	23
Tabel 3.2 Analisa Kecukupan Data	24
Tabel 3.3 Nilai k atau Z_c	25
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Varian Dua Arah	27
Tabel 3.5 Analisa Varian Dua Arah	29
Tabel 4.1 Data temperatur pemotongan maksimum hasil pengujian pengaruh variasi sudut potong utama (θ°) dan pemakanan (mm/put)	31
Tabel 4.2 Data analisa varian dua arah	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Antara Kecepatan Pemotongan Dengan Temperatur	4
Gambar 2.2 Mesin Gurdi	5
Gambar 2.3 Sistem Pemotongan	6
Gambar 2.4 Proses Penggurdian	7
Gambar 2.5 Bagian Pahat Gurdi	8
Gambar 2.6 Macam-macam Pahat Gurdi	9
Gambar 2.7 Gaya Pemotongan Pada Proses Gurdi	12
Gambar 3.1 Bagian sudut potong utama	18
Gambar 3.2 Ukuran Bahan	19
Gambar 3.3 Rangkaian Penelitian	21
Gambar 3.4 Pemasangan <i>Thermocouple</i>	22
Gambar 3.5 Penanaman <i>Thermocouple</i>	22
Gambar 4.1 Grafik temperatur pemotongan ($^{\circ}\text{C}$) pada jarak pengukuran dengan variasi sudut potong utama (θ°) dan pemakanan (mm/putaran)	37
Gambar 4.2 Grafik pengaruh sudut potong utama (θ°) terhadap temperatur pemotongan ($^{\circ}\text{C}$) pada variasi pemakanan (mm/putaran)	39
Gambar 4.3 Grafik pengaruh pemakanan (mm/putaran) terhadap temperatur pemotongan ($^{\circ}\text{C}$) pada variasi sudut potong utama (θ°)	41
Gambar 4.4 Grafik hubungan sudut potong utama (θ°) dan pemakanan (mm/put) terhadap temperatur pemotongan ($^{\circ}\text{C}$)	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Grafik Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu.

Lampiran 2 Data.

2.1 Hasil Pengujian Temperatur Pemotongan Rata-rata Pada Bahan.

2.2 Hasil Perhitungan Temperatur Pemotongan Rata-rata Pada Bahan.

2.3 Analisa Kecukupan Data.

Lampiran 3 Alat-alat penelitian.

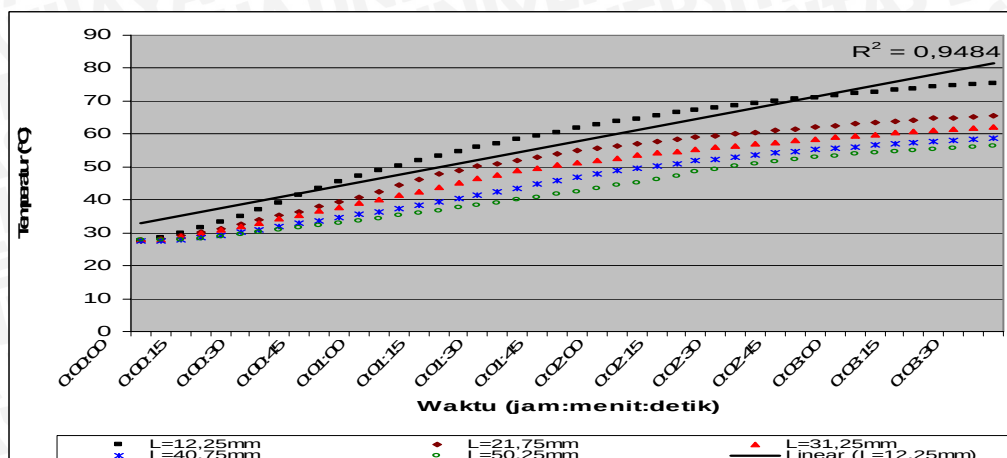
Lampiran 4 Bahan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

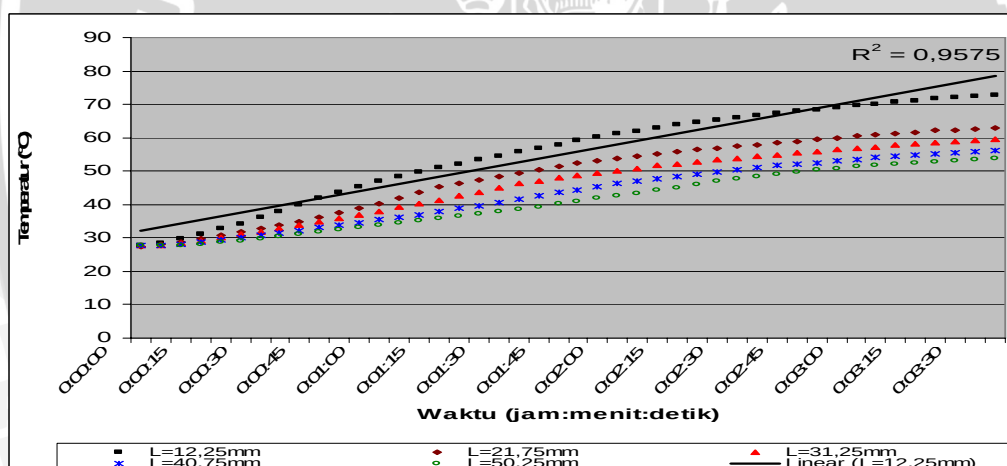


Lampiran 1. Grafik Temperatur Pemotongan

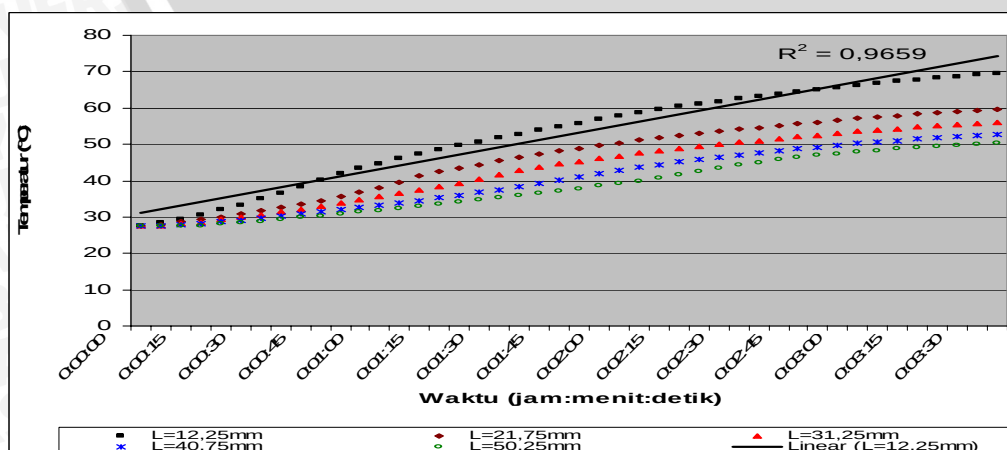
1.1 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 115^\circ$, $f = 0,02$ (mm/put)



