

**PENGARUH SUDUT POTONG MAYOR PAHAT DAN
KEDALAMAN PEMOTONGAN TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN BENDA KERJA PADA PROSES BUBUT**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ARKI SURYA PRINGGA
NIM. 0910620038-62

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH SUDUT POTONG MAYOR PAHAT DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA PROSES BUBUT

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ARKI SURYA PRINGGA
NIM. 0910620038-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Endi Sutikno, MT.
NIP. 19590411 198710 1 001

Ir. Erwin Sulisty, MT.
NIP. 19661213 199802 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH SUDUT POTONG MAYOR PAHAT DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA PROSES BUBUT

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

ARKI SURYA PRINGGA
NIM. 0910620038-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 24 Juli 2013

Majelis Penguji

Skripsi I

Skripsi II

Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.
NIP. 19551117 198601 1 001

Agung Sugeng Widodo, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19710321 199802 1 001

Skripsi III

Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng.
NIP. 19750710 199903 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. yang telah senantiasa melimpahkan rahmat, berkah dan karunia -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **"Pengaruh Sudut Potong Pahat dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses Bubut"** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Dr.Eng Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. Selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi Jurusan Mesin Fakultas teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, dan masukan yang telah diberikan.
5. Bapak Ir. Erwin Sulistyo, MT. selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang bersedia berbagi ilmunya. Khususnya Laboratorium Metrologi Industri Universitas Brawijaya Malang, Femiana Gapsari M. F., ST., MT. selaku Kepala Laboratorium yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian, Viki, Tasya, Priyo, Prabu yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
7. Bapak Maeran, Ibu Insriati, saudara kembarku Alvi gendut dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan banyak dukungan material maupun non-material hingga terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
8. Elsa Puspita atas dukungan moril, motivasi, doa dan semua hal berharga sampai saat ini.

9. Keluarga besar Laboratorium Studio Gambar, Bapak Purnami, Wildan, Husni, Sumawan, Alfian, Andita, Joseph, Hammam, Yogi dan teman-teman asisten lainnya atas bantuan, dukungan, motivasi dan semua kebersamaan selama ini.
10. Teman-teman Jurusan Mesin angkatan 2009 terutama Bagus Tri Soebangga, Zedy, Bhirangga, Marvino, Andri, Wahyu, Rijem, Ogem dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, Juli 2013

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Pemotongan Logam	4
2.3 Proses Bubut (<i>Turning Process</i>)	5
2.3.1 Parameter Pemotongan	8
2.3.2 Sistem pemotongan pada proses bubut	9
2.3.3 Daya Pemotongan	10
2.4 Mekanisme Pembentukan geram	11
2.5 Geometri Pahat	15
2.6 Kekasaran Permukaan	17
2.6.1 Profil Permukaan	19
2.6.2 Parameter Permukaan	20
2.6.3 Kriteria Evaluasi Permukaan Akhir	21
2.7 Aluminium	22
2.7.1 Klasifikasi paduan aluminium	22
2.7.2 Unsur-unsur paduan aluminium	24
2.8 Anova Dua Jalur (<i>two ways – Anova</i>)	26
2.9 Hipotesa	28

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian yang digunakan 29

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 29

3.3 Variabel Penelitian 29

3.4 Spesifikasi Alat dan Bahan 30

 3.4.1 Alat Penelitian 30

 3.4.2 Bahan Penelitian 31

3.5 Dimensi Benda Kerja 34

3.6 Instalasi Penelitian 35

3.7 Prosedur Penelitian 36

3.8 Pengukuran Kekasaran Permukaan 36

3.9 Rancangan Penelitian 37

3.10 Diagram Alir Penelitian 39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan 41

4.2 Interval Penduga 43

4.3 Pengolahan Data Hasil Penelitian 44

 4.3.2 Menentukan gaya potong teoritis 45

 4.3.3 Menentukan Kekasaran permukaan maksimal teoritis 46

 4.3.4 Anova 48

4.4 Pembahasan 48

 4.4.1 Grafik interaksi sudut potong mayor pahat dan *Depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata 48

 4.4.2 Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *Depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata di setiap titik 50

 4.4.3 Grafik Hubungan Antara Sudut Potong Mayor Terhadap Kekasaran Permukaan Rata-Rata 53

 4.4.4 Grafik Hubungan Antara *Depth of cut* Terhadap Kekasaran Permukaan Rata-Rata 55

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 57

5.2 Saran 57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Ketidakteraturan suatu profil	18
Tabel 2.2	Angka kekasaran (<i>ISO roughness number</i>) dan panjang sampel standart ...	21
Tabel 2.3	Sifat-sifat fisik aluminium	22
Tabel 2.4	Sifat-sifat mekanik aluminium	22
Tabel 2.5	Daftar statistika induk	26
Tabel 3.1	Rancangan penelitian tabel hasil uji kekasaran permukaan	38
Tabel 4.1	Data nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (μm)	41
Tabel 4.2	Nilai rata-rata kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (μm)	43
Tabel 4.3	Interval Penduga Kekasaran Permukaan Benda Kerja (μm)	43
Tabel 4.4	Gaya potong teoritis	44
Tabel 4.4	Kekasaran Permukaan rata-rata teoritis	45
Tabel 4.5	Luasan pahat yang mengalami kontak dengan benda kerja	45
Tabel 4.6	Data statistika induk perhitungan Anova	46
Tabel 4.7	Analisa Varian Dua Arah Kekasaran Permukaan Rata-rata	48



DAFTAR GAMBAR

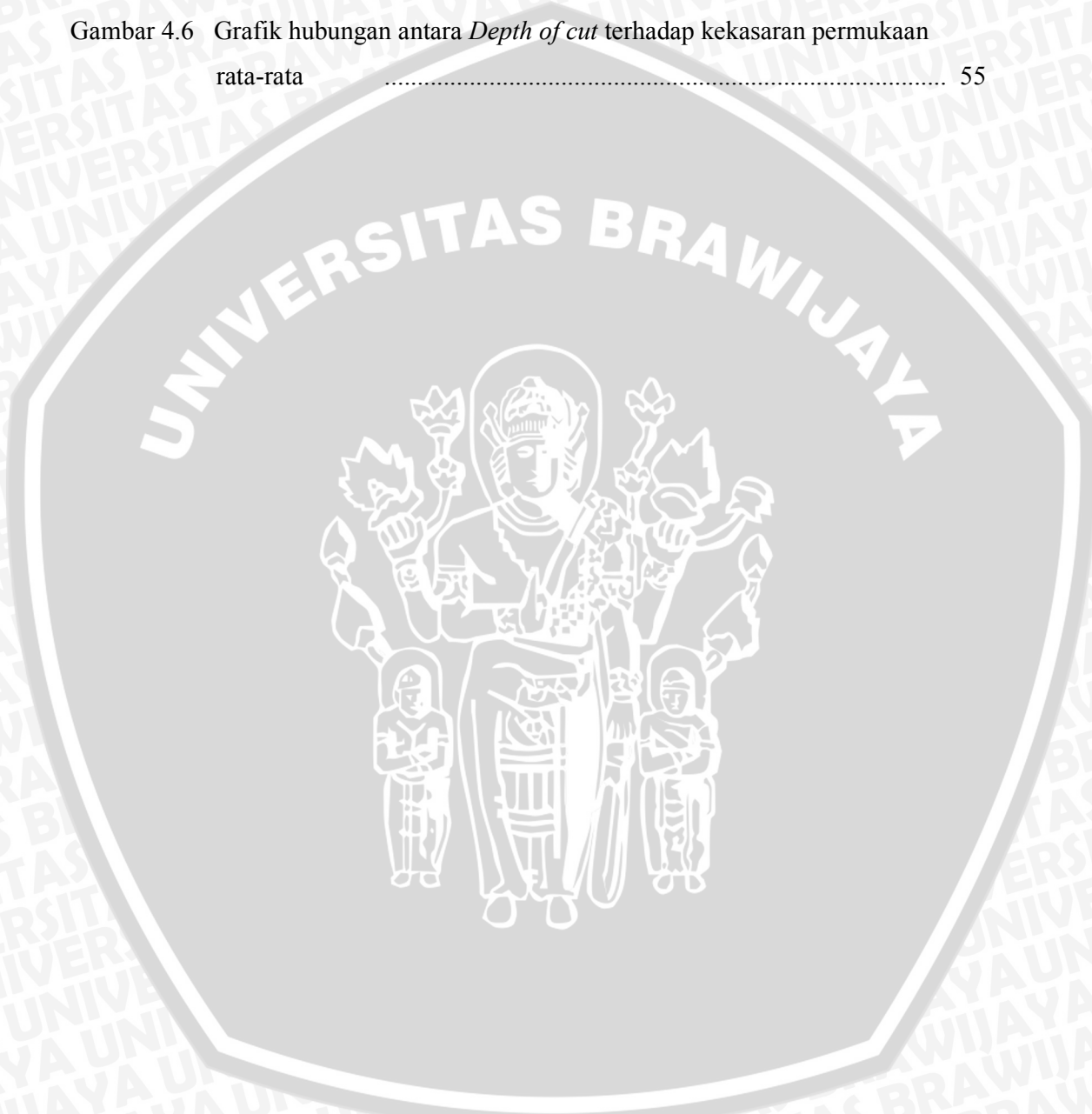
No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi proses permesinan menurut jenis gerakan pahat	5
Gambar 2.2	Mesin Bubut (<i>Lathe Machine</i>)	6
Gambar 2.3	Proses Bubut	7
Gambar 2.4.	Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a)	9
Gambar 2.5	Pemotongan orthogonal dan miring	10
Gambar 2.6	Teori yang menerangkan terjadinya geram	11
Gambar 2.7	Proses terbentuknya geram	12
Gambar 2.8	Lingkaran gaya pemotongan (Lingkaran Merchant)	13
Gambar 2.9	Model ideal dari kekasaran permukaan untuk alat pemotong dengan sudut tajam	16
Gambar 2.10	Model ideal dari kekasaran permukaan untuk pahat dengan radius Pojok	17
Gambar 2.11	Permukaan yang kasar	17
Gambar 2.12	Permukaan yang bergelombang	18
Gambar 2.13	Posisi profil referensi, profil tengah dan profil dasar terhadap profil terukur untuk satu panjang sampel	19
Gambar 2.14	Lebar gelombang dan lebar kekasaran	20
Gambar 2.15	Menentukan Rz dan Ra dari penyimpangan permukaan	21
Gambar 2.16	Diagram Fasa Paduan Al-Mg ₂ Si	24
Gambar 3.1	EMCO Turn 242	30
Gambar 3.2	<i>Surface Roughness</i> SJ 301	31
Gambar 3.3	<i>Vernier Caliper</i>	31
Gambar 3.4	Pandangan atas dimensi pahat	33
Gambar 3.5	Pandangan depan dan samping kanan dimensi pahat	33
Gambar 3.6	Dimensi benda kerja	34
Gambar 3.7	Instalasi penelitian	35
Gambar 3.8	Posisi pengujian	37
Gambar 4.1	Grafik interaksi sudut mayor dan <i>Depth of cut</i> terhadap kekasaran permukaan	49
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan <i>Depth of cut</i> terhadap kekasaran permukaan rata-rata di ujung	50

Gambar 4.3 Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *Depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata di tengah 51

Gambar 4.4 Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *Depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata di pangkal 52

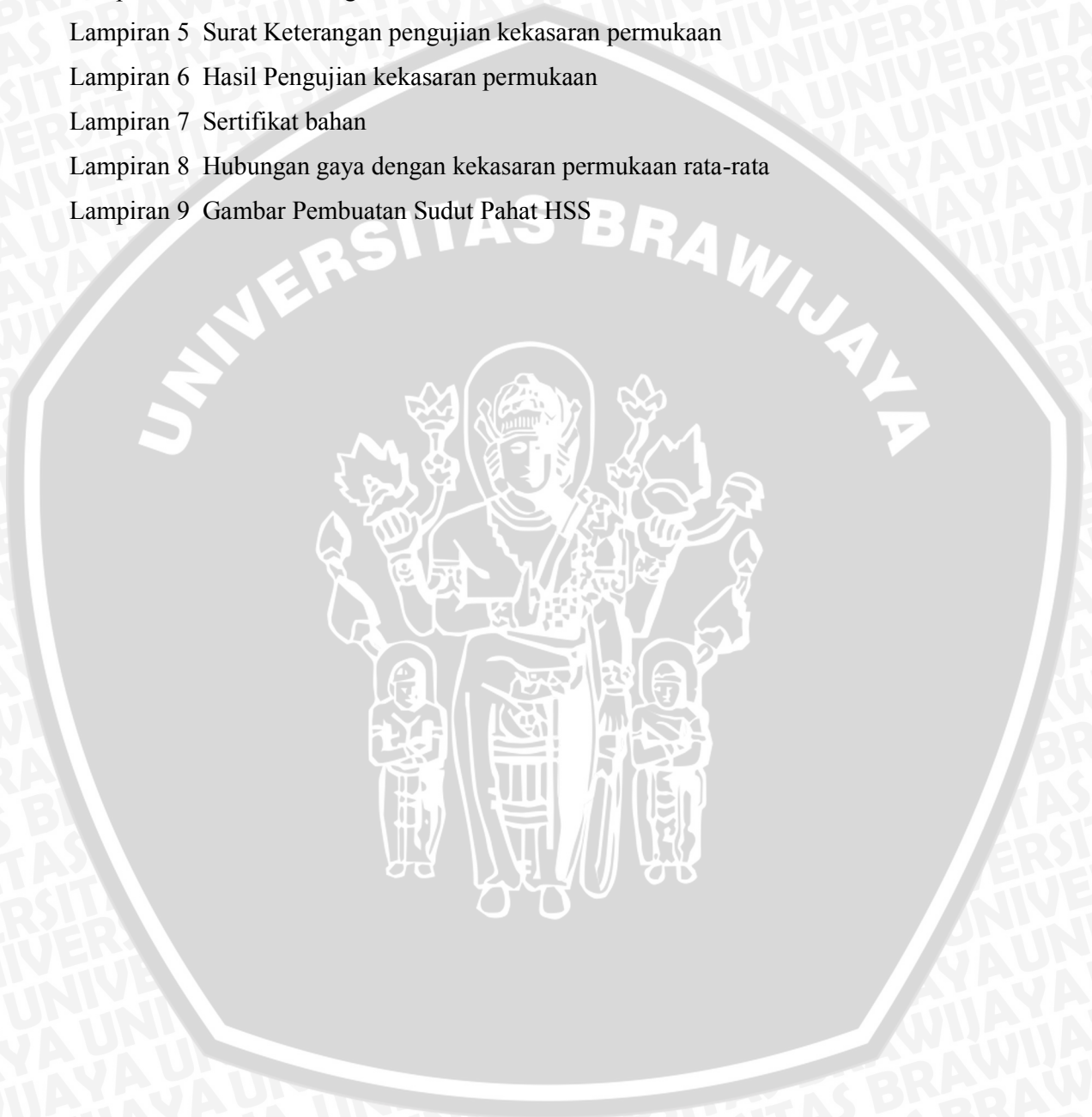
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara sudut potong mayor pahat terhadap kekasaran permukaan rata-rata 53

Gambar 4.6 Grafik hubungan antara *Depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata 55



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel uji T
- Lampiran 2 Tabel uji F
- Lampiran 3 Perhitungan gaya pemotongan
- Lampiran 4 Surat Keterangan Pembubutan
- Lampiran 5 Surat Keterangan pengujian kekasaran permukaan
- Lampiran 6 Hasil Pengujian kekasaran permukaan
- Lampiran 7 Sertifikat bahan
- Lampiran 8 Hubungan gaya dengan kekasaran permukaan rata-rata
- Lampiran 9 Gambar Pembuatan Sudut Pahat HSS



RINGKASAN

Arki Surya, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, *Pengaruh Sudut Potong Mayor Pahat dan Kedalaman Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses Bubut*, Dosen Pembimbing : Endi Sutikno dan Erwin Sulistyo.

Proses bubut (*turning*), yaitu proses pembentukan logam dengan cara mengurangi dimensi benda kerja yang berputar. Pada proses bubut ada beberapa parameter yang harus diperhatikan seperti kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan dan juga geometri pahat. Semua parameter tersebut sangat berpengaruh pada hasil akhir produk seperti kekasaran permukaan maupun geometri dari suatu produk. Kekasaran permukaan merupakan faktor utama untuk evaluasi produk dapat diterima atau tidak. Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Dan proses permesinan ini akan menentukan kekasaran permukaan pada level tertentu. Jika kekasaran permukaan yang tinggi akan mengakibatkan kinerja komponen pasangan produk yang dihasilkan akan terganggu. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sudut potong utama pahat dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*) terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut.

Dalam penelitian ini dilakukan proses pembubutan menggunakan mesin CNC EMCO Turn 242 dengan menggunakan aluminium 6061 sebagai materialnya. Sudut potong mayor pahat yang digunakan adalah $30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}, 75^{\circ}, 90^{\circ}$ dan kedalaman pemotongan 0,5mm, 1mm dan 1,5 mm. Untuk pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan *surface roughness* SJ 301. Pengambilan data kekasaran permukaan dilakukan pada bagian ujung, tengah dan pangkal dari spesimen dengan mengambil kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra).

Dari hasil penelitian ini diperoleh kekasaran permukaan paling rendah adalah pada sudut potong mayor 30° dan *depth of cut* 0,5 mm sebesar $1,67 \mu\text{m}$. Sedangkan kekasaran permukaan paling tinggi adalah pada sudut potong mayor 90° dan *depth of cut* 1,5 mm sebesar $3,9 \mu\text{m}$. Sehingga semakin besar sudut potong mayor pahat dengan *depth of cut* yang konstan maka kekasaran permukaan semakin meningkat dan semakin besar *depth of cut* dengan sudut potong mayor pahat konstan maka kekasaran permukaan semakin besar pula.

Kata Kunci: sudut mayor, *depth of cut*, gaya potong, kekasaran permukaan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pemotongan logam adalah suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Adapun macam proses pemotongan logam adalah proses pemotongan dengan mesin las, proses pemotongan dengan mesin press, proses pemotongan dengan mesin perkakas dan proses pemotongan non konvensional. Proses pemesinan dengan mesin perkakas adalah proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Dalam istilah teknik proses ini sering disebut proses pemesinan (*machining processes*).

Proses pemesinan merupakan bagian yang sangat penting dalam industri manufaktur untuk memperoleh suatu bentuk yang sesuai dengan kebutuhan. Macam-macam proses pemesinan antara lain. Proses bubut (*turning*), proses pembuatan lubang (*drilling*), proses mengefreis (*milling*), proses menggerinda (*grinding*), proses menyekrap (*shaping* dan *planing*), proses menggergaji (*sawing*), dan proses memperbesar lubang (*boring*). Proses bubut (*turning*) adalah proses pembentukan logam dengan cara mengurangi dimensi benda kerja yang berputar. Pada proses ini dapat digunakan untuk menghasilkan poros, ulir, membuat lubang dan juga bisa untuk meratakan permukaan.

Pada proses bubut ada beberapa parameter seperti kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan dan juga pahat. Semua parameter tersebut berpengaruh pada hasil akhir produk seperti kekasaran permukaan dan juga kebulatan pada suatu poros. Kualitas hasil pembubutan dihasilkan dengan mengatur kombinasi *setting* parameter di atas. Semakin besar sudut potong mayor pahat maka geram yang terbentuk akan semakin tebal sehingga gaya potong akan meningkat. Dan jika kedalaman pemakanan semakin kecil, maka gaya potong akan semakin menurun pula. Gaya potong pun mempengaruhi kekasaran benda kerja. Sehingga pada *setting* sudut pahat kecil dan kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan rendah akan diperoleh permukaan yang halus.

Kekasaran permukaan merupakan faktor utama untuk evaluasi produk dapat diterima atau tidak. Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Setiap permukaan yang telah mengalami proses permesinan akan mengalami kekasaran permukaan tertentu, misalnya mengkilat, halus maupun kasar. Dan proses permesinan ini akan menentukan kekasaran permukaan

pada level tertentu. Jika kekasaran permukaan yang tinggi akan mengakibatkan kinerja komponen pasangan produk yang dihasilkan akan terganggu.