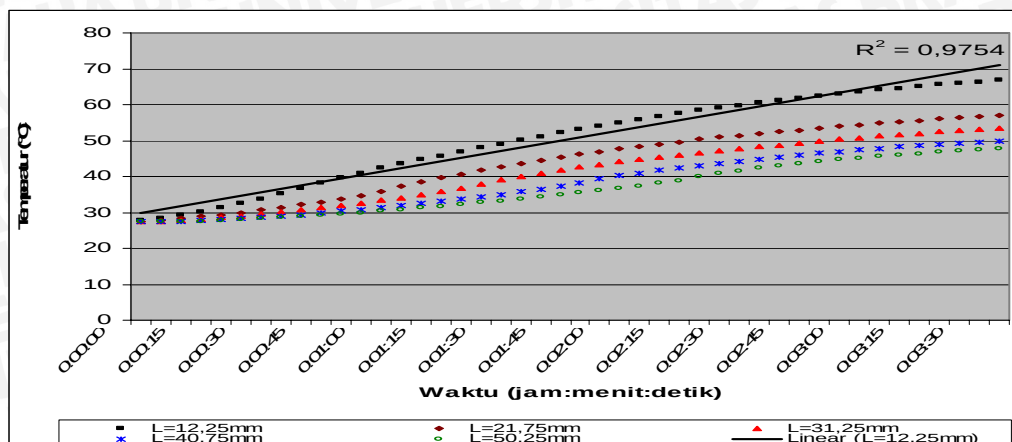
1.2 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 120^\circ$, $f = 0,02$ (mm/put)



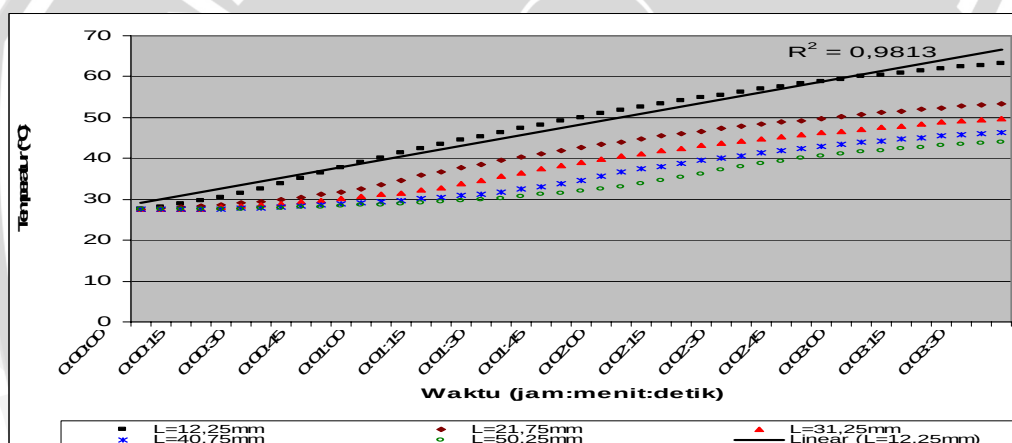
1.3 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 125^\circ$, $f = 0,02$ (mm/put)



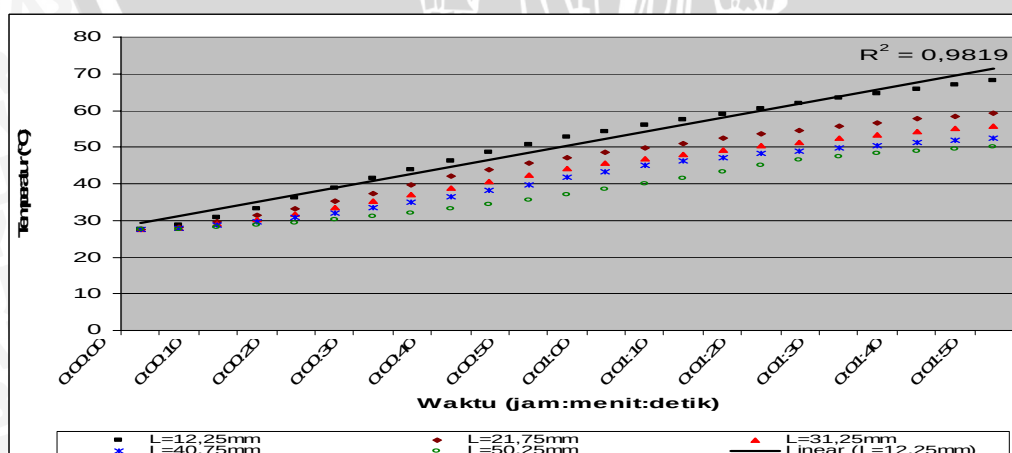
1.4 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 130^\circ$, $f = 0,02$ (mm/put)



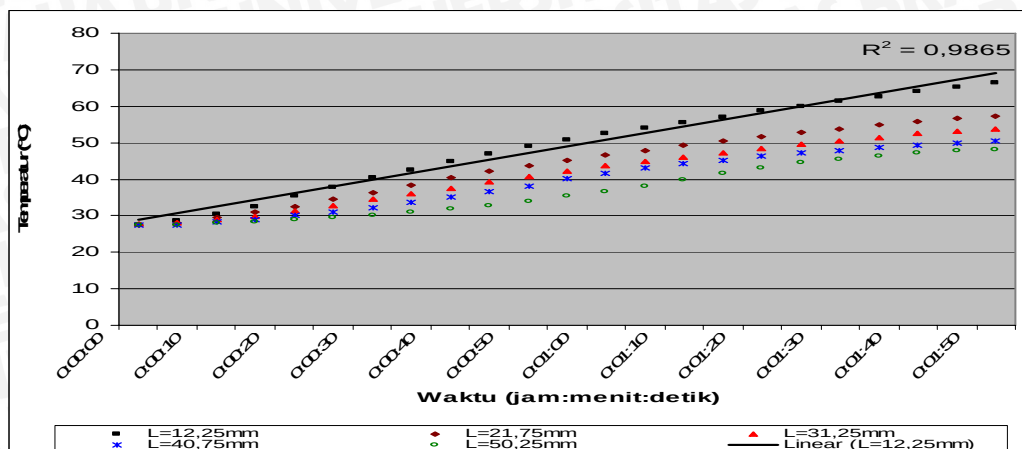
1.5 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 135^\circ$, $f = 0,02$ (mm/put)



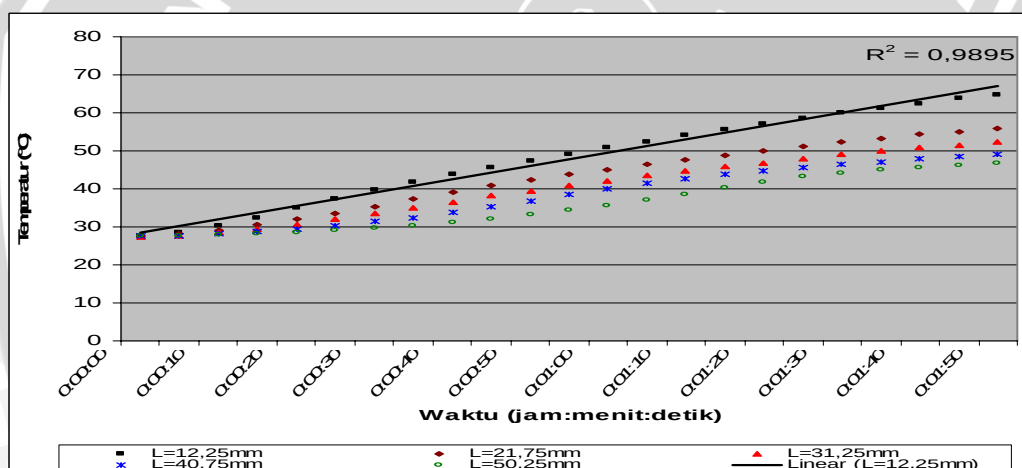
1.6 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 115^\circ$, $f = 0,04$ (mm/put)



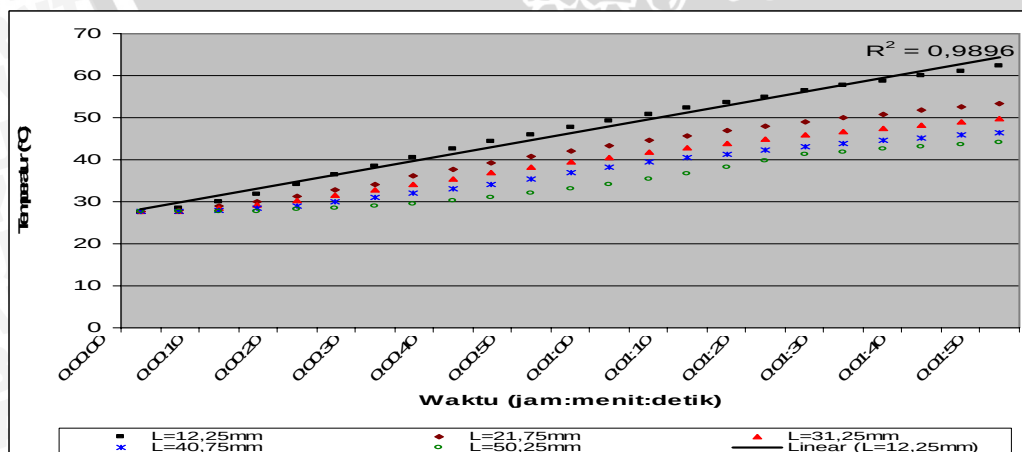
1.7 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 120^\circ$, $f = 0,04$ (mm/put)



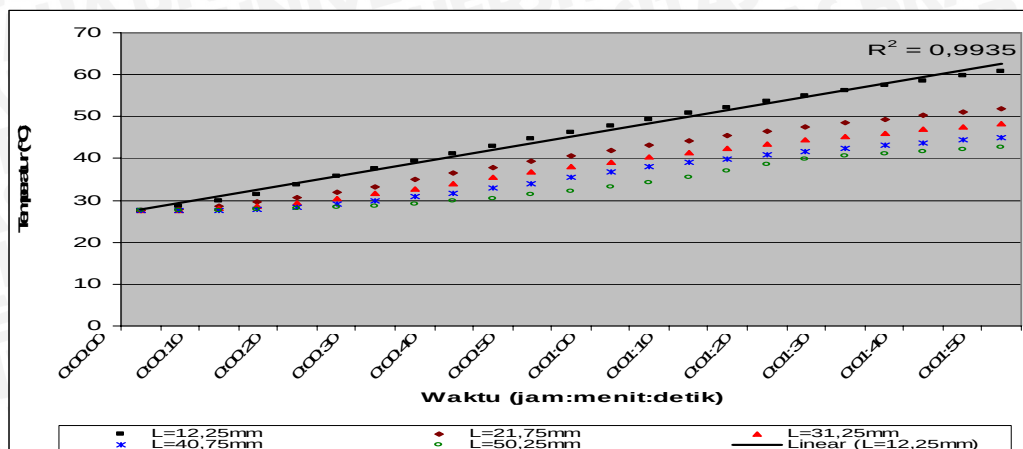
1.8 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 125^\circ$, $f = 0,04$ (mm/put)



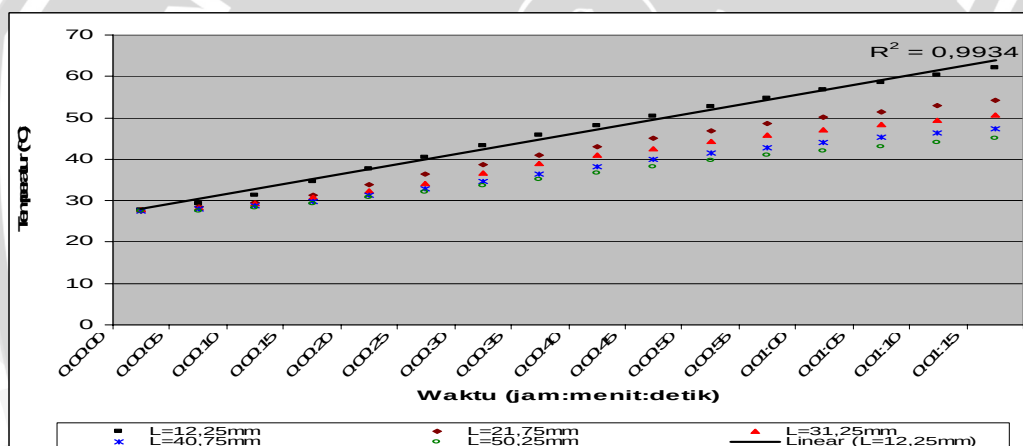
1.9 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 130^\circ$, $f = 0,04$ (mm/put)