Berdasarkan latar belakang diatas maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah “Bagaimana pengaruh sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut?”

1.3 Batasan Masalah

Agar menjadikan penelitian ini lebih terarah maka diperlukan batasan-batasan masalah yang meliputi hal-hal di bawah ini:

1. Spesimen uji yang digunakan dalam penelitian adalah aluminium 6061
2. Pemotongan yang diteliti adalah proses *surface finish* dengan pembubutan lurus (*longitudinal*).
3. Kondisi pahat dianggap baik pada semua proses pembubutan.
4. Perpindahan panas di abaikan.
5. Koefisien gesek antara aluminium dengan *mild steel* sebesar 0,47 sehingga sudut geseknya 25° (http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Tribology/co_of_frict.htm).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, mengetahui pengaruh dari sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut.
2. Bagi umum, sebagai referensi tambahan khususnya mahasiswa teknik mesin dalam penelitian-penelitian yang berhubungan dengan pemotongan.

3. Bagi industri pemesinan untuk meningkatkan produktifitas dan kualitas produk yang dihasilkan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Suhardjono (2005) dari penelitiannya tentang *The effect of lead angle on vibration and on surface roughness of turning process clamped by chuck without tailstock support*. Penelitian tersebut menggunakan variasi sudut pahat 30°, 45°, 60°, 75° dan 90° sehingga didapatkan kesimpulan bahwa semakin kecil sudut potong utama semakin besar amplitudo getaran yang timbul saat terjadi *chatter*, sehingga kekasaran permukaan semakin besar.

Thien Nga Ting (2009) dari penelitiannya tentang pengaruh *cutting speed* dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan baja lunak pada proses *turning*. Penelitian tersebut menggunakan variasi putaran 490 rpm, 810 rpm dan 1400 rpm sedangkan *depth of cut* yang dipakai adalah 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm dan 0.5 mm. Sehingga didapat kesimpulan bahwa semakin tinggi *cutting speed* dengan *depth of cut* yang kecil akan menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih baik.

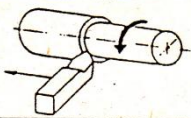
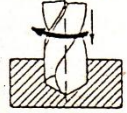
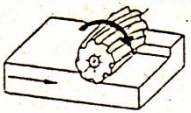
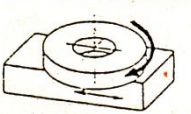
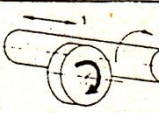
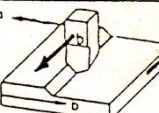
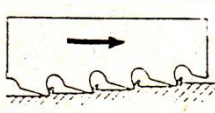
Sita Rama Raju K (2012) dari penelitiannya tentang *Prediction of surface roughness in turning process using soft computing techniques*. Penelitian tersebut menggunakan variasi putaran 88 rpm, 150 rpm dan 200 rpm. *Feed* yang dipakai 0.05mm/rev, 0.07mm/rev dan 0.1 mm/rev. Sedangkan *depth of cut* yang dipakai adalah 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm. Sehingga didapat kesimpulan bahwa kekasaran permukaan meningkat akibat *feed* dan *depth of cut* meningkat. Dan jika kecepatan spindle meningkat maka kekasaran permukaan menurun.

2.2 Pemotongan Logam

Menurut Taufik Rochim (1985:1) proses pemotongan logam adalah suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Tergantung dari cara pemotongannya, maka pemotongan logam dapat dikelompokkan menjadi 4, yaitu:

1. Proses pemotongan dengan mesin las
2. Proses pemotongan dengan mesin press
3. Proses pemotongan dengan mesin perkakas
4. Proses pemotongan non konvensional (*Electric Discharge Machining* dan sebagainya).

Proses permesinan merupakan proses pembentukan suatu produk dengan pemotongan dan menggunakan mesin perkakas. Gerak relatif dari pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu gerak potong (*cutting movement*) dan gerak makan (*feeding movement*). Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses berlainan sesuai dengan gambar 2.1

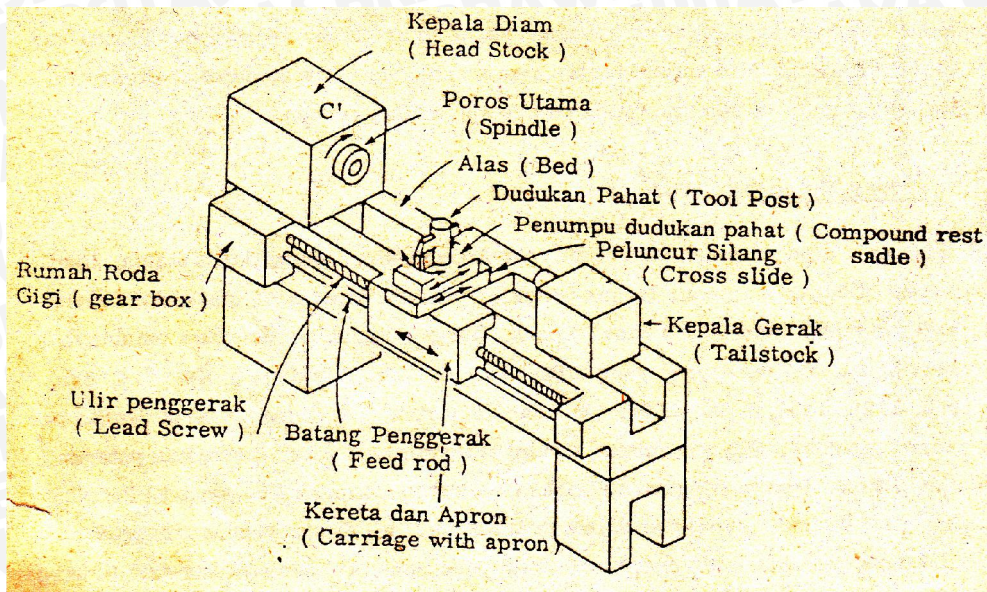
jenis proses		gerak potong	gerak makan
membubut		benda kerja m/min	pahat mm/min
menggurdi		pahat m/min	pahat mm/min
mengefreis		pahat m/min	benda kerja mm/min
menggerinda rata		pahat m/s	benda kerja
menggerinda silindris		pahat m/s	benda kerja 1 & 2
sekrap meja (a) sekrap (b)		a benda kerja b pahat m/min	a pahat b benda kerja
memarut dan menggergaji		pahat m/min	

Gambar 2.1 Klasifikasi proses permesinan menurut jenis gerakan pahat terhadap benda kerja.

Sumber : Rochim (1985: 6)

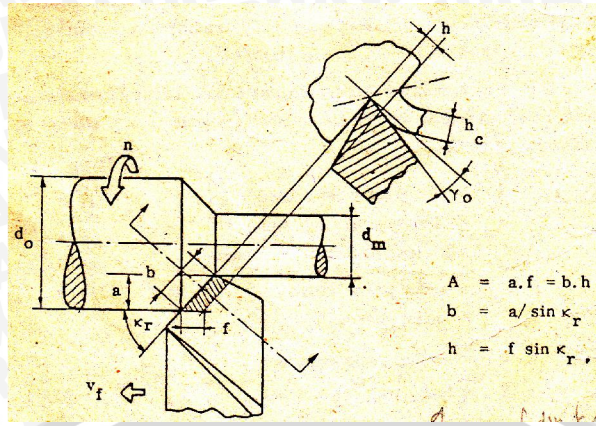
2.3 Proses Bubut (*Turning Process*)

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut (Widarto,2008:152). Prinsip dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris dengan benda kerja yang berputar.



Gambar 2.2 Mesin Bubut (*Lathe Machine*).
Sumber : Rochim (1985: 10).

Pada gambar 2.2, proses bubut benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang pada ujung poros utama (*spindle*). Dengan mengatur lengan pengatur, yang terdapat pada kepala diam (*head stock*), putaran poros utama (n) dapat ditentukan. Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan, misalnya 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, dan 2000 rpm. Untuk mesin bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (*continue*). Insert dipasang pada dudukan Insert dan kedalaman potong (a) diatur dengan menggeserkan peluncur silang (*cross slide*) melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter, dengan demikian dalam pemotongan adalah setengah harga tersebut). Pahat bergerak translasi bersama-sama dengan kereta (*carriage*) dan gerak makanya diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi (*gear box*), gerak makan (f) yang tersedia pada mesin bubut bermacam-macam dan menurut tingkatan yang telah distandarkan, misalnya, 0,1, 0,112, 0,125, 0,14, ... (mm/rev).



Gambar 2.3 Proses Bubut.
 Sumber : Rochim (1985: 10)

Elemen dasar dari proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.3.

Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut:

- Benda kerja : d_o = diameter awal (mm)
- d_m = diameter akhir (mm)
- Pahat : k_r = sudut potong utama ($^\circ$)
- γ_o = sudut geram ($^\circ$)
- Mesin bubut : a = *depth of cut* (mm)
- $= \frac{d_o - d_m}{2}$ (2.1)
- f = gerak makan (mm/rev)
- n = putaran poros utama (rpm)

Elemen dasar proses bubut dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut,

1. *Cutting speed*:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad ; \text{ m/min} \quad (2.2)$$

Dimana d = diameter benda kerja

2. Kecepatan makan

$$V_f = f \cdot n \quad ; \text{ mm/min} \quad (2.3)$$

3. Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad ; \text{ min} \quad (2.4)$$

4. Kecepatan pembuangan geram

$$Z = A \cdot v \quad (2.5)$$

Dimana, A = penampang geram sebelum dipotong
 $= f \cdot a$; mm^2

Maka

$$Z = f \cdot a \cdot v \quad ; \text{cm}^3/\text{min} \quad (2.6)$$

Pada gambar 2.3 diperlihatkan sudut potong utama (k_r , *principal cutting edge angle*) yaitu merupakan sudut antara mata potong mayor (proyeksinya pada bidang referensi) dengan kecepatan makan v_f . Besarnya sudut tersebut ditentukan oleh geometri Insert dan cara pemasangan Insert pada mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk harga kedalaman pemotongan (a) dan gerak makan (f) yang tetap maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan (b , *width of cut*) dan tebal geram sebelum terpotong (h , *undeformed chip thickness*) sebagai berikut:

- Lebar pemotongan : $b = \frac{a}{\sin k_r}$; mm (2.7)

- Tebal geram sebelum terpotong : $h = f \sin k_r$; mm (2.8)

Dengan demikian, penampang geram sebelum terpotong dapat dituliskan sebagai berikut : $A = f \cdot a = b \cdot h$ (2.9)

Perlu dicatat bahwa tebal geram sebelum terpotong (h) belum tentu sama dengan tebal geram setelah terpotong (h_c , *deformed chip thickness*) dan hal ini antara lain dipengaruhi oleh sudut geram (γ_o), *cutting speed* dan material benda kerja.

2.3.1 Parameter Pemotongan

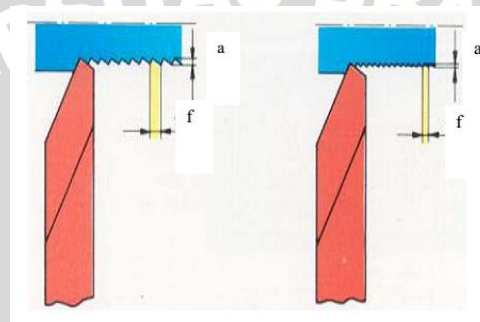
Untuk menghasilkan mutu suatu produk yang baik dalam proses permesinan sangat dipengaruhi oleh parameter pemotongan. Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindle (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada Mesin Bubut (Widarto,2008:153). Parameter pemotongan tersebut adalah

1. Kecepatan pemotongan (*Cutting Speed*)

Kecepatan pemotongan adalah kecepatan keliling dari benda kerja melintasi ujung pahat, kecepatan pemotongan umumnya dinyatakan dalam satuan meter per menit (m/min). kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja.

2. Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*)

Kecepatan pemakanan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat potong untuk memotong benda kerja dalam satu putaran benda kerja. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong (a). Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ a , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.



Gambar 2.4. Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a).
Sumber : Widarto (2008 : 154)

3. Kedalaman pemakanan (*depth of cut*)

Kedalaman potong (*depth of cut*) adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4. Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

2.3.2 Sistem pemotongan pada proses bubut

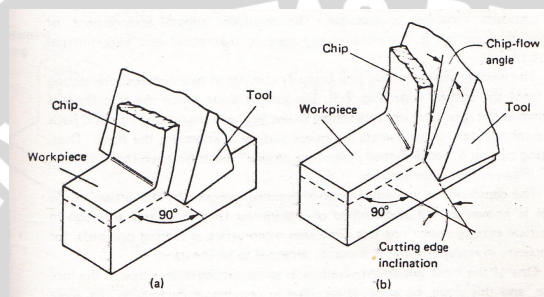
Berdasarkan gambar 2.5 secara umum sistem pemotongan logam pada proses pembubutan dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Sistem pemotongan tegak (*Orthogonal Cutting*)

Sistem pemotongan tegak terjadi apabila sudut potong utama (κ_r) = 90° dan sudut miring (λ_s) = 0° .

2. Sistem pemotongan miring (*Oblique Cutting*)

Sistem pemotongan miring terjadi apabila sudut potong utama (κ_r) $< 90^\circ$ dan sudut miring (λ_s) $\neq 0^\circ$. Untuk luas penampang geram sebelum terpotong ($A=f.a$) yang sama maka panjang pemotongannya ($b = a/\sin \kappa_r$) akan lebih panjang bila $\kappa_r < 90^\circ$. Hal ini akan menyebabkan bidang kontak antara geram dengan bidang geram pahat menjadi lebih luas sehingga mempercepat laju pembuangan panas yang dihasilkan dari gesekan antara pahat dengan benda kerja sehingga temperatur pahat menjadi tidak begitu tinggi. Mata potong pahat yang aktif memotong tersebut dapat lebih diperpanjang lagi dengan cara dimiringkan atau sudut miringnya (λ_s) $\neq 0^\circ$ (Rochim, 1985:35).



Gambar 2.5 Pemotongan orthogonal dan miring
Sumber: boothroyd (1981 : 63)

2.3.3 Daya Pemotongan

Menurut Taufik Rochim (1985:46) daya pemotongan dalam proses pembentukan geram ditentukan oleh gaya pemotongan dengan kecepatan pemotongan (kecepatan pahat relatif terhadap benda kerja), atau momen puntir pada pahat dengan kecepatan putarannya. Gaya atau momen puntir tersebut dapat diukur secara langsung dengan memakai dinamometer. Karena salah satu komponen gaya tersebut umumnya tidak melakukan gerakan, maka daya pemotongan (pembentukan geram) adalah

$$N_{ct} = N_c + N_f \quad ; \text{ kW} \quad (2.10)$$

Keterangan:

N_{ct} = daya pemotongan total (kW)

N_c = daya potong (kW)

N_f = daya makan (kW)

Untuk proses membubut

$$N_c = \frac{F_v \cdot v}{60.000} \quad ; \text{ kW} \quad (2.11)$$

$$N_f = \frac{F_f \cdot v_f}{60.000.000} \quad ; \text{ kW} \quad (2.12)$$

Keterangan:

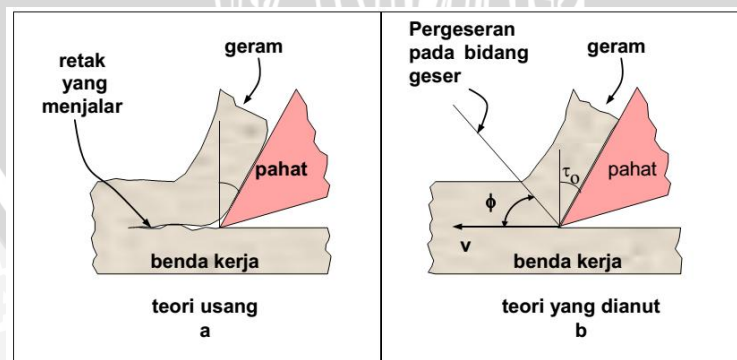
- F_v = gaya potong ; N
 v = kecepatan potong ; m/min
 F_f = gaya makan; N
 v_f = kecepatan makan
 $= f \cdot n$; mm/min

Karena N_f jauh lebih kecil dari N_c maka dapat diabaikan sehingga daya total pemotongan adalah

$$N_{ct} = N_c = \frac{F_v \cdot v}{60.000} \quad ; \text{ kW} \quad (2.13)$$

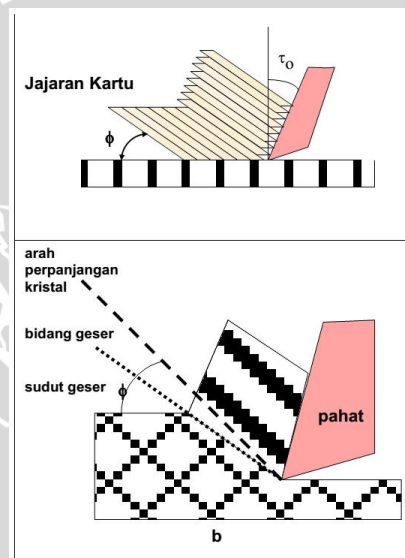
2.4 Mekanisme Pembentukan geram

Pada mulanya diperkirakan bahwa geram terbentuk karena adanya retak rambut (*micro crack*) yang timbul pada benda kerja tepat diujung pahat pada saat pemotongan dimulai. Dengan bertambahnya tekanan pahat, retak rambut tersebut menjalar kedepan sehingga terjadilah geram, lihat gambar 2.6a, itu merupakan teori lama, karena logam yang pada umumnya bersifat ulet (*ductile*) apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan (*stress*) didaerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari mata potong pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan material benda kerja diujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*), lihat gambar 2.6 b.



Gambar 2.6 Teori yang menerangkan terjadinya geram
 Sumber: Rochim (1985: 22)

Bidang geser mempunyai lokasi tertentu yang membuat sudut terhadap vektor kecepatan potong, dan dinamakan dengan sudut geser (*shear angle*, ϕ). Proses terbentuknya geram tersebut dapat diterangkan dengan analogi tumpukan kartu sebagai berikut: Bila setumpuk kartu dijajarkan dan diatur dengan sedikit miring (sesuai dengan sudut geser, ϕ) kemudian didorong dengan papan (penggaris) yang membuat sudut terhadap garis vertikal (sesuai dengan sudut geram) maka kartu diujung papan akan tergeser keatas relatif terhadap kartu dibelakangnya. Pergeseran itu berlangsung secara berurutan dan kartu terdorong melewati bidang atas papan, lihat gambar 2.7a. Analogi kartu tersebut menerangkan keadaan sesungguhnya dari kristal logam (struktur butir metalograpis) yang terdeformasi sehingga merupakan lapisan tipis yang tergeser pada bidang geser. Arah perpanjangan kristal (*kristal elongation*) membuat sudut (ϕ_c) sedikit lebih besar dari sudut geser, lihat gambar 2.7b.



Gambar 2.7 Proses terbentuknya geram
Sumber: Rochim (1985: 23)

Suatu analisis mekanisme pembentukan geram yang dikemukakan oleh Merchant pada gambar 2.8 mendasarkan teorinya atas model pemotongan sistem tegak (*orthogonal system*). Sistem pemotongan tegak merupakan penyederhanaan dari sistem pemotongan miring (*oblique system*) dimana gaya dan komponennya hanya dianalisa pada suatu bidang. Karena sistem gaya dipandang hanya pada satu bidang (bukan ruang), maka gaya total dapat dipecahkan menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus. Tergantung dari cara pemisahan komponen, dalam hal ini dapat dikemukakan tiga cara yaitu :

- 1 Gaya total (F) ditinjau terhadap proses deformasi material, dapat diuraikan kedalam dua komponen :

F_s = gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui batas elastis.