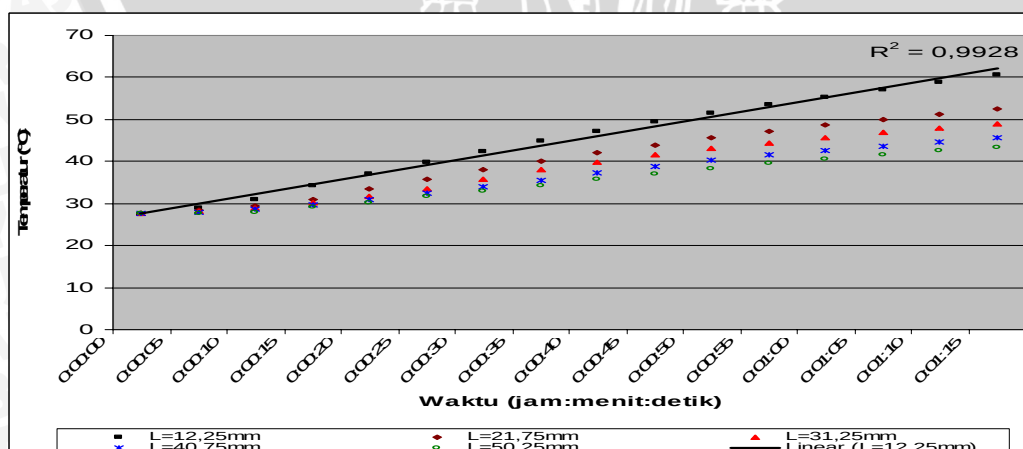
1.10 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 135^\circ$, $f = 0,04$ (mm/put)



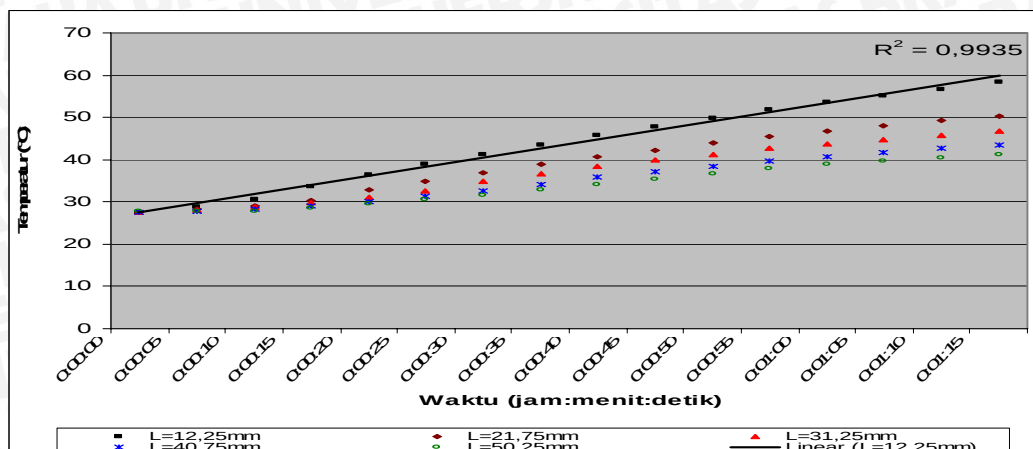
1.11 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 115^\circ$, $f = 0,06$ (mm/put)



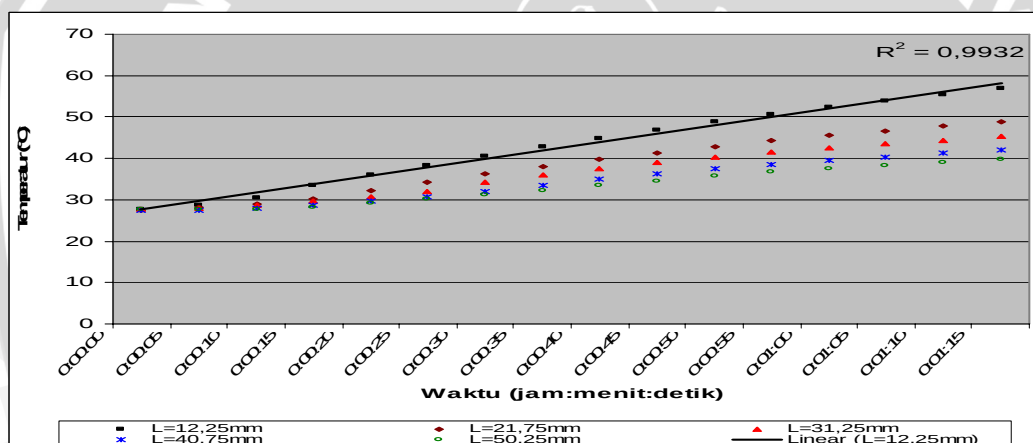
1.12 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 120^\circ$, $f = 0,06$ (mm/put)



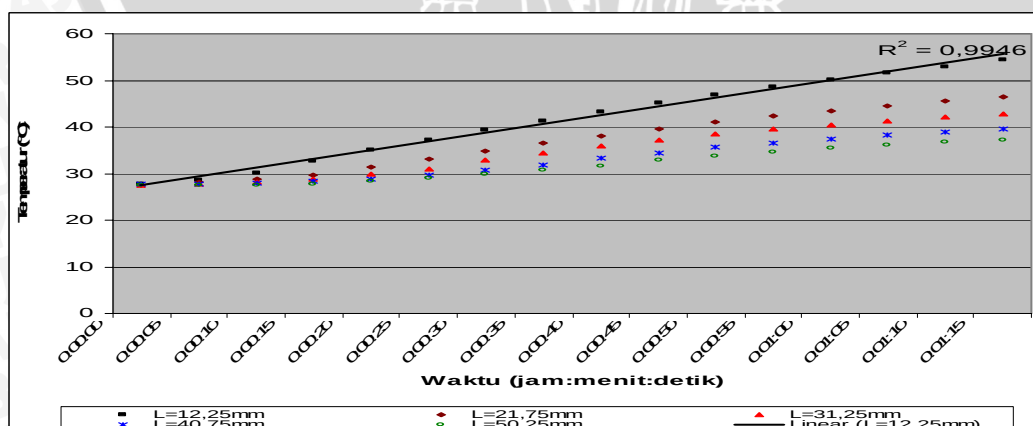
1.13 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 125^\circ$, $f = 0,06$ (mm/put)



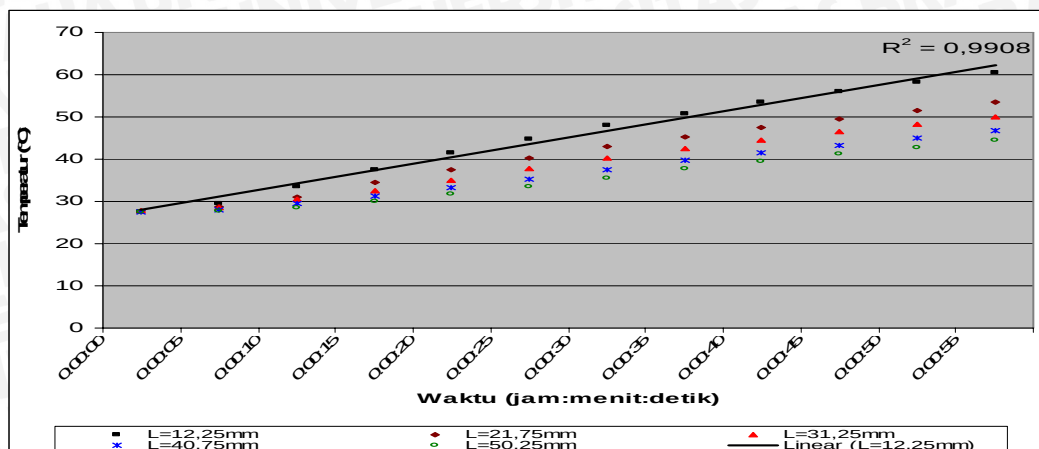
1.14 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 130^\circ$, $f = 0,06$ (mm/put)