F_{sn} = gaya normal pada bidang geser yang menyebabkan pahat tetap menempel pada benda kerja.

- 2 Gaya total (F) dapat diketahui arah dan besarnya dengan cara membuat dinamometer (alat ukur gaya, dimana pahat dipasang padanya dan alat tersebut dipasang pada mesin perkakas) yang mengukur dua komponen gaya :

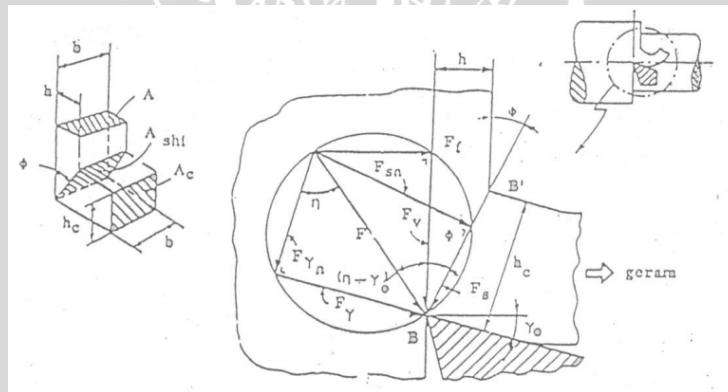
F_v = gaya potong, searah dengan kecepatan potong.

F_f = gaya makan, searah dengan kecepatan makan.

- 3 Gaya total (F) yang bereaksi pada bidang geram (A_r , face, bidang pada pahat dimana geram mengalir) dipecah menjadi dua komponen untuk menentukan koefisien gesek dari geram terhadap pahat :

F_r = gaya gesek pada bidang geram.

F_{rn} = gaya normal pada bidang geram.



Gambar 2.8 Lingkaran gaya pemotongan (Lingkaran Merchant)

Sumber: Rochim (1985: 25)

Sewaktu pemotongan mulai berlangsung, gaya potong F_v akan membesar. Daerah dimuka mata potong akan mendapatkan tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan mendapatkan tegangan geser yang terbesar, dan dengan naiknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut (bidang geser) akan melampaui batas elastis (*yield*) sehingga terjadi deformasi plastis yang menyebabkan terbentuknya geram. Bila hal ini telah terjadi maka gaya potong telah mencapai harga maksimum (tak mungkin naik lagi). Berdasarkan analisis geometrik

dari lingkaran gaya, gaya potong F_v dapat diturunkan rumus berdasarkan sebagai berikut :

Dari, $F_v = F \cos (\eta - \gamma_0)$ dan

$$F_s = F \cos (\varphi + (\eta - \gamma_0))$$

$$\text{Maka } F_v = \frac{F_s \cos (\eta - \gamma_0)}{\cos (\varphi + \eta - \gamma)} \quad (2.14)$$

Gaya geser F_s dapat diganti dengan penampang bidang geser dan tegangan geser yang terjadi padanya,

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} ; N \quad (2.15)$$

Keterangan:

τ_{shi} = tegangan geser pada bidang geser ; N/mm^2

A_{shi} = Penampang bidang geser

$$= A / \sin \varnothing , \text{ mm}$$

A = Penampang geram sebelum terpotong

$$= b \cdot h ; \text{ mm}^2$$

Dengan demikian rumus gaya potong adalah

$$F_v = \tau_{shi} b \cdot h \cdot \frac{\cos (\eta - \gamma_0)}{\sin \varphi \cdot \cos (\varphi + (\eta - \gamma_0))} \quad (2.16)$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan beberapa variabel yang mempengaruhi gaya pemotongan sebagai berikut :

1. Tegangan geser (dinamis) menentukan besarnya gaya potong, dengan demikian kekuatan benda kerja merupakan faktor penentu dalam proses pemesinan. Dalam praktek telah diketahui bahwa untuk benda kerja aluminium lebih rendah dari pada gaya potong benda kerja baja.
2. Semakin besar penampang geram, gaya potong akan semakin besar.
3. Sudut geram, sudut geser dan sudut gesek (ditentukan oleh koefisien gesek, μ) menentukan besarnya gaya potong. Dari rumus diatas pengaruh dari masing-masing sudut tersebut terhadap gaya potong belum terlihat dengan jelas, untuk itu perlu ditelaah satu persatu.

Sudut geser ditentukan oleh sudut geram. Semakin besar sudut geram, sudut geser akan membesar dan menyebabkan penurunan luas bidang geser sehingga menurunkan gaya potong. Untuk mengetahui besar sudut geram kita harus tahu rasio pemampatan tebal geram (hasil bagi antara tebal geram dengan tebal geram sebelum terpotong).

$$\lambda h = \frac{hc}{h} > 1 \quad (2.17)$$

maka,

$$\tan \varphi = \frac{\cos \gamma_0}{\lambda h - \sin \gamma_0} \quad (2.18)$$

2.5 Geometri Pahat

Geometri pahat merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses permesinan. Geometri pahat harus dipilih dengan tepat disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan sehingga tujuannya dapat dicapai. Tujuan disini antara lain umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, kehalusan permukaan dan ketelitian geometri produk. Seorang perencana harus mampu memilih pahat atau menentukan sudut-sudut pahat yang cocok sehingga proses permesinan dapat dioptimumkan.

1. Sudut potong utama (k_r)

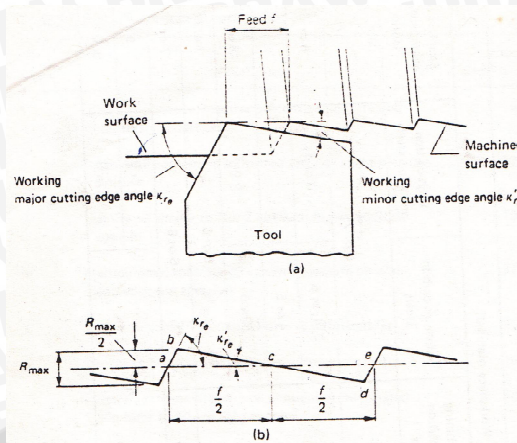
Sudut potong utama mempunyai beberapa peranan penting antara lain :

- Menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong (b dan h).
- Menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat.

Untuk kedalaman potong dan gerak makan yang tetap, maka dengan memperkecil sudut potong utama akan menurunkan tebal geram sebelum terpotong dan menaikkan lebar geram. Tebal geram yang kecil secara langsung akan menurunkan temperatur pemotongan, sedang lebar geram yang besar akan mempercepat proses perambatan panas pada pahat sehingga temperatur pahat akan relatif rendah dan umur pahat akan lebih tinggi.

2. Sudut potong bantu

Pada prinsipnya sudut potong bantu dapat dipilih sekecil mungkin karena selain memperkuat ujung pahat maka kehalusan produk dapat dipertinggi.



Gambar 2.9 Model ideal dari kekasaran permukaan untuk alat pemotong dengan sudut tajam. (a) permukaan diproduksi. (b) bagian melalui permukaan penyimpangan
 Sumber: boothroyd (1981 : 136)

Dari geometri gambar 2.9 didapat

$$R_{\max} = \frac{f}{\cot k_{re} + \cot k'_{re}} \tag{2.19}$$

Sehingga

$$R_a = \frac{f}{4(\cot k_{re} + \cot k'_{re})} \tag{2.20}$$

Keterangan:

- R_{\max} : Kekasaran permukaan maksimal
- R_a : Kekasaran permukaan rata-rata
- f : *feed*
- k_{re} : sudut mayor
- k'_{re} : sudut minor

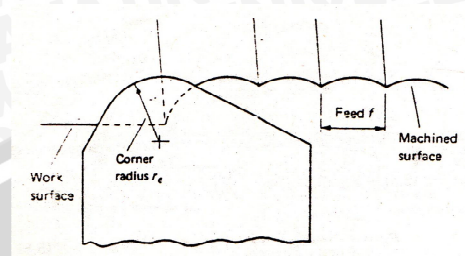
3. Sudut Geram Orthogonal (γ_0)

Sudut geram mempengaruhi proses pembentukan geram. Sudut geram yang besar akan menurunkan rasio pemampatan tebal geram λ_h yang mengakibatkan kenaikan sudut geser. Sudut geser yang besar akan menurunkan gaya pemotongan. Tetapi sudut geram tidak boleh terlalu besar guna menjaga kekuatan pahat serta memperlancar proses perambatan panas. Perambatan panas yang terhambat akan menaikkan temperatur pahat sehingga umur pahat akan turun.



4. Radius Pojok

Radius pojok berfungsi untuk memperkuat ujung pertemuan antara mata potong utama dengan mata potong minor dan selain itu untuk menentukan kehalusan permukaan hasil pemotongan. Semakin besar penampang geram maka pojok pahat harus dipilih lebih kuat.



Gambar 2.10 Model ideal dari kekasaran permukaan untuk pahat dengan radius pojok
Sumber: boothroyd (1981 : 138)

Dari geometri gambar 2.10 didapat

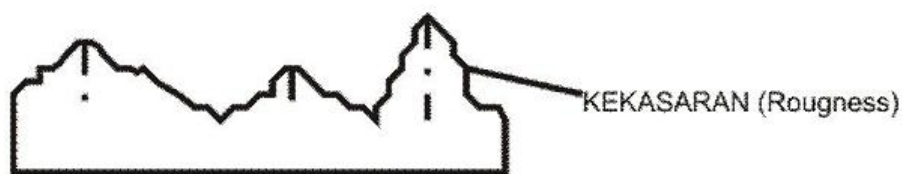
$$Ra = \frac{0,032f^2}{r_c} \quad (2.21)$$

2.6 Kekasaran Permukaan

Menurut Sudji Munadi (1988:223) salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Tingkat kehalusan suatu permukaan mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Karakteristik geometri bentuk permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi dua macam diantaranya:

a. Permukaan yang kasar (*roughness*)

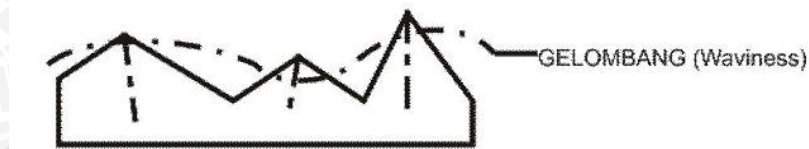
Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pisau potong dalam proses pembuatannya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 permukaan yang kasar.
Sumber: Munadi (1988:225)

b. Permukaan yang bergelombang (*waviness*)

Pada gambar 2.12 menjelaskan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (*non linier*) dari pemakanan (*feed*), getaran mesin, tidak seimbang (*balance*) batu gerinda, perlakuan panas (*heat treatment*) yang kurang baik, dan sebagainya.



Gambar 2.12 permukaan yang bergelombang.
Sumber: Munadi (1988:225)

Secara lebih rinci lagi, ketidakteraturan dari suatu profil (konfigurasi penampang permukaan) dapat dilihat pada tabel 2.1.

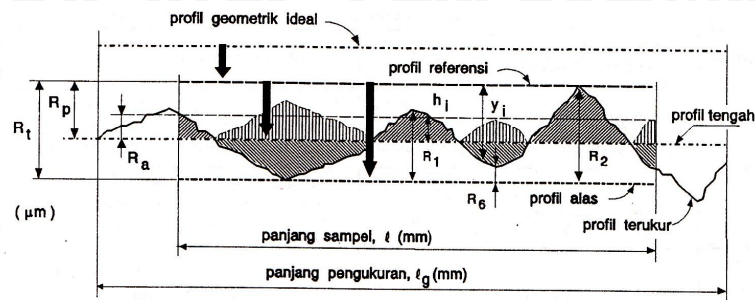
Tabel 2.1 ketidakteraturan suatu profil

Tingkat	Profil terukur; bentuk grafik hasil pengukuran	Istilah	Contoh kemungkinan penyebabnya
1		Kesalahan bentuk (form error)	Kesalahan bidang-bidang pembimbing mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan posisi pengepakan benda kerja,
2		Gelombang (waviness)	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyenteran perkakas, getaran dalam proses pemesinan.
3		Alur (grooves)	Jejak/bekas pemotongan (bentuk ujung pahat, gerak makan).
4		Serpihan (flakes)	Proses pembentukan geram, deformasi akibat proses pancar pasir, pembentukan module pada proses electroplating.
			Kombinasi ketidakteraturan dari tingkat 1 sampai dengan 4.

Sumber: Rochim (2001:55)

TEKNIK PRODUKSI, MESIN, FTI-ITB

2.6.1 Profil Permukaan



Gambar 2.13 Posisi profil referensi, profil tengah dan profil dasar terhadap profil terukur untuk satu panjang sampel.

Sumber: Rochim (2001:56)

Pada gambar 2.13 diatas, secara garis besar profil permukaan hasil proses pemesinan dapat dibagi menjadi bagian-bagian berikut:

1. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan.

4. Profile Alas (*Root Profile*)

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. Profile Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan

arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah.

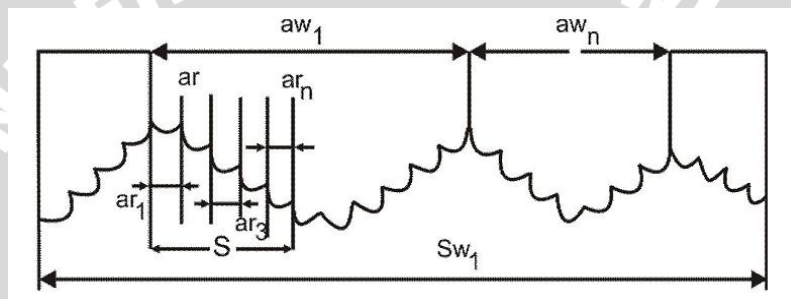
6. Kedalaman Total (*Peak to Valley*), R_t

Kedalaman total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar. Satuannya adalah dalam micron (μm).

7. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), R_p

Kedalaman perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur. Bila juga dikatakan bahwa kedalaman perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi.

2.6.2 Parameter Permukaan



Gambar 2.14 Lebar gelombang dan lebar kekasaran
Sumber: Munadi (1988:225)

Pada Gambar 2.14 di atas menjelaskan beberapa parameter yang bisa digunakan untuk menjelaskan ketidakteraturan permukaan adalah

1. Lebar Gelombang (*Waviness Width*), A_w

Lebar gelombang adalah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak a_{wi} yang terletak di antara dua puncak gelombang pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s_w . Satuan dari lebar gelombang adalah dalam milimeter.

2. Lebar Kekasaran (*Roughness Width*), A_r

Lebar kekasaran adalah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak a_{ri} yang terletak di antara dua puncak kekasaran pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s . Satuan dari lebar kekasaran juga dalam milimeter.

2.6.3 Kriteria Evaluasi Permukaan Akhir

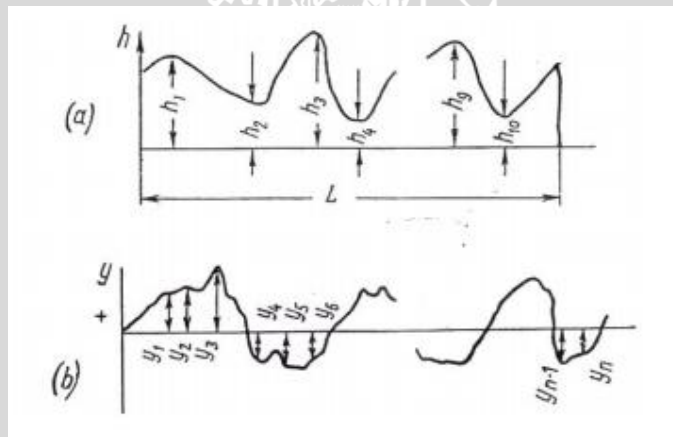
Kekasaran rata-rata merupakan harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah. Angka kekasaran (ISO *roughness number*) dan panjang sampel standart dapat dilihat pada tabel 2.2. Mengacu pada gambar 2.15b nilai penyimpangan rata-rata R_a sesuai rumus berikut:

$$R_a = \frac{1}{n}(y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (2.22)$$

yang mana: $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ adalah jarak dari titik permukaan profil dari garis tengah. n adalah jumlah titik penyimpangan dari profil mikro yang diukur. Garis tengah membagi profil permukaan sehingga penjumlahannya $y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots + y_n^2 = 0$.

Penyimpangan mikro R_z , yang didefinisikan sebagai rata-rata ketinggian (jarak puncak ke lembah) dari lima penyimpangan utama pada gambar 2.15a yang diukur sepanjang garis dasar:

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5} \quad (2.23)$$



Gambar 2.15 Menentukan R_z dan R_a dari penyimpangan permukaan.
Sumber: D. Maslov, dkk. (1967: 221)

Tabel 2.2 Angka kekasaran (ISO *roughness number*) dan panjang sampel standart

Harga kekasaran, R_a (μm)	Angka kelas kekasaran	Panjang sampel (mm)
50 25	N 12 N 11	8
12,5 6,3	N 10 N 9	2,5
3,2 1,6 0,8 0,4	N 8 N 7 N 6 N 5	0,8
0,2 0,1 0,05	N 4 N 3 N 2	0,25
0,025	N 1	0,08

Sumber: Rochim (2001:56)

2.7 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Selain untuk peralatan rumah tangga, aluminium dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb (Surdia, 1984:129). Untuk mengetahui sifat fisik aluminium dapat kita lihat tabel 2.3. Sedangkan untuk mengetahui sifat mekanik aluminium pada tabel 2.4.

Tabel 2.3 Sifat-sifat fisik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	> 99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g·°C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , $a = 4,013 \text{ kX}$	<i>fcc</i> , $a = 4,04 \text{ kX}$

Sumber: surdia (1984:134)

Tabel 2.4 Sifat-sifat mekanik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		> 99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Sumber: surdia (1984:134)

2.7.1 Klasifikasi paduan aluminium

Menurut tata surdia (1984:135) paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal adalah standar *Aluminium Association* di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (*Aluminium Company of America*). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu angka atau dua angka "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga angka "S". Standard AA menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut:

1. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang dipadukan atau ditambahkan (1:Al murni; 2:Al-Cu; 3:Al-Mn; 4:Al-Si; 5:Al-Mg; 6:Al-Mg-Si dan 7:Al-Zn).
2. Angka kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan aluminium murni.
3. Angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali huruf S. Sebagai contoh 3S sebagai 3003 serta 61 S sebagai 6061.

Berdasarkan klasifikasi di atas aluminium dapat diklasifikasikan menurut jenis paduannya. Sifat aluminium dari berbagai paduan meliputi:

1. Jenis Aluminium-murni

Aluminium didapat dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Dilihat dari ketahanan korosi, pada umumnya untuk kemurnian 90% atau lebih dapat digunakan diudara dan tahan dalam waktu bertahun-tahun.

2. Paduan Al-Cu

Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat dilaku panas. Dengan melalui pengerasan endapan sifat mekanis paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak tetapi daya tahan korosinya lebih rendah bila dibandingkan jenis paduan lainnya (R.W. Heine, 1976:294). *Copper* adalah salah satu unsur paduan penting yang digunakan pada Al karena dengan paduan ini akan membentuk *solid-solution strengthening* dan dengan *heat treatment* yang sesuai dapat meningkatkan kekuatannya dengan membentuk *precipitate*. Kelarutan maksimal Cu didalam Al adalah pada kandungan 5,65 % Cu dengan temperatur berkisar 550°C. Kelarutan Cu akan turun sesuai dengan penurunan temperatur. Pada temperatur ruang batas kelarutan Cu didalam Al adalah kurang dari 0,1 %.

3. Paduan Al-Mn

Mn merupakan unsur yang meperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosinya dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Jumlah paduan yang terkandung dalam paduan ini adalah 25,3% Mn. Sebenarnya paduan Al-1,2%Mn dan Al-1,2%Mn-1,0%Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang digunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas. (Surdia Tata, 1984 :136-137).