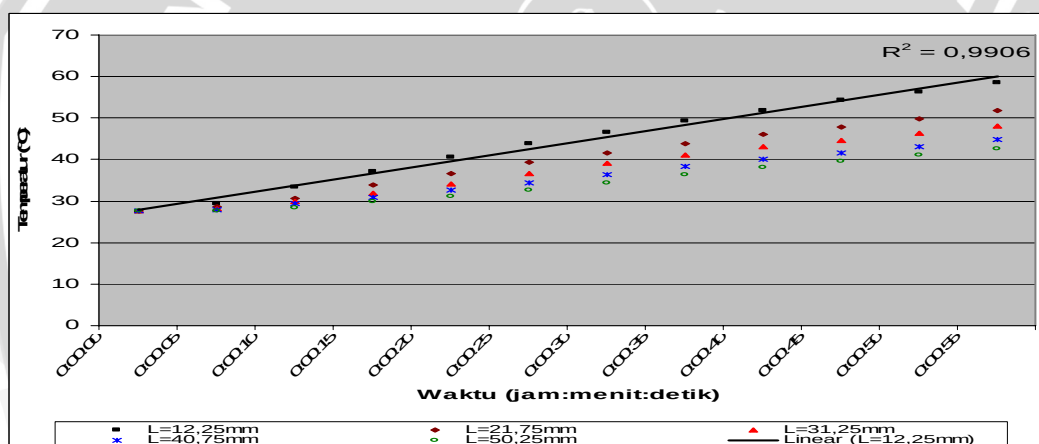
1.15 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 135^\circ$, $f = 0,06$ (mm/put)



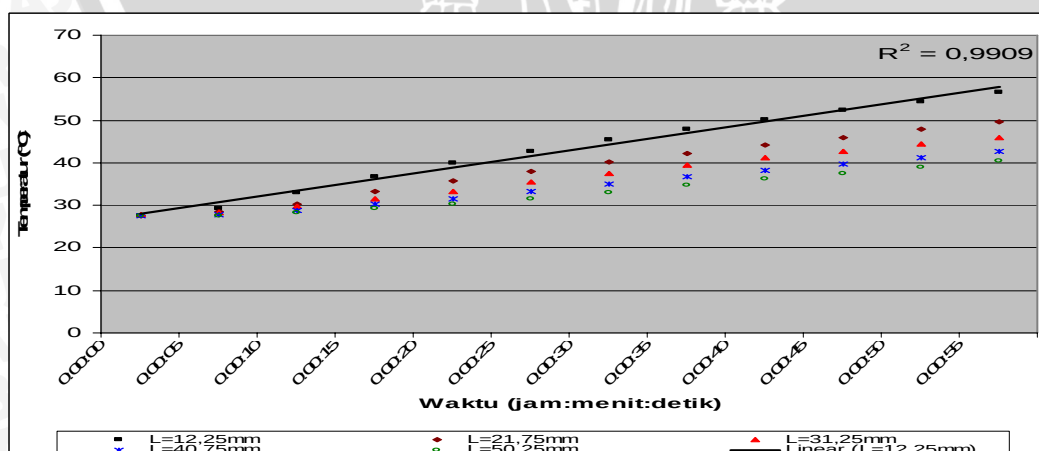
1.16 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 115^\circ$, $f = 0,08$ (mm/put)



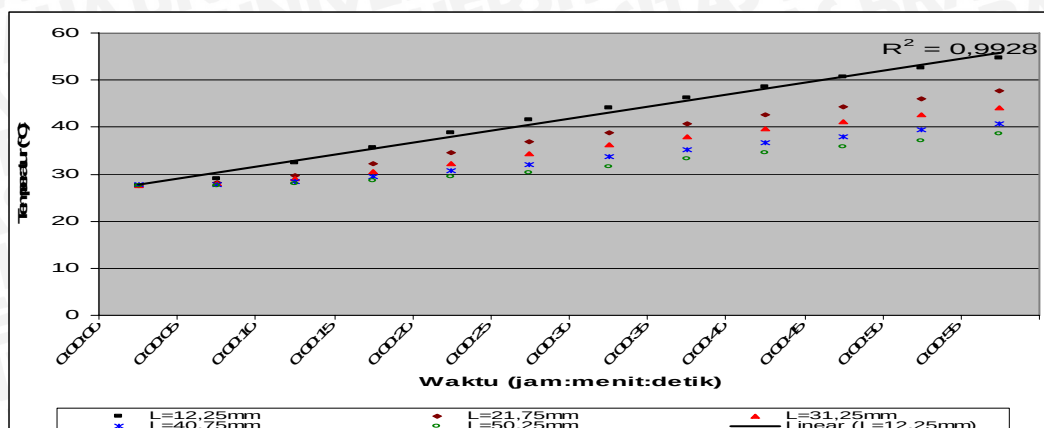
1.17 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 120^\circ$, $f = 0,08$ (mm/put)



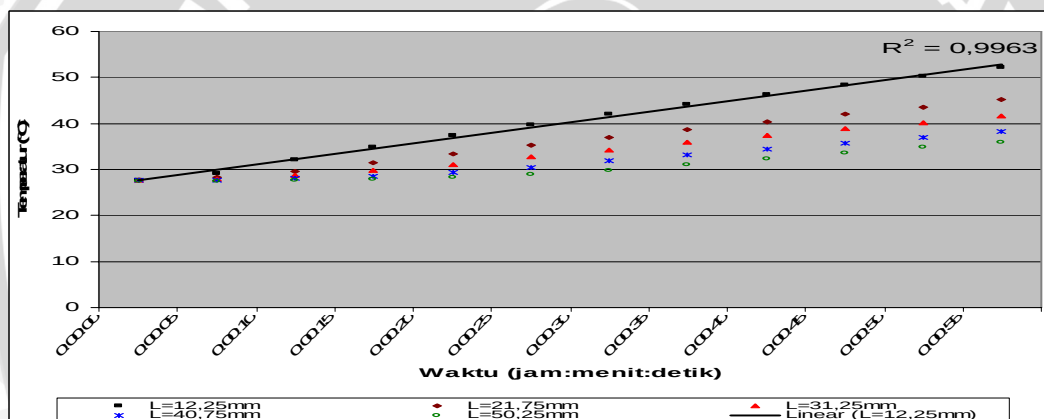
1.18 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 125^\circ$, $f = 0,08$ (mm/put)



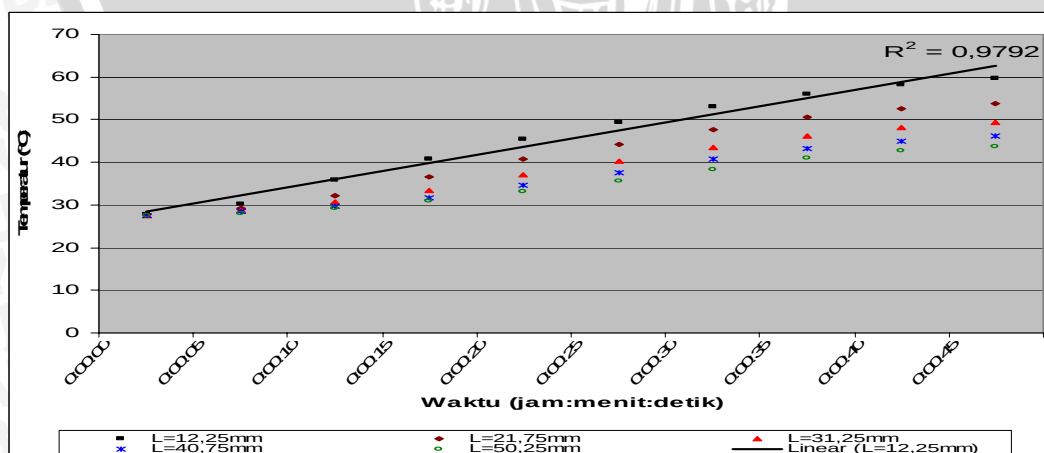
1.19 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 130^\circ$, $f = 0,08$ (mm/put)



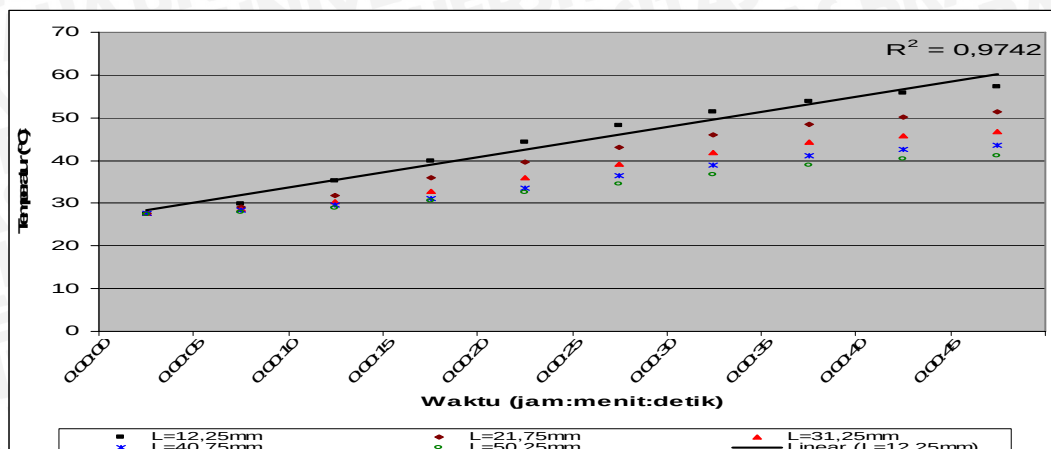
1.20 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 135^\circ$, $f = 0,08$ (mm/put)



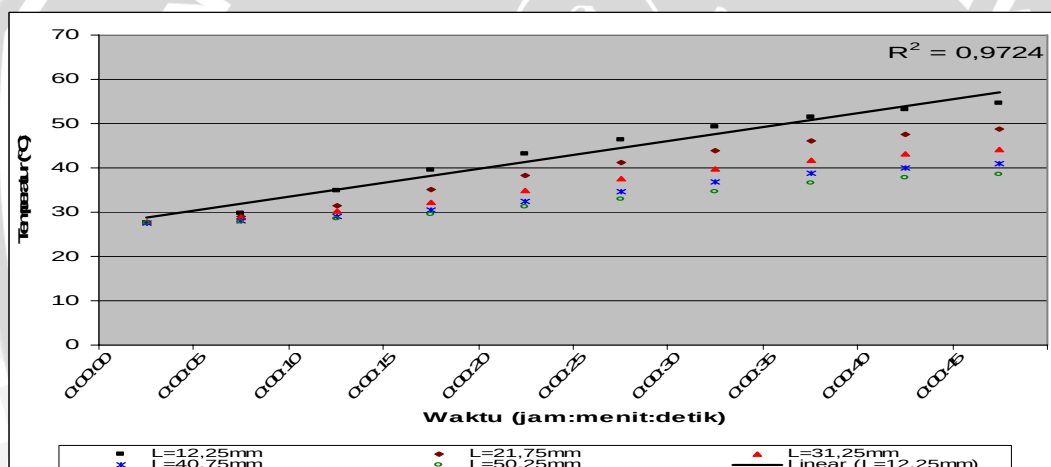
1.21 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 115^\circ$, $f = 0,1$ (mm/put)



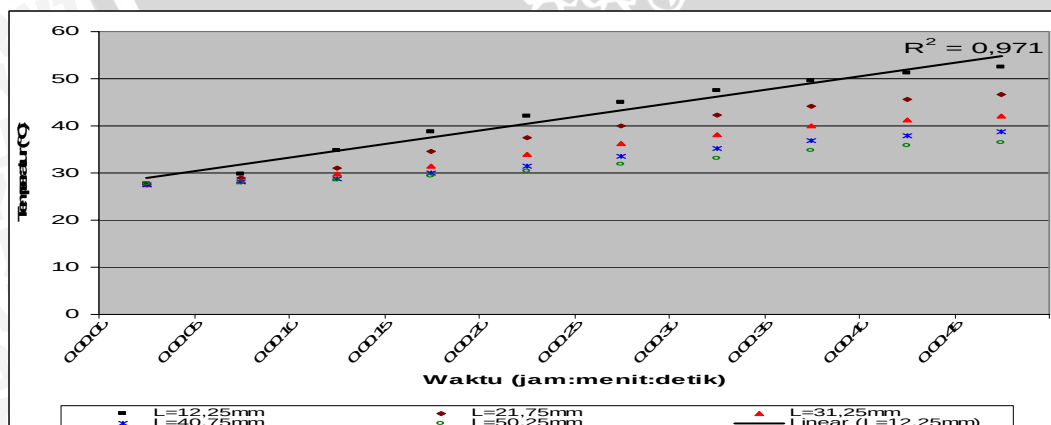
1.22 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 120^\circ$, $f = 0,1$ (mm/put)