4. Paduan Al-Si

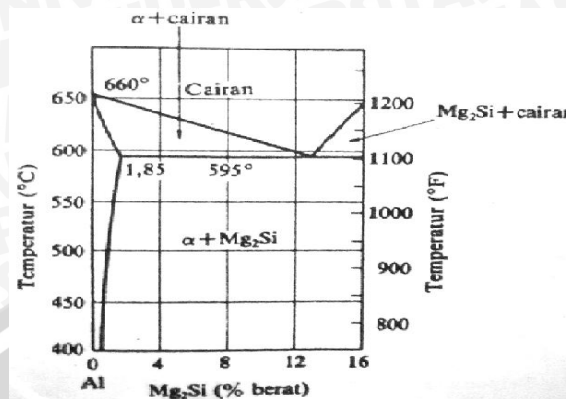
Paduan Al-Si yang biasa disebut Silumin yang memiliki permukaan bagus sekali dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan, Si memiliki ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien muai yang kecil, penghantar panas yang baik (Surdia Tata, 1984 :138).

5. Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik. Biasanya disebut *hidronalium* dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi. Cu dan Fe

sangat berbahaya bagi ketahanan korosi, sehingga diperlukan perhatian khusus terhadap unsur pengotor tersebut (Surdia Tata, 1984 :139).

6. Paduan Al-Mg-Si



Gambar 2.16 Diagram Fasa Paduan Al-Mg₂Si
Sumber : Surdia (1984:139)

Pada gambar 2.16, Si dan Mg membentuk senyawa Magnesium Silikat (MgSi) yang akan membentuk eutektik pada system paduan AlMg₂Si. Paduan dalam system ini mempunyai kekuatan yang kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya tetapi sangat liat, sangat baik untuk ekstrusi, sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa, tahan korosi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan (Surdia Tata, 1984 :140).

7. Paduan AL-Zn

Paduan ini lebih banyak mengandung Aluminium dan merupakan paduan yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Dalam penggunaannya biasa di aplikasikan untuk konstruksi tempat duduk pesawat terbang, perkantoran dan konstruksi lainnya yang membutuhkan perbandingan antara ketahanan korosi dan berat yang tidak terlalu besar.

2.7.2 Unsur-unsur paduan aluminium

Aluminium murni mempunyai kemurnian hingga 99,96% dan minimal 99%. Zat pengotornya berupa unsur Fe dan Si. Aluminium paduan memiliki berbagai kandungan atom-atom atau unsur-unsur utama (mayor) dan minor. Unsur mayor seperti Mg, Mn, Zn, Cu, dan Si sedangkan unsur minor seperti Cr, Ca, Pb, Ag, Fe, Sn, Zr, Ti, Sn, dan lain-lain. Unsur- unsur paduan yang utama dalam Aluminium antara lain:

a. Silikon (Si)

Dengan atau tanpa paduan lainnya silikon mempunyai ketahanan terhadap korosi. Bila bersama aluminium ia akan mempunyai kekuatan yang tinggi setelah perlakuan panas, tetapi silikon mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang jelek, selain itu juga mempunyai ketahanan koefisien panas yang rendah.

b. Tembaga (Cu)

Dengan unsur tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasannya dan kekuatannya karena tembaga bisa memperhalus struktur butir dan akan mempunyai kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu tempa, keuletan yang baik dan mudah dibentuk.

c. Magnesium (Mg)

Dengan unsur magnesium pada aluminium akan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan kualitas pengerjaan mesin yang baik, mampu las serta kekuatannya cukup.

d. Nikel (Ni)

Dengan unsur nikel aluminium dapat bekerja pada temperatur tinggi, misalnya piston dan *silinder head* untuk motor.

e. Mangan (Mn)

Dengan unsur mangan aluminium sangat mudah dibentuk, tahan korosi baik, sifat dan mampu lasnya baik.

f. Seng (Zn)

Umumnya seng ditambahkan bersama-sama dengan unsur tembaga dalam prosentase kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat-sifat mekanik pada perlakuan panas, juga kemampuan mesin.

g. *Ferro* (Fe)

Penambahan *ferro* dimaksud untuk mengurangi penyusutan, tapi penambahan *ferro* (Fe) yang besar akan menyebabkan struktur perubahan butir yang kasar, namun hal ini dapat diperbaiki dengan Mg atau Cr.

h. Titanium (Ti)

Penambahan titanium pada aluminium dimaksud untuk mendapat struktur butir yang halus. Biasanya penambahan bersama-sama dengan Cr dalam prosentase 0,1%, titanium juga dapat meningkatkan mampu mesin.

i. Bismuth

Digunakan untuk meningkatkan sifat mampu mesin dari aluminium

2.8 Anova Dua Jalur (*two ways – Anova*)

Anava atau anova adalah anonim dari analisis varian terjemahan dari *analysis of variance*, sehingga banyak orang yang menyebutnya dengan anova. Anova merupakan bagian dari metode analisis statistika yang tergolong analisis komparatif (perbandingan) lebih dari dua rata-rata (Riduwan, 2003:217).

Anova dua jalur digunakan untuk menguji hipotesis perbandingan lebih dari dua sampel dan setiap sampel terdiri atas dua jenis atau lebih secara bersama-sama. Langkah-langkah uji anova dua jalur adalah:

1. Sebelum anova dihitung, asumsikan bahwa data dipilih secara random, berdistribusi normal dan variannya homogen.
2. Buatlah hipotesis (H_a dan H_0) dalam bentuk kalimat.
3. Buatlah hipotesis (H_a dan H_0) dalam bentuk statistika.
4. Buatlah daftar statistika induk seperti pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Daftar statistika induk

Variabel		Pengulangan	Depth of cut (mm)			Total Baris
			B ₁ (0.5)	B ₂ (1)	B ₃ (1.5)	
Sudut Potong Mayor Pahat (°)	A ₁ (30°)	1.	X ₁₁₁	X ₁₂₁	X ₁₃₁	
		2.	X ₁₁₂	X ₁₂₂	X ₁₃₂	
		3.	X ₁₁₃	X ₁₂₃	X ₁₃₃	
		Jumlah				
	A ₂ (45°)	1.	X ₂₁₁	X ₂₂₁	X ₂₃₁	
		2.	X ₂₁₂	X ₂₂₂	X ₂₃₂	
		3.	X ₂₁₃	X ₂₂₃	X ₂₃₃	
		Jumlah				
	A ₃ (60°)	1.	X ₃₁₁	X ₃₂₁	X ₃₃₁	
		2.	X ₃₁₂	X ₃₂₂	X ₃₃₂	
		3.	X ₃₁₃	X ₃₂₃	X ₃₃₃	
		Jumlah				
	A ₄ (75°)	1.	X ₄₁₁	X ₄₂₁	X ₄₃₁	
2.		X ₄₁₂	X ₄₂₂	X ₄₃₂		
3.		X ₄₁₃	X ₄₂₃	X ₄₃₃		
	Jumlah					
A ₅ (90°)	1.	X ₅₁₁	X ₅₂₁	X ₅₃₁		
	2.	X ₅₁₂	X ₅₂₂	X ₅₃₂		
	3.	X ₅₁₃	X ₅₂₃	X ₅₃₃		
	Jumlah					
Jumlah total						

5. Hitunglah jumlah kuadrat total (JK_T).

$$JK_T = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \quad (2.24)$$

6. Hitunglah jumlah kuadrat antar group A (JK_A)

$$JK_A = \left(\sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \quad (2.25)$$

7. Hitunglah jumlah kuadrat antar group B (JK_B)

$$JK_B = \left(\sum \frac{(\sum X_B)^2}{n_B} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \quad (2.26)$$

8. Hitunglah jumlah kuadrat antar group A dan B (JK_{AB})

$$JK_{AB} = \left(\sum \frac{(\sum X_{AB})^2}{n_{AB}} \right) - \left(\frac{(\sum X_T)^2}{N} \right) - JK_A - JK_B \quad (2.27)$$

9. Hitunglah jumlah kuadrat dalam (residu) antar group (JK_D)

$$JK_D = JK_T - JK_A - JK_B - JK_{AB} \quad (2.28)$$

10. Mencari derajat bebas (db_A ; db_B ; db_{AB} ; db_D ; db_T)

$$db_{A \text{ (BARIS)}} = b-1 \quad (2.29)$$

$$db_{B \text{ (KOLOM)}} = k-1 \quad (2.30)$$

$$db_{AB \text{ (INTERAKSI)}} = (db_A) \cdot (db_B) \quad (2.31)$$

$$db_D \text{ (RESIDU)} = N - (b \cdot k) \quad (2.32)$$

$$db_T \text{ (TOTAL)} = N-1 \quad (2.33)$$

11. Menghitung Kuadrat Rerata antar group (KR_A ; KR_B ; KR_{AB} ; KR_D)

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} \quad (2.34)$$

$$KR_B = \frac{JK_B}{db_B} \quad (2.35)$$

$$KR_{AB} = \frac{JK_{AB}}{db_{AB}} \quad (2.36)$$

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} \quad (2.37)$$

12. Carilah F_{hitung} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing group.

$$F_A = \frac{KR_A}{KR_D} \quad (2.38)$$

$$F_B = \frac{KR_B}{KR_D} \tag{2.39}$$

$$F_{AB} = \frac{KR_{AB}}{KR_D} \tag{2.40}$$

13. Tentukan taraf signifikannya, misalnya $\alpha = 0,05$ atau $\alpha = 0,01$
14. Cari Ftabel (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing group.

$$F_{A(\text{tabel})} = F_A(\alpha)(dbA:dbD)$$

$$F_{B(\text{tabel})} = F_B(\alpha)(dbB:dbD)$$

$$F_{AB(\text{tabel})} = F_{AB}(\alpha)(dbAB:dbD)$$

15. Buatlah tabel ringkasan anova

Sumber Varian (SV)	Jumlah kuadrat (JK)	Derajat bebas (db)	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar Group (A)					
Antar Group (B)					
Antar Group (AB)					
Galat					
Total					

16. Tentukanlah kriteria pengujian: Jika $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$ maka tolak H_0 berarti signifikan dan konsultasikan antara F_{hitung} dengan F_{tabel} kemudian bandingkan.
17. Buatlah kesimpulan.

2.9 Hipotesa

Besarnya sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan mempengaruhi gaya yang bekerja pada proses *turning* dimana hal ini akan mempengaruhi besarnya gaya pemotongan. Selain itu semakin tinggi sudut potong mayor pahat maka kekasaran permukaan benda kerja hasil proses *turning* akan meningkat, sedangkan semakin besar kedalaman pemotongan maka kekasaran permukaan benda kerja hasil proses *turning* juga akan meningkat.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode yang Digunakan

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*) terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses bubut.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 3 Juni 2013 sampai selesai dan tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah:

- Laboratorium VEDC Malang.
- Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- Sudut potong mayor : 30°, 45°, 60°, 75° dan 90°
- *Depth of Cut* (a) (mm) : 0.5 ; 1 ; 1.5

2. Variabel terikat

Variabel terikat yaitu variabel yang dapat dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan hasil proses bubut.

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol yaitu variabel yang nilainya dijaga konstan selama pengujian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- *Feeding* (f) (mm/rev) : 0.14

- *Cutting Speed* (V_c) (m/min) : 59.817

3.4 Spesifikasi Alat dan Bahan

3.4.1 Alat Penelitian

1. Mesin bubut CNC

Digunakan untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris sehingga didapatkan dimensi akhir sesuai dengan standart. Gambar Mesin Bubut CNC dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 EMCO Turn 242

Spesifikasi:

- Merek : EMCO
- Jenis : *Turning*
- Model : EMCO Turn 242
- Buatan : Austria
- Tahun Pembuatan : 1995

2. *Surface Roughness SJ 301*

Digunakan untuk mengetahui nilai kekasaran dari suatu material ataupun suatu produk. Gambar *surface roughness SJ 301* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Surface Roughness SJ 301*

Spesifikasi:

- *Measuring range* : X Axis (12,5 mm) and Z Axis (350 μ m)
- *Measuring speed* : 0,25, 0,5 m/s
- *Stylus tip material* : Diamond
- *Dimensi* : 325 x 185 x 95 mm

3. Vernier Caliper

Digunakan untuk mengukur diameter benda kerja sebelum dan sesudah proses pembubutan dan tebal geram. Gambar *Vernier Caliper* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Vernier Caliper*

4. Kunci Pas

Digunakan untuk memasang dan melepas pahat pada saat proses penyetulan.

5. Sarung tangan

Digunakan untuk melindungi tangan dari cairan *coolant* dan geram hasil proses *turning*

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Benda kerja

- *Diameter* : 25,4 mm
- *Panjang* : 100 mm

- Jenis benda kerja : Aluminium 6061
- Komposisi : Si = 0.66 % Cu = 0.21%
 Fe = 0.22 % Mn = 0.06 %
 Mg = 1.01% Cr = 0.05 %
 Zn = 0.06% Ti = 0.08 %
 Al = 97.65

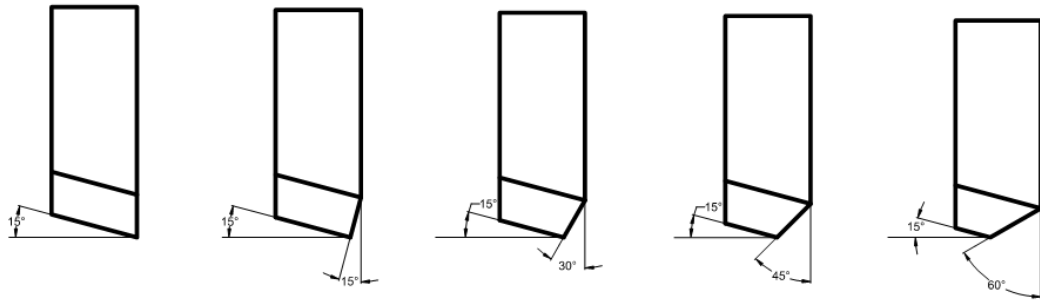
2. Pahat HSS

Sesungguhnya yang dimaksud dengan HSS pada mulanya adalah setiap baja campuran tinggi dari Cromium dan Tungsten . Kemudian baja-baja campuran Cromium dan Molybdenum juga disebut HSS. Pahat HSS sering digunakan dalam industri menengah ke bawah karena lebih efisien. Yang dimaksud efisien disini jika pahat aus, maka dapat di asah kembali. Beda kalau kita menggunakan pahat insert. Jika aus maka harus diganti. Harganya pun lebih murah dibandingkan dengan pahat insert. Selain itu kita dapat merekayasa geometri pahat (sudut-sudut pahat) sesuai dengan yang kita inginkan. Dalam penelitian ini saya menggunakan Pahat HSS dengan:

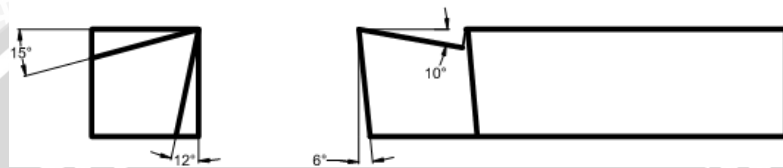
- Ukuran : ½ " X ½ " X 4"
- Grade : M-2
- Komposisi : C = 0.85 % Cr = 4%
 W = 6 % V = 2 %
 Mo = 5% Cr = 0.05 %
 (Sumber: Rochim (1985: 166))

- Dimensi sudut pahat HSS

Untuk mengetahui besar sudut mayor pahat dan sudut minor pahat maka dapat kita lihat pada gambar 3.4. Sedangkan untuk mengetahui besar sudut geram belakang, sudut potong sisi, sudut bebas ujung, sudut bebas sisi dapat kita lihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.4 Pandangan atas dimensi pahat

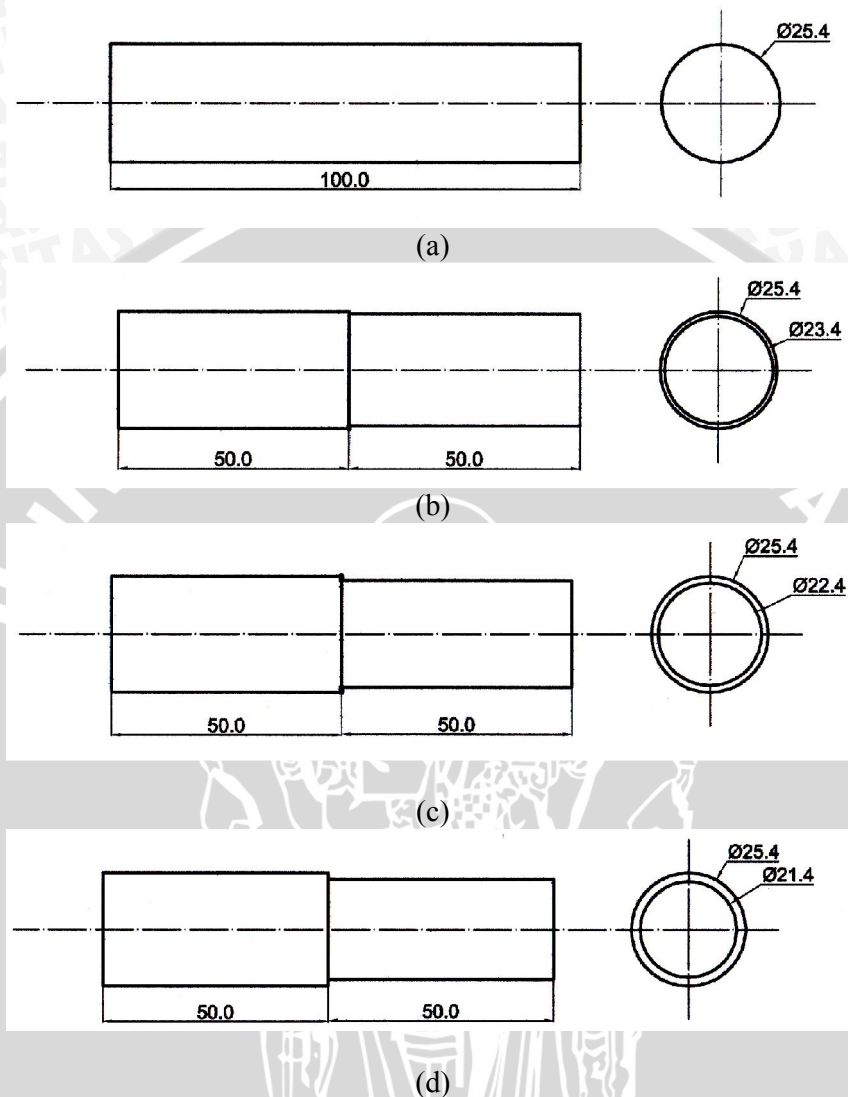


Gambar 3.5 Pandangan depan dan samping kanan dimensi pahat

- Sudut potong mayor : 30°, 45°, 60°, 75° dan 90°
- Sudut potong minor : 15°
- Sudut geram belakang : 10°
- Sudut potong sisi : 15°
- Sudut bebas ujung : 6°
- Sudut bebas sisi : 12°
- *Nose radius* : 0.8 mm

3.5 Dimensi benda kerja

Dimensi benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.6.



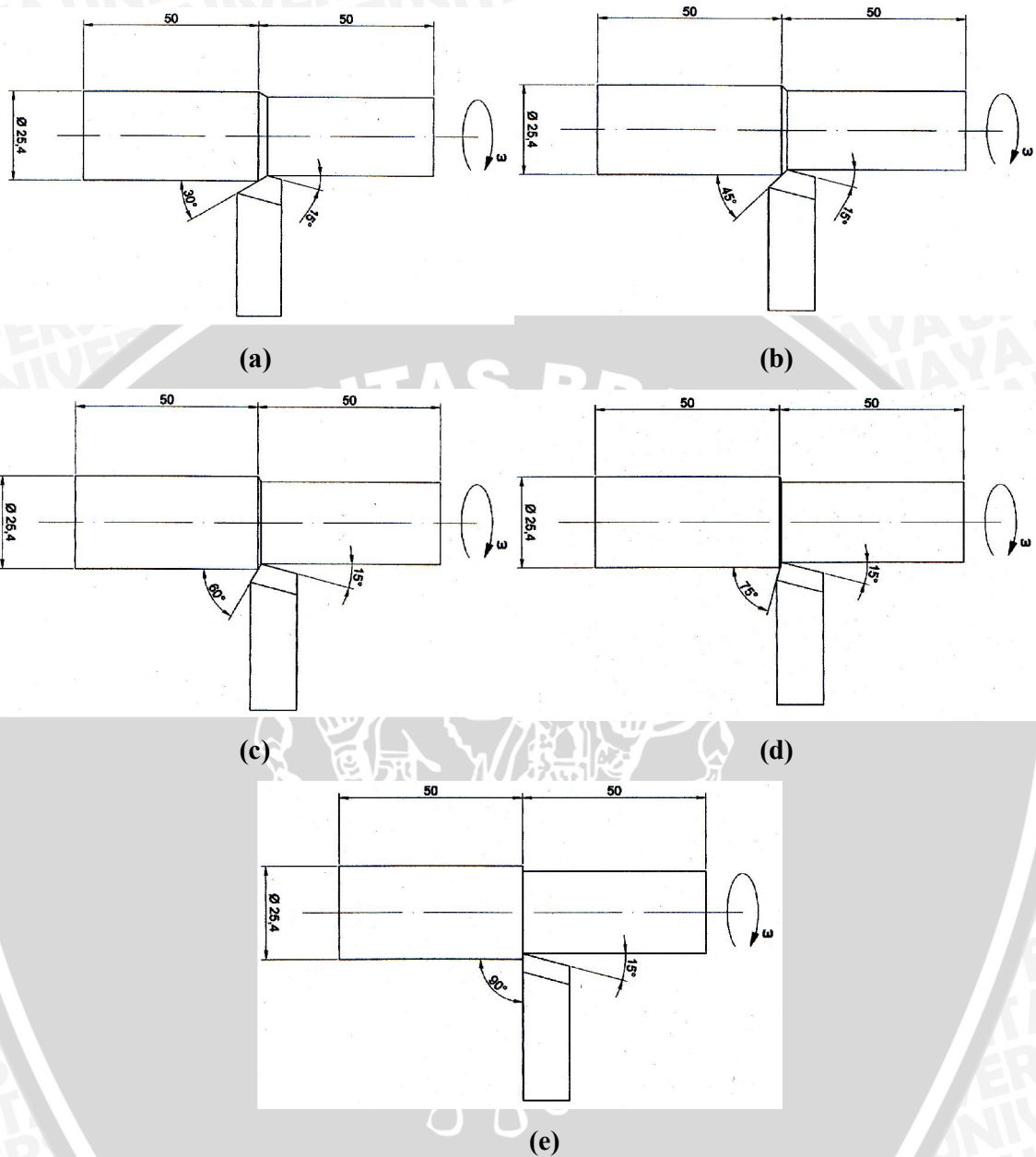
Gambar 3.6 dimensi benda kerja

Keterangan dari gambar 3.6:

- a : Gambar benda kerja sebelum di bubut
- b : Gambar benda kerja setelah dibubut dengan *depth of cut* 0,5mm
- c : Gambar benda kerja setelah dibubut dengan *depth of cut* 1mm
- d : Gambar benda kerja setelah dibubut dengan *depth of cut* 1,5mm

3.6 Instalasi Penelitian

Instalasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.7.



satuan : mm
Gambar 3.7 Instalasi Penelitian

Keterangan dari gambar 3.7:

- a : Proses pembubutan dengan sudut mayor 30° .
- b : Proses pembubutan dengan sudut mayor 45° .
- c : Proses pembubutan dengan sudut mayor 60° .
- d : Proses pembubutan dengan sudut mayor 75° .

e : Proses pembubutan dengan sudut mayor 90° .

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

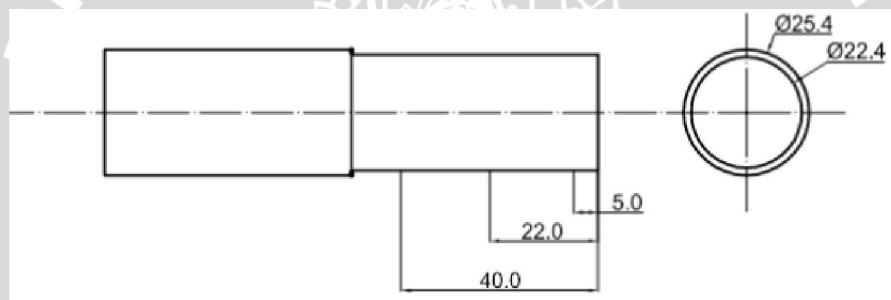
1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.
2. Memotong spesimen sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
3. Melakukan pemasangan pahat.
4. *Setting* Pahat
5. Memasang benda kerja pada mesin bubut.
6. *Setting* benda kerja
7. Mengatur putaran *spindle* sesuai dengan *cutting speed* dan *feeding* yang digunakan dalam penelitian. *Cutting speed* dan *Feeding* yang digunakan adalah konstan.
8. Eksekusi program
9. Selama proses pembubutan *finishing* berlangsung dilakukan proses pengambilan sampel chip untuk masing-masing spesimen.
10. Melepas benda kerja dari mesin bubut setelah proses pemesinan selesai. Kemudian dilakukan penandaan pada setiap benda kerja dengan tujuan untuk mencegah tertukarnya data hasil penelitian.
11. Melakukan pengulangan langkah 5 sampai 11 pada tiga spesimen lainnya dengan variasi yang sama.
12. Melakukan pengulangan langkah 3 sampai 11 untuk spesimen dengan variasi sudut utama potong mayor 30° , 45° , 60° , 75° dan 90° dan *depth of cut* 0,5; 1 dan 1,5 (mm).
13. Dilakukan pengujian kekasaran permukaan pada setiap benda kerja.
14. Melakukan analisa, pengolahan data dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.
15. Mengambil kesimpulan.

3.8 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Dari benda kerja yang dihasilkan pada proses pemesinan dilakukan pengukuran kekasaran permukaan, dengan tujuan mengetahui kekasaran permukaan benda kerja

untuk masing-masing variasi. Langkah-langkah pengujian kekasaran permukaan sebagai berikut:

1. Siapkan alat ukur *Surface Roughness* SJ 301.
2. Benda Kerja yang diukur dibersihkan terlebih dahulu dengan kain bersih.
3. Letakkan benda kerja dan alat ukur diatas meja perata.
4. Menyalakan alat ukur dengan menekan tombol on/off disebelah kanan alat sebelumnya pastikan dahulu AC adaptor terhubung pada alat ukur.
5. Melakukan kalibrasi dengan cara melakukan pengukuran sampel standar yang sudah diketahui kekasarannya yang diletakkan pada box alat.
6. Apabila kalibrasi pada alat telah selesai dilakukan dan sesuai dengan standarnya maka alat ukur telah siap digunakan dengan cara ditempelkan pada benda kerja lalu menekan tombol *start/ stop*, maka sensor stylus akan mulai mengukur.
7. Mencatat nilai kekasaran yang tertera pada layar display.
8. Ulangi pengukuran kekasaran 3x setiap spesimen pada posisi seperti gambar 3.8.



Satuan mm

Gambar 3.8 Posisi pengujian

3.9 Rancangan penelitian

Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh dua faktor yaitu sudut potong mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Pencatatan data merupakan hal yang sangat penting dalam proses analisis data untuk memperoleh informasi tentang hal yang benar, oleh karena itu diperlukan ketelitian dalam pelaksanaannya. Rancangan pengambilan data sesuai dengan tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian tabel hasil uji kekasaran permukaan dengan *Feeding* : 0.14(mm/rev) dan *Cutting Speed* : 59.817(m/min)

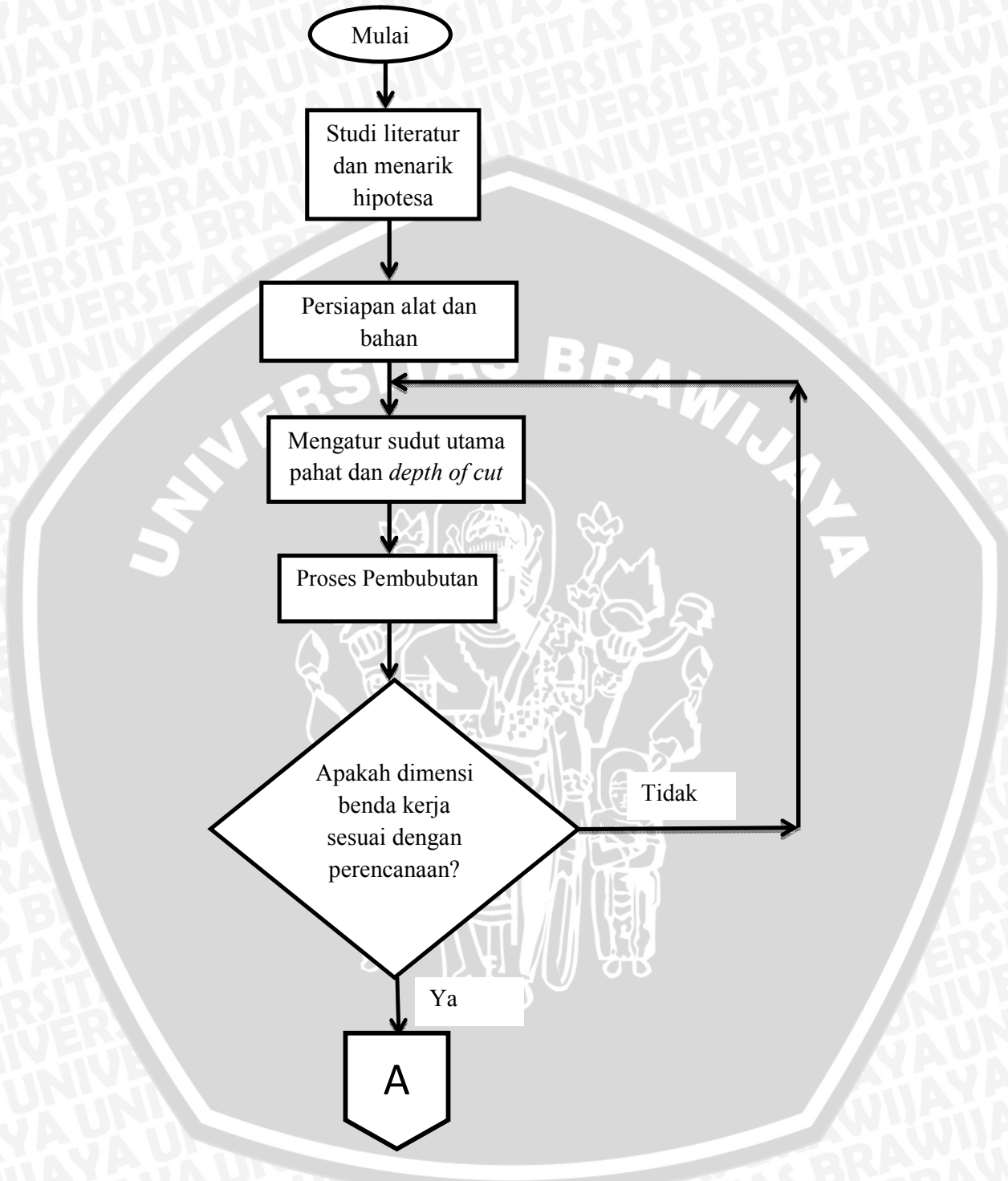
Sudut potong mayor pahat	Pengulangan	Depth of cut (mm)		
		B ₁ (0.5)	B ₂ (1)	B ₃ (1.5)
A ₁ (30 ⁰)	1	X ₁₁₁	X ₁₂₁	X ₁₃₁
	2	X ₁₁₂	X ₁₂₂	X ₁₃₂
	3	X ₁₁₃	X ₁₂₃	X ₁₃₃
A ₂ (45 ⁰)	1	X ₂₁₁	X ₂₂₁	X ₂₃₁
	2	X ₂₁₂	X ₂₂₂	X ₂₃₂
	3	X ₂₁₃	X ₂₂₃	X ₂₃₃
A ₃ (60 ⁰)	1	X ₃₁₁	X ₃₂₁	X ₃₃₁
	2	X ₃₁₂	X ₃₂₂	X ₃₃₂
	3	X ₃₁₃	X ₃₂₃	X ₃₃₃
A ₄ (75 ⁰)	1	X ₄₁₁	X ₄₂₁	X ₄₃₁
	2	X ₄₁₂	X ₄₂₂	X ₄₃₂
	3	X ₄₁₃	X ₄₂₃	X ₄₃₃
A ₅ (90 ⁰)	1	X ₅₁₁	X ₅₂₁	X ₅₃₁
	2	X ₅₁₂	X ₅₂₂	X ₅₃₂
	3	X ₅₁₃	X ₅₂₃	X ₅₃₃

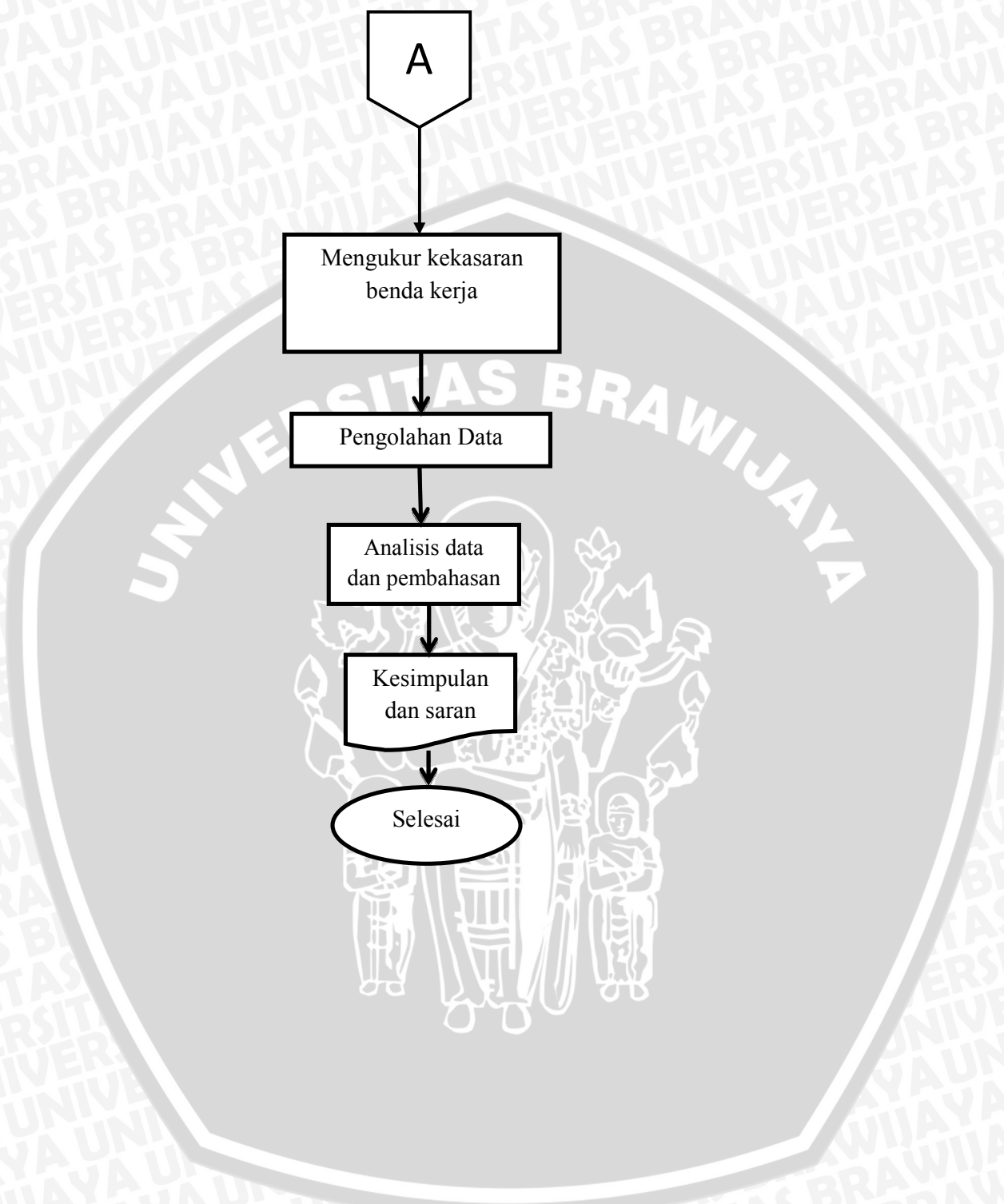
Keterangan:

X = Kekasaran Permukaan

X_{ijk} = Data Kekasaran permukaan pada variasi sudut potong mayor pahat ke-i dan *depth of cut* ke-j serta ulangan ke-k

3.10 Diagram alir penelitian





BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan data kekasaran permukaan hasil proses pembubutan lurus untuk setiap variasi sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Pengambilan data kekasaran permukaan menggunakan alat ukur *surface roughness tester*. Nilai kekasaran permukaan adalah kekasaran rata-rata aritmatik (*roughness arithmetic*). Untuk nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmatik dapat di lihat pada tabel 4.1 dan untuk nilai rata-rata kekasaran permukaan rata-rata aritmatik dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (μm).

No	Sudut potong mayor ($^{\circ}$)	Spesimen	<i>Depth of cut</i> (mm)	<i>Roughness</i> (μm)
1	30	1	0,5	1,63
		2		1,70
		3		1,68
		4	1	1,74
		5		1,73
		6		1,72
		7	1,5	1,76
		8		1,81
		9		1,84
2	45	10	0,5	2,08
		11		2,10
		12		2,07
		13	1	2,16
		14		2,16
		15		2,13
		16	1,5	2,31
		17		2,31
		18		2,30

No	Sudut potong mayor ($^{\circ}$)	Spesimen	Depth of cut (mm)	Roughness(μm)
3	60	19	0,5	2,42
		20		2,30
		21		2,51
		22	1	2,62
		23		2,64
		24		2,63
		25	1,5	2,69
		26		2,72
		27		2,71
4	75	28	0,5	2,66
		29		2,69
		30		2,67
		31	1	2,75
		32		2,80
		33		2,80
		34	1,5	3,02
		35		3,02
		36		2,99
5	90	37	0,5	3,65
		38		3,65
		39		3,62
		40	1	3,71
		41		3,76
		42		3,77
		43	1,5	3,91
		44		3,90
		45		3,90

Tabel 4.2 Nilai rata-rata kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (μm).

Sudut potong mayor ($^{\circ}$)	Roughness (μm)		
	Depth of cut 0,5 mm	Depth of cut 1,0 mm	Depth of cut 1,5 mm
30	1,67	1,73	1,80
45	2,09	2,15	2,30
60	2,41	2,63	2,71
75	2,67	2,78	3,01
90	3,64	3,75	3,90

4.2 Interval Penduga

Pada penelitian ini, langkah awal dalam pengolahan data adalah melakukan metode uji t terlebih dahulu, dengan tujuan untuk mengetahui adanya nilai data yang didapat dari kesalahan dalam pengujian kekasaran permukaan.

Tabel 4.3 Interval Penduga Kekasaran Permukaan Benda Kerja (μm)

Sudut potong Mayor ($^{\circ}$)	Roughness (μm)		
	Depth of cut 0.5 mm	Depth of cut 1.0 mm	Depth of cut 1.5 mm
30	$1,5804 < x < 1,7596$	$1,7052 < x < 1,7548$	$1,7029 < x < 1,9037$
45	$2,0454 < x < 2,1213$	$2,1070 < x < 2,1930$	$2,2923 < x < 2,3210$
60	$2,1483 < x < 2,6717$	$2,6052 < x < 2,6548$	$2,6687 < x < 2,7446$
75	$2,6354 < x < 2,7113$	$2,7116 < x < 2,8550$	$2,9670 < x < 3,0530$
90	$3,5970 < x < 3,6830$	$3,6668 < x < 3,8265$	$3,8889 < x < 3,9176$

Berdasarkan hasil dari uji t pada tabel 4.3 diketahui bahwa seluruh data yang diperoleh dari pengujian kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra) pada benda kerja terletak dalam *range* interval penduga dengan tingkat keyakinan 95%.