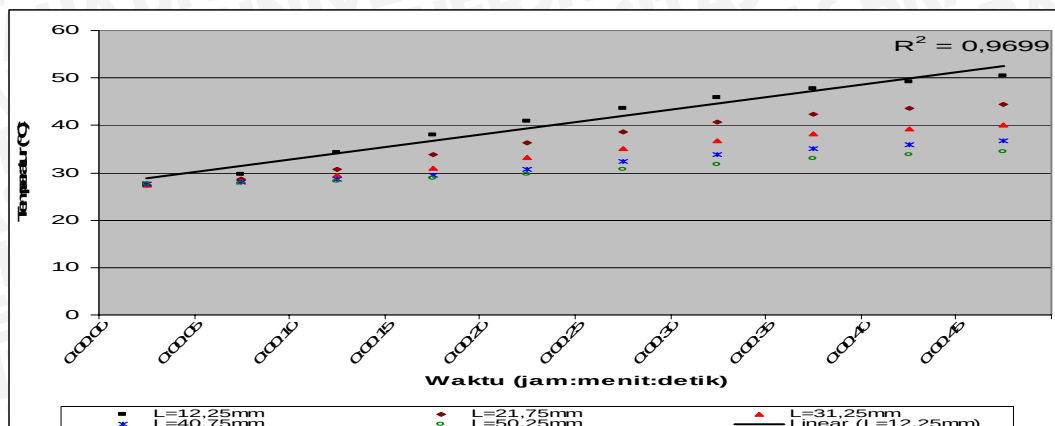
1.23 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 125^\circ$, $f = 0,1$ (mm/put)



1.24 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 130^\circ$, $f = 0,1$ (mm/put)



1.25 Temperatur Pemotongan Terhadap Waktu Pada $\theta = 135^\circ$, $f = 0,1$ (mm/put)



Lampiran 2. Data

2.1 Hasil Pengujian Temperatur Pemotongan Rata-rata Pada Bahan

Pemakanan (mm/putaran)	Thermocouple	Variasi Sudut Potong Utama (θ°)				
		115	120	125	130	135
0,02	1	75,5	72,9	69,5	66,8	63,2
	2	65,6	63	59,6	56,9	53,3
	3	62	59,4	56	53,3	49,7
	4	58,7	56,1	52,7	50	46,4
	5	56,4	53,8	50,4	47,7	44,1
0,04	1	68,2	66,3	64,8	62,2	60,8
	2	59,3	57,4	55,9	53,3	51,9
	3	55,7	53,8	52,3	49,7	48,3
	4	52,4	50,5	49	46,4	45
	5	50,1	48,2	46,7	44,1	42,7
0,06	1	62,2	60,5	58,3	56,8	54,4
	2	54,3	52,6	50,4	48,9	46,5
	3	50,7	49	46,8	45,3	42,9
	4	47,4	45,7	43,5	42	39,6
	5	45,1	43,4	41,2	39,7	37,3
0,08	1	60,5	58,6	56,5	54,6	52,1
	2	53,6	51,7	49,6	47,7	45,2
	3	50	48,1	46	44,1	41,6
	4	46,7	44,8	42,7	40,8	38,3
	5	44,4	42,5	40,4	38,5	36
0,1	1	59,8	57,2	54,6	52,5	50,4
	2	53,9	51,3	48,7	46,6	44,5
	3	49,4	46,8	44,2	42,1	40
	4	46,1	43,5	40,9	38,8	36,7
	5	43,8	41,2	38,6	36,5	34,5

2.2 Hasil Perhitungan Temperatur Pemotongan Rata-rata Pada Bahan

Pemakanan (mm/putaran)	Thermocouple	Variasi Sudut Potong Utama (θ°)				
		115	120	125	130	135
0,02	1	75,61684	73,01684	69,61684	66,91684	63,31684
	2	65,80745	63,20745	59,80745	57,10745	53,50745
	3	62,29806	59,69806	56,29806	53,59806	49,99806
	4	59,08867	56,48867	53,08867	50,38867	46,78867
	5	56,87928	54,27928	50,87928	48,17928	44,57928
0,04	1	68,66736	66,76736	65,26736	62,66736	61,26736
	2	60,1298	58,2298	56,7298	54,1298	52,7298
	3	56,89224	54,99224	53,49224	50,89224	49,49224
	4	53,95468	52,05468	50,55468	47,95468	46,55468
	5	52,01712	50,11712	48,61712	46,01712	44,61712
0,06	1	63,25156	61,55156	59,35156	57,85156	55,45156
	2	56,16705	54,46705	52,26705	50,76705	48,36705
	3	53,38254	51,68254	49,48254	47,98254	45,58254
	4	50,89804	49,19804	46,99804	45,49804	43,09804
	5	49,41353	47,71353	45,51353	44,01353	41,61353
0,08	1	62,36943	60,46943	58,36943	56,46943	53,96943
	2	56,9192	55,0192	52,9192	51,0192	48,5192
	3	54,76897	52,86897	50,76897	48,86897	46,36897
	4	52,91873	51,01873	48,91873	47,01873	44,51873
	5	52,0685	50,1685	48,0685	46,1685	43,6685
0,1	1	62,72099	60,12099	57,52099	55,42099	53,32099
	2	59,08625	56,48625	53,88625	51,78625	49,68625
	3	56,85151	54,25151	51,65151	49,55151	47,45151
	4	55,81677	53,21677	50,61677	48,51677	46,41677
	5	55,78203	53,18203	50,58203	48,48203	46,48203

2.3 Analisa Kecukupan Data

Nilai	$\Theta = 115^\circ$				
	$f=0,02\text{mm/put}$	$f=0,04\text{mm/put}$	$f=0,06\text{mm/put}$	$f=0,08\text{mm/put}$	$f=0,1\text{mm/put}$
$\bar{X}$	75,5	62,3	66,3	50,3	52,5
σ^2	1,09	1,17	1,69	0,97	1,51
σ	1,044030651	1,081665383	1,3	0,98488578	1,228820573
DA (%)	1,382822054	1,736220518	1,960784314	1,95802342	2,340610615
CL (%)	98,61717795	98,26377948	98,03921569	98,04197658	97,65938939
k	2,484294486	2,395944871	2,339803922	2,340494145	2,282314514
UCL	78,09367959	64,89161063	69,3417451	52,6051194	55,30455503
LCL	72,90632041	59,70838937	63,2582549	47,9948806	49,69544497
N'	2,919229976	2,995662103	2,83088716	2,916802884	2,901222558