4.3 Pengolahan Data Hasil Penelitian

4.3.1 Menentukan gaya potong teoritis.

Dari perhitungan gaya potong teoritis maka akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Gaya potong teoritis

Sudut Mayor ($^{\circ}$)	Depth of cut (mm)	hc (mm)	h (mm)	Δh	$\phi (^{\circ})$	F_V (N)
30	0,5	0,200	0,070	2,857	20,152	45,066
	1	0,190	0,070	2,714	21,187	87,046
	1,5	0,210	0,070	3,000	19,210	139,949
45	0,5	0,290	0,099	2,929	19,666	45,861
	1	0,280	0,099	2,828	20,354	89,502
	1,5	0,300	0,099	3,030	19,021	140,970
60	0,5	0,360	0,120	3,000	19,210	46,650
	1	0,350	0,120	2,917	19,749	91,443
	1,5	0,370	0,120	3,083	18,699	142,768
75	0,5	0,410	0,135	3,037	18,980	47,066
	1	0,400	0,135	2,963	19,446	92,471
	1,5	0,430	0,135	3,185	18,108	146,255
90	0,5	0,430	0,140	3,071	18,770	47,454
	1	0,430	0,140	3,071	18,770	94,909
	1,5	0,450	0,140	3,214	17,946	147,260

1. Untuk sudut mayor 30° .

a. Depth of cut 0,5 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{2,857 - \sin 10} = 0,367$$

$$\phi = 20,152^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{0,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 20,152 \cdot \cos(20,152 + 25 - 10)} = 45,066 \text{ N}$$

b. Depth of cut 1 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{2,714 - \sin 10} = 0,388$$

$$\phi = 21,187^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 21,187 \cdot \cos(21,187+25-10)} = 87,046 \text{ N}$$

c. *Depth of cut* 1,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3 - \sin 10} = 0,348$$

$$\phi = 19,210^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 19,210 \cdot \cos(19,210+25-10)} = 139,949 \text{ N}$$

4.3.2 Menentukan Kekasaran permukaan maksimal teoritis.

Dari perhitungan kekasaran permukaan rata-rata teoritis akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.4. Sedangkan untuk luasan pahat yang mengalami kontak dengan benda kerja dapat di lihat pada tabel 4.5

Tabel 4.4 Kekasaran Permukaan rata-rata teoritis

Sudut ($^\circ$)	30	45	60	75	90
Ra (mm)	0,0064054	0,0073964	0,0081218	0,0087500	0,0093782

Sudut 30°

$$R_a = \frac{0,14}{4 \cdot \left(\frac{1}{\tan 30} + \frac{1}{\tan 15} \right)} = 0,0064054 \text{ mm}$$

Tabel 4.5 Luasan pahat yang mengalami kontak dengan benda kerja

Sudut ($^\circ$)	30	45	60	75	90
Luas (mm^2)	0,0002242	0,0002589	0,0002843	0,0003063	0,0003282

Luasan pahat sudut 30°

$$L = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t$$

$$L = \frac{1}{2} \cdot \frac{f}{2} \cdot R_a$$

$$L = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,14}{2} \cdot 0,0064054 = 0,0002242 \text{ mm}^2$$

4.3.3 Anova

Hipotesa:

Ho : Tidak ada pengaruh antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan benda kerja

H1 : Ada pengaruh antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan benda kerja

Data statistika induk dapat kita lihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data statistika induk perhitungan Anova Kekasaran Permukaan Rata-rata (μm)

Variabel		Pengulangan	Depth of cut (mm)			Total Baris
			0,5	1	1,5	
Sudut Potong Mayor Pahat ($^{\circ}$)	30 $^{\circ}$	1.	1,63	1,74	1,76	15,61
		2.	1,70	1,73	1,81	
		3.	1,68	1,72	1,84	
	Jumlah		5,01	5,19	5,41	
	45 $^{\circ}$	1.	2,08	2,16	2,31	19,62
		2.	2,10	2,16	2,31	
		3.	2,07	2,13	2,30	
	Jumlah		6,26	6,45	6,91	
	60 $^{\circ}$	1.	2,42	2,62	2,69	23,24
		2.	2,30	2,64	2,72	
		3.	2,51	2,63	2,71	
	Jumlah		7,23	7,89	8,13	
	75 $^{\circ}$	1.	2,66	2,75	3,02	25,39
		2.	2,69	2,80	3,02	
		3.	2,67	2,80	2,99	
	Jumlah		8,01	8,35	9,03	
90 $^{\circ}$	1.	3,65	3,71	3,91	33,86	
	2.	3,65	3,76	3,90		
	3.	3,62	3,77	3,90		
Jumlah		10,92	11,24	11,71		
Jumlah total			37,43	39,11	41,19	117,73

$$JK_T = 329,48 - \frac{13860,3529}{45} = 21,476$$

$$JK_A = \left(\frac{2960,9}{9} \right) - \frac{13860,529}{45} = 20,914$$

$$JK_B = \left(\frac{4627,20}{15} \right) - \frac{13860,529}{45} = 0,472$$

$$JK_{AB} = \left(\frac{988,3515}{3} \right) - \left(\frac{13860,529}{45} \right) - 20,91 - 0,47 = 0,0568$$

$$JK_D = 21,476 - 20,914 - 0,472 - 0,0568 = 0,033$$

$$db_A \text{ (BARIS)} = 5 - 1 = 4$$

$$db_B \text{ (KOLOM)} = 3 - 1 = 2$$

$$db_{AB} \text{ (INTERAKSI)} = 4 \cdot 2 = 8$$

$$db_D \text{ (RESIDU)} = 45 - (5 \cdot 3) = 45 - 15 = 30$$

$$db_T \text{ (TOTAL)} = 45 - 1 = 44$$

$$KR_A = \frac{20,914}{4} = 5,23$$

$$KR_B = \frac{0,472}{2} = 0,236$$

$$KR_{AB} = \frac{0,0568}{8} = 0,0071$$

$$KR_D = \frac{0,033}{30} = 0,0011$$

$$F_A = \frac{5,23}{0,0011} = 4700,365$$

$$F_B = \frac{0,236}{0,0011} = 212,2129$$

$$F_{AB} = \frac{0,0071}{0,0011} = 6,38657$$

$$\alpha : 0,05$$

$$F_{A(\text{tabel})} = 2,69$$

$$F_{B(\text{tabel})} = 3,32$$

$$F_{AB(\text{tabel})} = 2,27$$

Dari perhitungan statistik menggunakan analisa varian dua arah, maka akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.7.



Tabel 4.7 Analisa Varian Dua Arah Kekasaran Permukaan Rata-rata

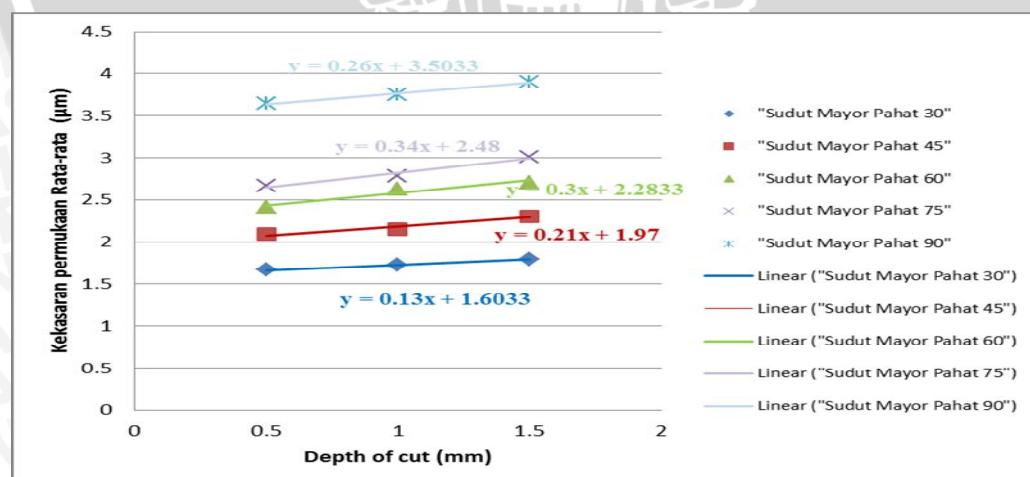
SK	JK	Derajat bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	f hitung	f tabel
Sudut Pahat	20,914	4	5,23	4700,365	2,69
Depth of cut	0,472	2	0,236	212,2129	3,32
interaksi (SD)	0,0568	8	0,0071	6,38657	2,27
Galat	0,033	30	0,0011		
Total	21,476	44			

Kesimpulan:

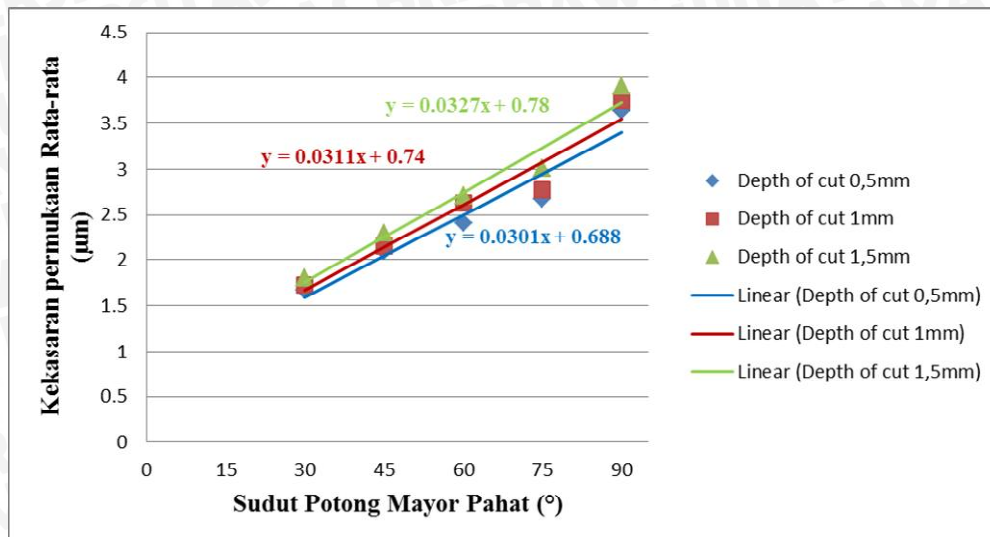
- $F_A (\text{hitung}) > F_A (\text{tabel})$ atau $4700,036 > 2,69$. Karena harga $F_A (\text{hitung})$ lebih besar dari $F_A (\text{tabel})$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada pengaruh antara sudut potong mayor pahat terhadap kekasaran permukaan benda kerja.
- $F_B (\text{hitung}) > F_B (\text{tabel})$ atau $212,2129 > 23,32$. Karena harga $F_B (\text{hitung})$ lebih besar dari $F_B (\text{tabel})$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada pengaruh antara *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan benda kerja.
- $F_{AB} (\text{hitung}) > F_{AB} (\text{tabel})$ atau $6,38657 > 2,27$. Karena harga $F_{AB} (\text{hitung})$ lebih besar dari $F_{AB} (\text{tabel})$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada interaksi pengaruh antara sudut potong mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Grafik interaksi sudut potong mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata.



Gambar 4.1(a) Grafik interaksi *depth of cut* dan sudut potong mayor pahat terhadap kekasaran permukaan rata-rata.

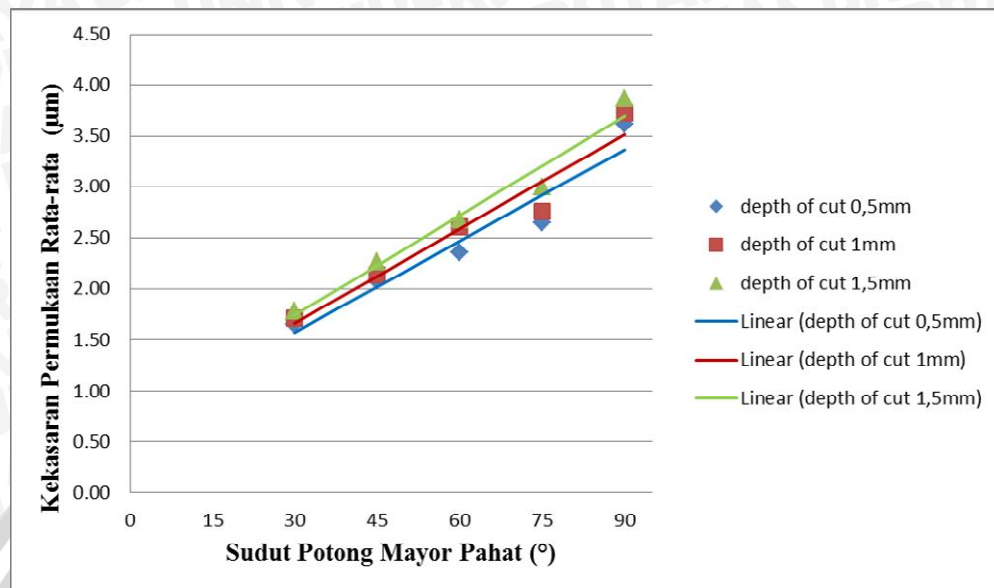


Gambar 4.1(b) Grafik interaksi sudut potong mayor dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan

Gambar 4.1 menunjukkan hubungan interaksi antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran benda kerja. Pada gambar 4.1(a), grafik sudut mayor pahat 30° mempunyai persamaan garis $y=0,13x+1,6033$ sehingga mempunyai kemiringan sebesar 0,13. Grafik sudut mayor pahat 45° mempunyai persamaan garis $y=0,21x+1,97$ sehingga mempunyai kemiringan sebesar 0,21. Grafik sudut mayor pahat 60° mempunyai persamaan garis $y=0,3x+2,2833$ sehingga mempunyai kemiringan sebesar 0,3. Grafik sudut mayor pahat 75° mempunyai persamaan garis $y=0,34x+2,48$ sehingga mempunyai kemiringan sebesar 0,34. Grafik sudut mayor pahat 90° mempunyai persamaan garis $y=0,26x+3,5033$ sehingga mempunyai kemiringan sebesar 0,26. Karena kelima garis mempunyai kemiringan yang berbeda (garis tidak sejajar) maka suatu saat kelima garis tersebut akan saling berpotongan. Dengan demikian maka ada interaksi tetapi tidak signifikan. Pada gambar 4.1(b), grafik *depth of cut* 0,5 mm mempunyai persamaan garis $y=0,0311x+0,74$ sehingga mempunyai kemiringan sebesar 0,0311. Sedangkan grafik *depth of cut* 1 mm memiliki persamaan garis $y=0,0301x+0,688$ sehingga memiliki kemiringan sebesar 0,0301 dan grafik *depth of cut* 1,5 mm mempunyai persamaan garis $y=0,0322x+0,78$ sehingga memiliki kemiringan 0,0322. Karena ketiga garis mempunyai kemiringan yang berbeda (garis tidak sejajar) maka suatu saat ketiga garis tersebut akan saling berpotongan. Dengan demikian maka ada interaksi tetapi tidak signifikan. Dari gambar 4.1a dan 4.1 b dapat kita simpulkan bahwa ada interaksi sudut mayor dan *depth of cut* terhadap kekasaran benda kerja tetapi tidak signifikan.

4.4.2 Grafik Hubungan Antara Sudut Potong Mayor dan *Depth of Cut* Terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata pada Setiap Titik

a. Titik 1 (Ujung)



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata di ujung

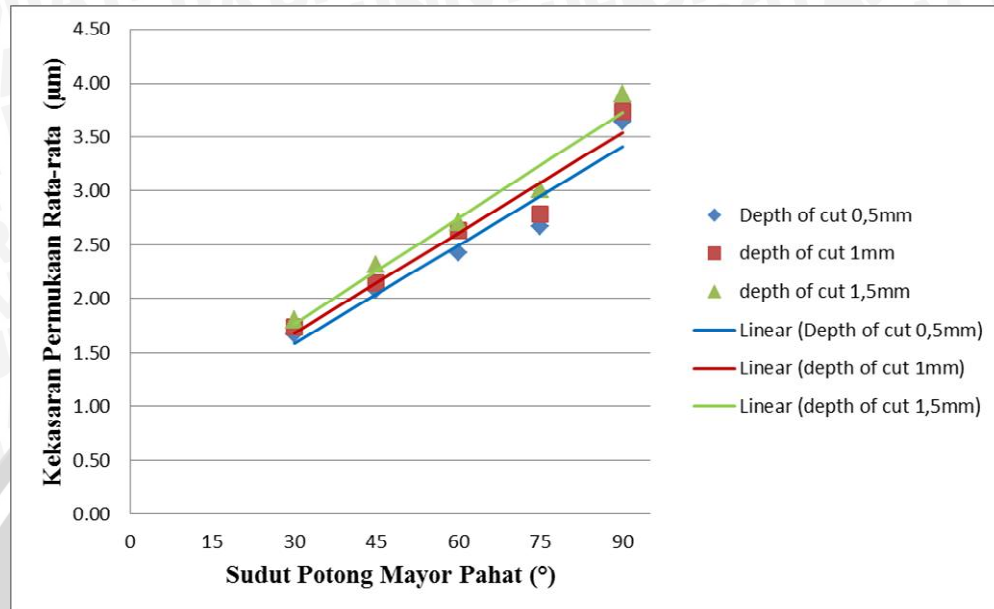
Gambar 4.2 diatas menunjukkan grafik hubungan antara sudut potong mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan di titik 1 (ujung). Titik pengujian 1 terletak pada jarak 65 mm dari ujung *chuck*. Besarnya sudut mayor pahat dan *depth of cut* saat proses pembubutan memberikan pengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan.

Pada *depth of cut* 0,5mm, sudut mayor 30⁰ mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,64µm, kemudian mengalami kenaikan pada sudut mayor 45⁰ sebesar 2,07 µm, begitu juga pada sudut mayor 60⁰ yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 2,36 µm, pada sudut mayor 75⁰ sebesar 2,64 µm dan pada sudut mayor 90⁰ sebesar 3,61 µm. Grafik *depth of cut* 0,5 mm menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut potong mayor pahat pada proses pembubutan. Dan begitu juga dengan grafik *depth of cut* 1 dan 1.5 mm.

Pada sudut potong mayor 30⁰ dapat kita lihat bahwa nilai kekasaran permukaan pada *depth of cut* 0,5mm sebesar 1,64µm dan kekasaran permukaan pada *depth of cut* 1mm sebesar 1,71µm serta kekasaran permukaan pada *depth of cut* 1,5mm sebesar 1,78µm. Sehingga pada gambar 4.2 dapat kita lihat bahwa semakin besar *depth of cut*

maka kekasaran permukaan meningkat pula. Begitu juga pada sudut potong 45° , 60° , 75° , dan 90° .

b. Titik 2 (Tengah)



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata di tengah

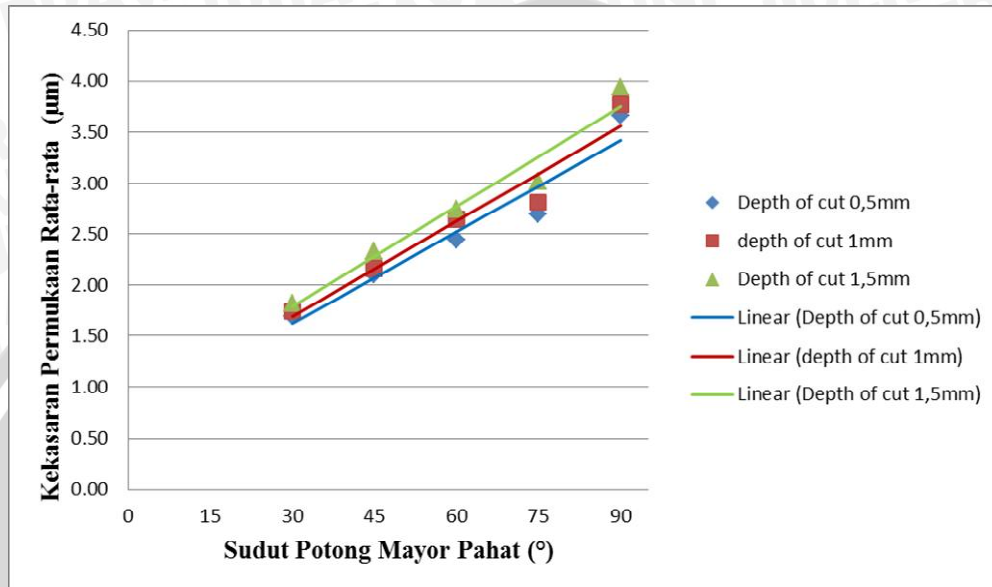
Gambar 4.3 diatas menunjukkan grafik hubungan antara sudut potong mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan di titik 2 (tengah). Titik pengujian 2 terletak pada jarak 48 mm dari ujung *chuck*. Besarnya sudut mayor pahat dan *depth of cut* saat proses pembubutan memberikan pengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan.

Pada *depth of cut* 0,5mm, sudut mayor 30° mempunyai kekasaran permukaan sebesar $1,67\mu\text{m}$, kemudian mengalami kenaikan pada sudut mayor 45° sebesar $2,08\mu\text{m}$, begitu juga pada sudut mayor 60° yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar $2,43\mu\text{m}$, pada sudut mayor 75° sebesar $2,68\mu\text{m}$ dan pada sudut mayor 90° sebesar $3,65\mu\text{m}$. Grafik *depth of cut* 0,5 mm menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut potong mayor pahat pada proses pembubutan. Dan begitu juga dengan grafik *depth of cut* 1 dan 1.5 mm.

Pada sudut potong mayor 30° dapat kita lihat bahwa nilai kekasaran permukaan pada *depth of cut* 0,5mm sebesar $1,67\mu\text{m}$ dan kekasaran permukaan pada *depth of cut*

1mm sebesar 1,73 μm serta kekasaran permukaan pada *depth of cut* 1,5mm sebesar 1,81 μm . Sehingga pada gambar 4.3 dapat kita lihat bahwa semakin besar *depth of cut* maka kekasaran permukaan meningkat pula. Begitu juga pada sudut potong 45⁰, 60⁰, 75⁰, dan 90⁰.

c. Titik 3 (Pangkal)



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata di Pangkal

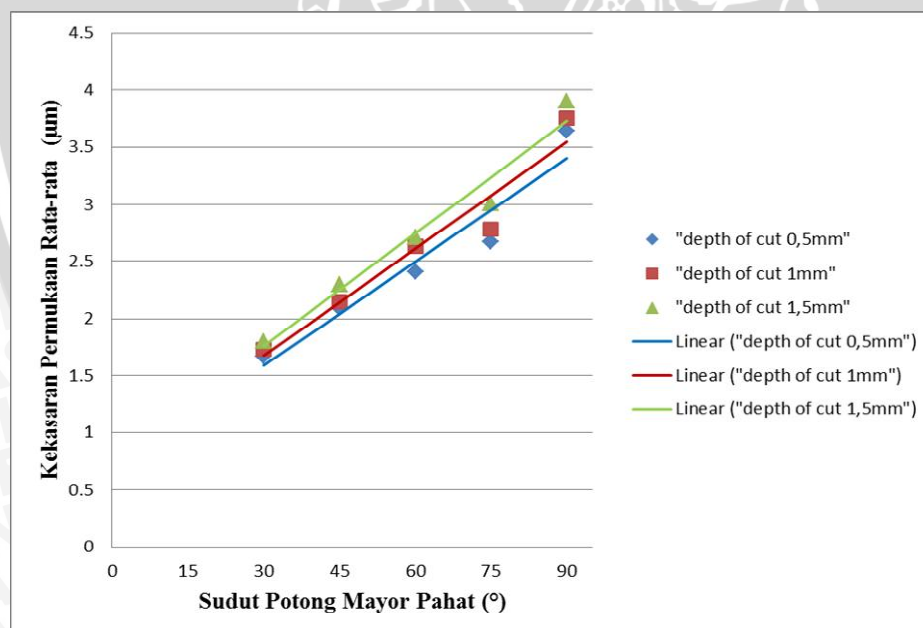
Gambar 4.4 diatas menunjukkan grafik hubungan antara sudut potong mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan di titik 3 (pangkal). Titik pengujian 3 terletak pada jarak 30 mm dari ujung *chuck*. Besarnya sudut mayor pahat dan *depth of cut* saat proses pembubutan memberikan pengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan.

Pada *depth of cut* 0,5mm, sudut mayor 30⁰ mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,7 μm , kemudian mengalami kenaikan pada sudut mayor 45⁰ sebesar 2,11 μm , begitu juga pada sudut mayor 60⁰ yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 2,44 μm , pada sudut mayor 75⁰ sebesar 2,69 μm dan pada sudut mayor 90⁰ sebesar 3,66 μm . Grafik *depth of cut* 0,5 mm menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut potong mayor pahat pada proses pembubutan. Dan begitu juga dengan grafik *depth of cut* 1 dan 1.5 mm.

Pada sudut potong mayor 30° dapat kita lihat bahwa nilai kekasaran permukaan pada *depth of cut* 0,5mm sebesar $1,70\mu\text{m}$ dan kekasaran permukaan pada *depth of cut* 1mm sebesar $1,75\mu\text{m}$ serta kekasaran permukaan pada *depth of cut* 1,5mm sebesar $1,83\mu\text{m}$. Sehingga pada gambar 4.4 dapat kita lihat bahwa semakin besar *depth of cut* maka kekasaran permukaan meningkat pula. Begitu juga pada sudut potong 45° , 60° , 75° , dan 90° .

Dari ketiga grafik hubungan antara sudut potong mayor dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata pada setiap titik di atas dapat kita lihat bahwa terjadi peningkatan kekasaran permukaan. Nilai kekasaran tertinggi dapat terlihat pada titik 3 (Pangkal) dan nilai kekasaran menurun pada titik 2 (Tengah) dan nilai kekasaran terendah terdapat pada titik 1 (ujung). Hal ini disebabkan karena jarak pada ujung benda kerja yang dijepit *chuck* terhadap titik pengujian mengalami perbedaan. Jika semakin kecil jarak titik pengujian terhadap *chuck* maka semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk memotong benda kerja tersebut. Semakin besar gaya potong mengakibatkan deformasi semakin besar pula, sehingga benda kerja pun semakin kasar.

4.4.3 Grafik Hubungan Antara Sudut Potong Mayor Terhadap Kekasaran Permukaan Rata-Rata.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara sudut potong mayor pahat terhadap kekasaran permukaan rata-rata.

Gambar 4.5 diatas menunjukkan grafik hubungan antara sudut potong mayor pahat terhadap kekasaran permukaan. Besarnya sudut mayor pahat saat proses pembubutan memberikan pengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan.

Pada *depth of cut* 0,5mm, sudut mayor 30⁰ mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,67µm, kemudian mengalami kenaikan pada sudut mayor 45⁰ sebesar 2,09 µm, begitu juga pada sudut mayor 60⁰ yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 2,41 µm, pada sudut mayor 75⁰ sebesar 2,67 µm dan pada sudut mayor 90⁰ sebesar 3,64 µm. Grafik *depth of cut* 0,5 mm menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut potong mayor pahat pada proses pembubutan.

Pada *depth of cut* 1mm, sudut mayor 30⁰ mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,73µm, kemudian mengalami kenaikan pada sudut mayor 45⁰ sebesar 2,15 µm, begitu juga pada sudut mayor 60⁰ yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 2,63 µm, pada sudut mayor 75⁰ sebesar 2,78 µm dan pada sudut mayor 90⁰ sebesar 3,75 µm. Grafik *depth of cut* 1 mm menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut potong mayor pahat pada proses pembubutan.

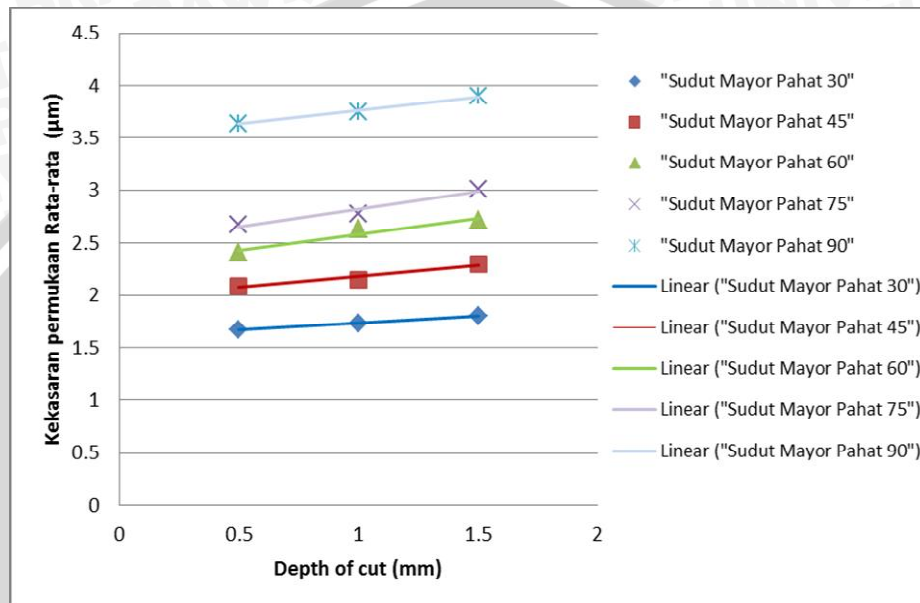
Pada *depth of cut* 1,5 mm, sudut mayor 30⁰ mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,8µm, kemudian mengalami kenaikan pada sudut mayor 45⁰ sebesar 2,3 µm, begitu juga pada sudut mayor 60⁰ yang memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 2,71 µm, pada sudut mayor 75⁰ sebesar 3,01 dan pada sudut mayor 90⁰ sebesar 3,9 µm. Grafik *depth of cut* 1,5 mm menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut potong mayor pahat pada proses pembubutan.

Pada *depth of cut* 0,5 mm dapat kita lihat pada sudut 30⁰ sampai 90⁰ mempunyai interval kenaikan yang tidak sama. Pada sudut 30⁰ sampai 60⁰ mempunyai interval kenaikan kekasaran permukaan rata-rata yang relatif sama, tetapi pada sudut 75⁰ kenaikan kekasaran permukaan sedikit. Pada sudut 90⁰ kenaikan kekasaran permukaan besar. Hal ini karena pada persamaan 2.20, nilai interval kenaikan dari cot sudut 30⁰, 45⁰, 60⁰, 75⁰ dan 90⁰ tidak sama sehingga interval kenaikannya pun berbeda. Hal ini terjadi juga pada *depth of cut* 1mm dan *depth of cut* 1,5 mm.

Gambar 4.5 menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya sudut mayor pahat pada proses

pembubutan. Hal ini dikarenakan sudut potong mayor pahat yang semakin besar maka luasan pahat yang mengalami kontak dengan benda kerja semakin besar (dapat dilihat pada tabel 4.5) sehingga nilai kekasaran permukaan rata-rata yang dihasilkan semakin besar.

4.4.4 Grafik Hubungan Antara *Depth of Cut* Terhadap Kekasaran Permukaan Rata-Rata.



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata

Pada gambar 4.6 di atas menunjukkan grafik hubungan antara sudut mayor pahat dan *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan rata-rata. Besarnya *depth of cut* saat proses pembubutan memberikan pengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan.

Pada grafik sudut potong pahat 30° , *depth of cut* 0,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,67 μm , kemudian pada *depth of cut* 1mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,73 μm , Sedangkan *depth of cut* 1,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 1,80 μm . Grafik sudut potong mayor pahat 30° menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses pembubutan.

Pada grafik sudut potong pahat 45° , *depth of cut* 0,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,09 μm , kemudian pada *depth of cut* 1mm mempunyai kekasaran

permukaan sebesar 2,15 μm , Sedangkan *depth of cut* 1,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,30 μm . Grafik sudut potong mayor pahat 45⁰ menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses pembubutan.

Pada grafik sudut potong pahat 60⁰, *depth of cut* 0,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,41 μm , kemudian pada *depth of cut* 1mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,63 μm , Sedangkan *depth of cut* 1,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,71 μm . Grafik sudut potong mayor pahat 60⁰ menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses pembubutan.

Pada grafik sudut potong pahat 75⁰, *depth of cut* 0,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,67 μm , kemudian pada *depth of cut* 1mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 2,78 μm , Sedangkan *depth of cut* 1,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 3,01 μm . Grafik sudut potong mayor pahat 75⁰ menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses pembubutan.

Pada grafik sudut potong pahat 90⁰, *depth of cut* 0,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 3,64 μm , kemudian pada *depth of cut* 1mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 3,75 μm , Sedangkan *depth of cut* 1,5 mm mempunyai kekasaran permukaan sebesar 3,90 μm . Grafik sudut potong mayor pahat 90⁰ menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses pembubutan.

Gambar 4.6 menunjukkan kecenderungan nilai kekasaran permukaan yang semakin meningkat dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses pembubutan. Semakin tinggi *depth of cut* maka kekasaran permukaan benda kerja semakin meningkat. *Depth of cut* berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pembubutan. Hal ini dikarenakan adanya perubahan luas penampang *chip* sehingga gaya pemotongan pun berubah. Jika *depth of cut* semakin besar maka luas penampang *chip* yang dihasilkan akan meningkat yang mengakibatkan gaya pemotongan semakin besar. Karena gaya pemotongan besar maka deformasi yang terjadi semakin besar sehingga benda kerja semakin kasar. Hal ini sesuai dengan persamaan kekasaran permukaan rata-rata pada lampiran 8.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sudut potong mayor pahat yang semakin besar maka luasan pahat yang mengalami kontak dengan benda kerja semakin besar sehingga nilai kekasaran permukaan rata-rata yang dihasilkan semakin besar.
2. Semakin tinggi kedalaman pemotongan (*depth of cut*) maka besar luasan geram semakin meningkat yang mengakibatkan gaya pemotongan semakin besar. Jika gaya potong semakin besar maka deformasi yang terjadi semakin besar sehingga hasil dari suatu produk tersebut semakin kasar.
3. Nilai kekasaran terendah didapat pada variasi sudut potong mayor pahat 30° dan *depth of cut* 0,5 mm sebesar $1,67\mu\text{m}$. Sedangkan kekasaran tertinggi didapat pada variasi sudut potong mayor pahat 90° dan *depth of cut* 1,5 mm sebesar $3,9\mu\text{m}$.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh sudut potong mayor pahat dan kedalaman pemotongan terhadap gaya yang terjadi selama proses pemotongan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh radius pojok pahat dan *feeding* terhadap gaya dan kekasaran permukaan benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Boothroyd, Geoffrey. 1981. *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. Washington D.C: Scripta Book Company.
- Maslov, D., Danilevsky, V. & Sasov, V. 1967. *Engineering Manufacturing Processes in Machine and Assembly Shops*. Terjemahan Nicholas Weinstein. Moscow: Mir Publishers.
- Munadi, Sudji. 1988. *Dasar-dasar metrologi*. Jakarta: Proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan
- Riduwan. 2010. *Dasar – Dasar Statistika*, Bandung: Alfabeta
- Rochim, Taufiq. 1985. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Jakarta: Higher Education Development Support Project
- Rochim, Taufiq. 2001. *Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB Bandung
- R.W. Heine. 1967. *Principle of Metal Casting*. New Delhi: Tata McGraw_Hill Publishing Company.
- Sita Rama Raju K. 2012. *Prediction of surface roughness in turning process using soft computing techniques*.
www.ijaser.com/articles/vol1issue12012/vol1issue1/JASER120004.pdf. (diakses 25 maret 2013)
- Suhardjono. 2005. *The effect of lead angle on vibration and on surface roughness of turning process clamped by chuck without tailstock support*.
www.iptek.its.ac.id/file/paper%2520suhardjono-SP-HS.pdf. (diakses 25 maret 2013)
- Surdia, Tata. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita
- Thien Nga Ting, Sheila. 2009. *Effect of Cutting Speed and Depth of Cut on Surface Roughness of Mild Steel in Turning Operation*.
http://umpir.ump.edu.my/822/1/Thien%202C_Shiela_Nga_Ting.pdf. (diakses 25 maret 2013).
- Widarto, Sentot B., Wijanarka, Sutopo, Paryanto. 2008. *Teknik Pemesinan*, Jakarta : Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.

Tabel uji T

α Untuk Uji Dua Pihak						
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
dk	α Untuk Uji Satu Pihak					
	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,178	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,132	2,623	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,360
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

HARGA DISTRIBUSI F

Baris atas untuk 5%
Baris bawah untuk 1%

V _z - dk penyebut	V ₁ - dk pembilang																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞	
1	181	200	218	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	248	248	250	251	252	253	253	254	254	
2	4.052	4.989	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.981	6.022	6.058	6.092	6.109	6.142	6.169	6.208	6.234	6.258	6.288	6.302	6.223	6.334	6.352	6.361	6.368	
3	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.36	19.37	19.38	19.39	19.40	19.41	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.47	19.48	19.49	19.49	19.50	19.50	
4	98.49	99.01	99.17	99.25	99.30	99.33	99.34	99.38	99.38	99.40	99.41	99.42	99.43	99.44	99.45	99.46	99.47	99.48	99.48	99.49	99.49	99.50	99.50	99.50	
5	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78	8.78	8.74	8.71	8.69	8.66	8.64	8.62	8.60	8.58	8.57	8.56	8.54	8.54	8.53	
6	34.12	30.81	29.48	28.71	28.24	27.91	27.87	27.49	27.34	27.23	27.15	27.05	26.92	26.83	26.80	26.80	26.50	26.41	26.30	26.27	26.23	26.18	26.14	26.12	
7	7.71	8.94	8.58	8.39	8.28	8.18	8.08	8.04	8.00	7.98	7.93	7.92	7.91	7.90	7.88	7.87	7.84	7.81	7.79	7.77	7.75	7.73	7.72	7.71	
8	21.20	18.00	16.66	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.54	14.45	14.37	14.24	14.15	14.02	13.93	13.83	13.74	13.69	13.61	13.57	13.52	13.48	13.46	
9	6.61	5.78	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.78	4.74	4.70	4.68	4.64	4.60	4.58	4.53	4.50	4.46	4.44	4.42	4.40	4.38	4.37	4.36	
10	16.28	13.27	12.06	11.39	10.87	10.67	10.45	10.27	10.15	10.05	9.96	9.88	9.77	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.24	9.17	9.13	9.07	9.04	9.02	
11	5.88	5.14	4.78	4.53	4.38	4.28	4.21	4.15	4.10	4.08	4.03	4.00	3.98	3.92	3.87	3.84	3.81	3.77	3.75	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	
12	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.60	7.52	7.39	7.31	7.23	7.14	7.08	7.02	6.98	6.94	6.90	6.88	
13	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.63	3.60	3.57	3.52	3.49	3.44	3.41	3.38	3.34	3.32	3.29	3.28	3.25	3.24	3.23	
14	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	7.00	6.84	6.71	6.62	6.54	6.47	6.35	6.27	6.15	6.07	5.98	5.90	5.85	5.78	5.75	5.70	5.67	5.65	
15	5.32	4.48	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.34	3.31	3.28	3.23	3.20	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96	2.94	2.93	
16	11.28	8.95	7.59	7.01	6.63	6.37	6.19	6.03	5.91	5.82	5.74	5.67	5.56	5.48	5.36	5.28	5.20	5.11	5.08	5.00	4.98	4.91	4.88	4.86	
17	5.12	4.28	3.88	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.10	3.07	3.02	2.98	2.92	2.90	2.86	2.82	2.80	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	
18	10.58	8.02	6.88	6.42	6.08	5.80	5.62	5.47	5.35	5.28	5.18	5.11	5.00	4.92	4.80	4.73	4.64	4.56	4.51	4.45	4.41	4.36	4.33	4.31	
19	4.86	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.97	2.94	2.91	2.88	2.82	2.77	2.74	2.70	2.67	2.64	2.61	2.58	2.56	2.54	2.54	
20	10.04	7.58	6.55	5.98	5.64	5.38	5.21	5.08	4.95	4.85	4.78	4.71	4.60	4.52	4.41	4.33	4.25	4.17	4.12	4.05	4.01	3.96	3.93	3.91	
21	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.08	3.01	2.95	2.90	2.86	2.82	2.78	2.74	2.70	2.65	2.61	2.57	2.53	2.50	2.47	2.45	2.42	2.41	2.40	
22	9.95	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.98	4.74	4.63	4.54	4.48	4.40	4.29	4.21	4.10	4.02	3.94	3.86	3.80	3.74	3.70	3.68	3.62	3.60	
23	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.92	2.85	2.80	2.78	2.72	2.69	2.64	2.60	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30	
24	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.65	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.05	3.98	3.88	3.78	3.70	3.61	3.58	3.48	3.46	3.41	3.38	3.36	
25	4.07	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.84	2.77	2.72	2.67	2.63	2.60	2.55	2.51	2.46	2.42	2.38	2.34	2.32	2.28	2.26	2.24	2.22	2.21	
26	9.07	6.70	5.74	5.20	4.86	4.62	4.44	4.30	4.18	4.10	4.02	3.96	3.85	3.78	3.67	3.59	3.51	3.42	3.37	3.30	3.27	3.21	3.18	3.16	
27	4.00	3.74	3.34	3.11	2.99	2.89	2.77	2.70	2.65	2.60	2.56	2.53	2.48	2.44	2.39	2.35	2.31	2.27	2.24	2.21	2.19	2.18	2.14	2.13	
28	8.88	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.70	3.62	3.51	3.43	3.34	3.28	3.21	3.14	3.11	3.08	3.02	3.00	