Nilai	$\Theta = 120^\circ$				
	$f=0,02\text{mm/put}$	$f=0,04\text{mm/put}$	$f=0,06\text{mm/put}$	$f=0,08\text{mm/put}$	$f=0,1\text{mm/put}$
$\bar{X}$	68,9	63,5	64,8	35,6	59,8
σ^2	0,76	0,91	1,69	1,56	1,81
σ	0,871779789	0,953939201	1,3	1,2489996	1,345362405
DA (%)	1,265282712	1,502266459	2,00617284	3,508425842	2,249769908
CL (%)	98,73471729	98,49773354	97,99382716	96,49157416	97,75023009
k	2,513679322	2,454433385	2,32845679	2,118820382	2,295032213
UCL	71,09137483	65,84138022	67,82699383	38,24640581	62,88765006
LCL	66,70862517	61,15861978	61,77300617	32,95359419	56,71234994
N'	2,944329858	2,738364929	2,942215598	2,85237004	2,953808267

Nilai	$\Theta = 125^\circ$				
	$f=0,02\text{mm/put}$	$f=0,04\text{mm/put}$	$f=0,06\text{mm/put}$	$f=0,08\text{mm/put}$	$f=0,1\text{mm/put}$
$\bar{X}$	64,5	65,2	67,2	54,1	54,6
σ^2	1,48	1,27	0,79	0,49	1,12
σ	1,216552506	1,126942767	0,888819442	0,7	1,058300524
DA (%)	1,886127916	1,728439827	1,322647979	1,293900185	1,938279349
CL (%)	98,11387208	98,27156017	98,67735202	98,70609982	98,06172065
k	2,358468021	2,397890043	2,499338005	2,506524954	2,345430163
UCL	67,36920018	67,90228484	69,42146021	55,85456747	57,08216997
LCL	61,63079982	62,49771516	64,97853979	52,34543253	52,11783003
N'	2,773280756	2,958602422	2,909931349	2,845118054	2,867648909

Nilai	$\Theta = 130^\circ$				
	$f=0,02\text{mm/put}$	$f=0,04\text{mm/put}$	$f=0,06\text{mm/put}$	$f=0,08\text{mm/put}$	$f=0,1\text{mm/put}$
$\bar{X}$	59,8	61,8	52,8	62,5	50,4
σ^2	0,91	0,28	0,91	0,61	2,59
σ	0,953939201	0,529150262	0,953939201	0,781024968	1,609347694
DA (%)	1,595216056	0,856230198	1,806703033	1,249639948	3,193150186
CL (%)	98,40478394	99,1437698	98,19329697	98,75036005	96,80684981
k	2,431195986	2,743198154	2,378324242	2,517590013	2,162958974
UCL	62,11921316	63,25156402	55,06877673	64,46630066	53,88095304
LCL	57,48078684	60,34843598	50,53122327	60,53369934	46,91904696
N'	2,850399022	2,523264935	2,992321767	2,814352159	2,814911757

Nilai	$\Theta = 135^\circ$				
	$f=0,02\text{mm/put}$	$f=0,04\text{mm/put}$	$f=0,06\text{mm/put}$	$f=0,08\text{mm/put}$	$f=0,1\text{mm/put}$
$\bar{X}$	54,2	54,4	62,2	48,6	57,2
σ^2	1,96	1,09	1,09	0,93	0,76
σ	1,4	1,044030651	1,044030651	0,964365076	0,871779789
DA (%)	2,58302583	1,919173991	1,67850587	1,98429028	1,52409054
CL (%)	97,41697417	98,08082601	98,32149413	98,01570972	98,47590946
UCL	57,34772694	56,85368762	64,71650385	50,8507581	59,33496897
LCL	51,05227306	51,94631238	59,68349615	46,3492419	55,06503103
k	2,248376384	2,350206502	2,410373533	2,33392743	2,448977365
N'	2,540496997	2,917135365	2,984483671	2,942847339	2,810480532

Lampiran 3. Alat-alat Penelitian

Mesin Frais CNC EMCO TURN TU2A

Tipe : EMCO TURN 242
Tegangan : 310-400-400-400 V
Daya : 8,3-10-10-1,3 kW
Putaran : 1450-1900-2600-7000 rpm
Buatan : Austria



Mesin Gerinda CHRISTEN

Tipe : 1-32-100A
Tegangan : 380 Volt
Daya : 1.5 P.K
Putaran : 1800 rpm
Buatan : Switzerland



Mistar Sorong

Merek : Mitutoyo



Mesin Gergaji Potong Behringer

Tipe : DR80b/4-2q

Tegangan : 380 Volt

Daya : 0,65/1 kW

Putaran : 1400/2810 rpm

Arus : 1,8/2,45 Ampere

Buatan : Jerman



ADC (Analog Data Converter) 12 Channels Thermocouple Scanner

Tipe : 92000-05

Serial Number : 189826

Tegangan : 10-28 VDC

: 7-20 VAC

Arus : 500 MA

Buatan : Singapura



Depan



Belakang

Thermocouple

Tipe : Drad RRT K1.8
 Konduktor : Nikel-Aluminium
 Range Suhu : -150 s/d 800 °C

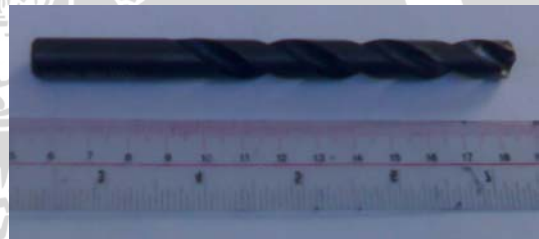


Pahat Gurdi

Variasi Sudut Potong Utama
 Tipe : HSC (NACHI)



115°



120°



125°

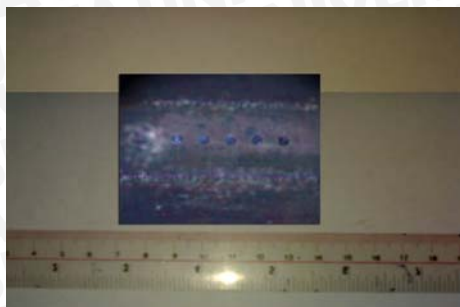


130°

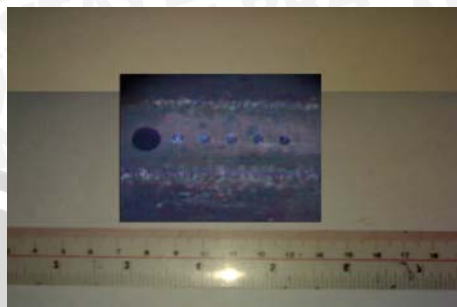


135°

Lampiran 4. Bahan



Sebelum Proses Penggurdian



Sesudah Proses Penggurdian

Bahan ST-37 setara AISI 1015



Nama : Anang Setiawan
NIM : 0410622002
Pembimbing II : Moch. Agus Choiron, ST., MT
Judul Skripsi : PENGARUH VARIASI SUDUT POTONG UTAMA DAN PEMAKANAN TERHADAP TEMPERATUR PEMOTONGAN PADA PROSES PENGURDIAAN BAJA