v ₂ - dk pernyataan	v ₁ - dk pembang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
15	4.54	3.88	3.29	3.08	2.90	2.78	2.70	2.64	2.58	2.55	2.51	2.48	2.43	2.39	2.33	2.29	2.25	2.21	2.18	2.15	2.12	2.10	2.08	2.07
16	6.88	6.36	5.42	4.88	4.56	4.32	4.14	4.00	3.88	3.80	3.73	3.67	3.58	3.48	3.38	3.29	3.20	3.12	3.07	3.00	2.97	2.92	2.88	2.87
17	4.48	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.68	2.59	2.54	2.49	2.45	2.42	2.37	2.33	2.28	2.24	2.20	2.16	2.13	2.09	2.07	2.04	2.02	2.01
18	8.53	8.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.61	3.55	3.45	3.37	3.25	3.18	3.10	3.01	2.98	2.89	2.86	2.80	2.77	2.75
19	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.50	2.45	2.41	2.38	2.33	2.29	2.23	2.19	2.15	2.11	2.08	2.04	2.02	1.99	1.97	1.96
20	8.40	8.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.45	3.35	3.27	3.16	3.08	3.00	2.92	2.88	2.79	2.76	2.70	2.67	2.65
21	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.68	2.58	2.51	2.48	2.41	2.37	2.34	2.29	2.25	2.19	2.15	2.11	2.07	2.04	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92
22	8.28	8.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.85	3.71	3.60	3.51	3.44	3.37	3.27	3.19	3.07	3.00	2.91	2.83	2.78	2.71	2.68	2.62	2.59	2.57
23	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.55	2.48	2.43	2.38	2.34	2.31	2.26	2.21	2.15	2.11	2.07	2.02	2.00	1.96	1.94	1.91	1.90	1.88
24	8.18	7.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.19	3.12	3.00	2.92	2.84	2.78	2.70	2.63	2.60	2.54	2.51	2.49
25	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.52	2.45	2.40	2.35	2.31	2.28	2.23	2.18	2.12	2.08	2.04	1.99	1.96	1.92	1.90	1.87	1.85	1.84
26	8.10	7.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.71	3.58	3.47	3.37	3.30	3.23	3.13	3.05	2.94	2.88	2.77	2.69	2.63	2.56	2.53	2.47	2.44	2.42
27	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.20	2.15	2.09	2.05	2.00	1.98	1.93	1.89	1.87	1.84	1.82	1.81
28	8.02	7.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.65	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.07	2.98	2.88	2.80	2.72	2.63	2.58	2.51	2.47	2.42	2.38	2.36
29	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.47	2.40	2.35	2.30	2.26	2.23	2.18	2.13	2.07	2.03	1.98	1.93	1.91	1.87	1.84	1.81	1.80	1.78
30	7.94	7.72	4.82	4.31	3.98	3.78	3.59	3.45	3.35	3.28	3.18	3.12	3.02	2.94	2.83	2.75	2.67	2.58	2.53	2.46	2.42	2.37	2.33	2.31
31	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.45	2.38	2.32	2.28	2.24	2.20	2.14	2.10	2.04	2.00	1.96	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.76
32	7.88	7.66	4.76	4.28	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	2.97	2.89	2.78	2.70	2.62	2.53	2.48	2.41	2.37	2.32	2.28	2.26
33	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.43	2.36	2.30	2.26	2.22	2.18	2.13	2.09	2.02	1.98	1.94	1.89	1.86	1.82	1.80	1.78	1.74	1.73
34	7.82	7.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.25	3.17	3.09	3.03	2.93	2.85	2.74	2.66	2.58	2.49	2.44	2.36	2.33	2.27	2.23	2.21
35	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.48	2.41	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.11	2.08	2.00	1.96	1.92	1.87	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.71
36	7.77	7.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.21	3.13	3.05	2.98	2.89	2.81	2.62	2.54	2.45	2.40	2.32	2.29	2.23	2.19	2.17	2.17
37	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.10	2.05	1.99	1.95	1.90	1.85	1.82	1.78	1.76	1.72	1.70	1.68
38	7.72	7.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.17	3.08	3.02	2.98	2.86	2.77	2.68	2.58	2.50	2.41	2.36	2.28	2.25	2.19	2.15	2.13
39	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.30	2.25	2.20	2.16	2.13	2.08	2.03	1.97	1.93	1.88	1.84	1.80	1.76	1.74	1.71	1.68	1.67
40	7.68	7.49	4.60	4.11	3.79	3.56	3.39	3.26	3.14	3.06	2.98	2.93	2.83	2.74	2.63	2.55	2.47	2.38	2.33	2.25	2.21	2.16	2.12	2.10
41	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.36	2.28	2.24	2.19	2.15	2.12	2.08	2.02	1.96	1.91	1.87	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.67	1.65
42	7.64	7.45	4.57	4.07	3.76	3.53	3.36	3.23	3.11	3.03	2.95	2.90	2.80	2.71	2.60	2.52	2.44	2.35	2.30	2.22	2.18	2.13	2.09	2.08
43	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.05	2.00	1.94	1.90	1.85	1.80	1.77	1.73	1.71	1.68	1.65	1.64
44	7.60	7.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.08	3.00	2.92	2.87	2.77	2.68	2.57	2.49	2.41	2.32	2.27	2.19	2.15	2.10	2.08	2.03
45	4.17	3.32	2.92	2.68	2.53	2.42	2.34	2.27	2.21	2.16	2.12	2.08	2.04	1.98	1.93	1.88	1.84	1.79	1.76	1.72	1.69	1.68	1.64	1.62
46	7.56	7.38	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.08	2.99	2.94	2.84	2.76	2.66	2.55	2.47	2.38	2.28	2.24	2.16	2.13	2.07	2.03	2.01
47	4.15	3.30	2.90	2.67	2.51	2.40	2.32	2.25	2.19	2.14	2.10	2.07	2.02	1.97	1.91	1.88	1.82	1.78	1.74	1.69	1.67	1.64	1.61	1.59
48	7.50	7.34	4.48	3.97	3.66	3.42	3.25	3.12	3.01	2.94	2.88	2.80	2.70	2.62	2.51	2.42	2.34	2.25	2.20	2.12	2.08	2.02	1.98	1.98
49	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.30	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.00	1.95	1.88	1.84	1.80	1.74	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.57
50	7.44	7.29	4.42	3.93	3.61	3.38	3.21	3.08	2.97	2.89	2.82	2.76	2.66	2.58	2.47	2.38	2.30	2.21	2.15	2.08	2.04	1.98	1.94	1.91

$v_2 - dk$ penyebut	$v_1 - dk$ pembilang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
36	4.11	3.28	2.80	2.60	2.48	2.38	2.28	2.21	2.15	2.10	2.08	2.03	1.99	1.93	1.87	1.82	1.78	1.72	1.68	1.65	1.62	1.59	1.56	1.55
38	7.39	5.25	4.38	3.88	3.58	3.35	3.18	3.04	2.94	2.86	2.78	2.72	2.62	2.54	2.43	2.35	2.28	2.17	2.12	2.04	2.00	1.94	1.87	1.87
40	4.10	3.25	2.85	2.62	2.48	2.35	2.26	2.19	2.14	2.08	2.05	2.02	1.98	1.92	1.85	1.80	1.76	1.71	1.67	1.63	1.60	1.57	1.54	1.53
42	7.35	5.21	4.34	3.86	3.54	3.32	3.15	3.02	2.91	2.82	2.75	2.68	2.59	2.51	2.40	2.32	2.22	2.14	2.08	2.00	1.97	1.90	1.84	1.84
44	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.07	2.04	2.00	1.95	1.90	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.61	1.59	1.55	1.53	1.51
46	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.88	2.80	2.73	2.66	2.58	2.48	2.37	2.29	2.20	2.11	2.05	1.97	1.94	1.88	1.84	1.81
48	4.07	3.22	2.83	2.58	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	1.99	1.94	1.89	1.82	1.78	1.73	1.68	1.64	1.60	1.57	1.51	1.54	1.51	1.48
50	7.27	5.15	4.28	3.80	3.49	3.28	3.10	2.98	2.86	2.77	2.70	2.61	2.54	2.48	2.35	2.25	2.17	2.08	2.02	1.94	1.91	1.85	1.80	1.78
55	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.92	1.88	1.81	1.76	1.72	1.68	1.63	1.58	1.56	1.52	1.50	1.48
60	7.24	5.12	4.26	3.78	3.48	3.24	3.07	2.94	2.84	2.75	2.68	2.62	2.52	2.44	2.32	2.24	2.15	2.08	2.00	1.92	1.88	1.82	1.78	1.75
65	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.14	2.09	2.04	2.00	1.97	1.91	1.87	1.80	1.75	1.71	1.65	1.62	1.57	1.54	1.51	1.48	1.48
70	7.21	5.10	4.24	3.76	3.44	3.22	3.05	2.92	2.82	2.73	2.68	2.60	2.50	2.42	2.30	2.22	2.13	2.04	1.98	1.90	1.86	1.80	1.76	1.72
80	4.04	3.19	2.80	2.56	2.41	2.30	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.90	1.86	1.79	1.74	1.70	1.64	1.61	1.58	1.53	1.50	1.47	1.45
100	7.18	5.08	4.22	3.74	3.42	3.20	3.04	2.90	2.80	2.71	2.64	2.58	2.48	2.40	2.28	2.20	2.11	2.02	1.98	1.88	1.84	1.78	1.73	1.70
125	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.28	2.20	2.13	2.07	2.02	1.98	1.95	1.90	1.85	1.78	1.71	1.68	1.63	1.60	1.55	1.52	1.48	1.46	1.44
150	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.18	3.02	2.88	2.78	2.70	2.62	2.56	2.46	2.38	2.26	2.18	2.10	2.00	1.91	1.86	1.82	1.76	1.71	1.68
200	1.02	3.17	2.78	2.51	2.38	2.27	2.17	2.10	2.01	1.98	1.97	1.93	1.88	1.83	1.76	1.72	1.67	1.61	1.58	1.52	1.50	1.46	1.43	1.41
400	7.12	5.01	4.16	3.68	3.37	3.15	2.98	2.83	2.75	2.68	2.59	2.53	2.43	2.33	2.23	2.15	2.00	1.98	1.90	1.82	1.78	1.71	1.66	1.61
600	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.23	2.17	2.10	2.01	1.98	1.95	1.92	1.86	1.81	1.75	1.70	1.63	1.59	1.58	1.50	1.48	1.44	1.41	1.39
800	7.08	4.98	4.13	3.65	3.31	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.40	2.32	2.20	2.12	2.03	1.93	1.87	1.79	1.71	1.68	1.63	1.60
1000	3.98	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.02	1.98	1.94	1.90	1.85	1.80	1.74	1.68	1.63	1.57	1.54	1.49	1.46	1.42	1.39	1.37
1500	7.04	4.95	4.10	3.62	3.34	3.08	2.83	2.70	2.60	2.54	2.47	2.37	2.30	2.18	2.09	2.00	1.90	1.84	1.76	1.71	1.64	1.60	1.58	1.56
2000	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.01	1.97	1.93	1.89	1.84	1.78	1.72	1.67	1.62	1.56	1.54	1.47	1.45	1.40	1.37	1.35
3000	7.01	4.92	4.08	3.60	3.28	3.07	2.81	2.77	2.67	2.59	2.51	2.45	2.35	2.28	2.15	2.07	1.98	1.88	1.82	1.74	1.68	1.63	1.58	1.53
4000	3.98	3.44	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	1.98	1.95	1.91	1.88	1.82	1.77	1.70	1.65	1.60	1.54	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32
5000	6.98	4.88	4.04	3.58	3.25	3.04	2.87	2.74	2.61	2.55	2.48	2.44	2.32	2.24	2.14	2.03	1.94	1.84	1.78	1.70	1.65	1.57	1.52	1.49
6000	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.18	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.79	1.75	1.68	1.63	1.57	1.51	1.48	1.42	1.36	1.34	1.30	1.28
7000	6.90	4.82	3.98	3.51	3.20	2.98	2.82	2.65	2.59	2.51	2.43	2.38	2.28	2.19	2.08	1.98	1.89	1.79	1.73	1.64	1.58	1.51	1.48	1.43
8000	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.77	1.72	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.39	1.36	1.31	1.27	1.25
9000	6.84	4.78	3.94	3.47	3.17	2.95	2.78	2.65	2.56	2.47	2.40	2.33	2.23	2.15	2.03	1.94	1.85	1.75	1.68	1.59	1.54	1.46	1.40	1.37
10000	3.91	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.76	1.71	1.64	1.59	1.54	1.47	1.44	1.38	1.34	1.29	1.25	1.22
12000	6.81	4.75	3.91	3.44	3.13	2.92	2.76	2.62	2.53	2.44	2.37	2.30	2.20	2.12	1.99	1.94	1.82	1.72	1.66	1.56	1.51	1.43	1.37	1.33
14000	3.89	3.04	2.65	2.41	2.26	2.14	2.05	1.98	1.92	1.87	1.83	1.80	1.74	1.69	1.62	1.57	1.52	1.45	1.42	1.35	1.32	1.28	1.22	1.19
16000	6.78	4.74	3.88	3.41	3.11	2.90	2.73	2.60	2.50	2.44	2.34	2.28	2.17	2.08	1.97	1.88	1.79	1.69	1.62	1.53	1.48	1.39	1.33	1.28
18000	3.86	3.02	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.78	1.72	1.67	1.60	1.54	1.49	1.42	1.38	1.32	1.28	1.22	1.16	1.13
20000	6.70	4.68	3.83	3.36	3.06	2.85	2.69	2.55	2.46	2.37	2.29	2.23	2.12	2.04	1.92	1.84	1.74	1.64	1.57	1.47	1.42	1.32	1.24	1.19

Perhitungan Gaya Potong

1. Untuk sudut mayor 30° .

a. *Depth of cut* 0,5 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{2,857 - \sin 10} = 0,367$$

$$\phi = 20,152^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{0,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 20,152 \cdot \cos(20,152 + 25 - 10)} = 45,066 \text{ N}$$

b. *Depth of cut* 1 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{2,714 - \sin 10} = 0,388$$

$$\phi = 21,187^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 21,187 \cdot \cos(21,187 + 25 - 10)} = 87,046 \text{ N}$$

c. *Depth of cut* 1,5 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{3 - \sin 10} = 0,348$$

$$\phi = 19,210^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 19,210 \cdot \cos(19,210 + 25 - 10)} = 139,949 \text{ N}$$

2. Untuk sudut mayor 45° .

a. *Depth of cut* 0,5 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{2,929 - \sin 10} = 0,357$$

$$\phi = 19,666^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{0,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 19,666 \cdot \cos(19,666 + 25 - 10)} = 45,861 \text{ N}$$

b. *Depth of cut* 1 mm

$$\tan\phi = \frac{\cos 10}{2,828 - \sin 10} = 0,371$$

$$\phi = 20,354^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 20,354 \cdot \cos(20,354 + 25-10)} = 89,502 \text{ N}$$

c. *Depth of cut* 1,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,030 - \sin 10} = 0,345$$

$$\phi = 19,021^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 19,021 \cdot \cos(19,021 + 25-10)} = 140,970 \text{ N}$$

3. Untuk sudut mayor 60° .

a. *Depth of cut* 0,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3 - \sin 10} = 0,348$$

$$\phi = 19,210^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{0,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 19,210 \cdot \cos(19,210 + 25-10)} = 46,650 \text{ N}$$

b. *Depth of cut* 1 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{2,917 - \sin 10} = 0,359$$

$$\phi = 19,749^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 19,749 \cdot \cos(19,749 + 25-10)} = 91,443 \text{ N}$$

c. *Depth of cut* 1,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,083 - \sin 10} = 0,338$$

$$\phi = 18,699^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25-10)}{\sin 18,699 \cdot \cos(18,699 + 25-10)} = 142,768 \text{ N}$$

4. Untuk sudut mayor 75° .

a. *Depth of cut* 0,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,037 - \sin 10} = 0,344$$

$$\phi = 18,980^{\circ}$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{0,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 18,980 \cdot \cos(18,980 + 25 - 10)} = 47,066N$$

b. *Depth of cut* 1 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{2,963 - \sin 10} = 0,353$$

$$\phi = 19,446^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 19,446 \cdot \cos(19,446 + 25 - 10)} = 92,471N$$

c. *Depth of cut* 1,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,185 - \sin 10} = 0,327$$

$$\phi = 18,108^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 18,108 \cdot \cos(18,108 + 25 - 10)} = 146,255N$$

5. Untuk sudut mayor 90° .

a. *Depth of cut* 0,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,071 - \sin 10} = 0,340$$

$$\phi = 18,770^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{0,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 18,770 \cdot \cos(18,770 + 25 - 10)} = 47,454N$$

b. *Depth of cut* 1 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,071 - \sin 10} = 0,340$$

$$\phi = 18,770^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 18,770 \cdot \cos(18,770 + 25 - 10)} = 94,909N$$

c. *Depth of cut* 1,5 mm

$$\tan \phi = \frac{\cos 10}{3,214 - \sin 10} = 0,324$$

$$\phi = 17,946^\circ$$

$$F_V = 187,5 \cdot \frac{1,5}{\sin 30} \cdot 0,14 \cdot \sin 30 \cdot \frac{\cos(25 - 10)}{\sin 17,946 \cdot \cos(17,946 + 25 - 10)} = 147,260N$$



Jl. Teluk Mandar, Ajosari, Tromol Pos 5 Malang
Telp. (0341) 491239 – 495849, Fax (0341) 491342
e-mail: vedcmalang@vedcmalang.or.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 05/45.13/SK/2013

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Drs. Armen Fianel, ST., MT.
Jabatan : Kabeng Pemesinan Departemen Teknik Mesin dan CNC
PPPPTK – VEDC Malang

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : ARKI SURYA PRINGGA
NIM : 0910620038
Jurusan : Teknik Mesin- S1
Universitas : Universitas Brawijaya

Telah melakukan kegiatan Pembubutan specimen pada mesin bubut CNC ET 242 dengan judul skripsi:

“PENGARUH SUDUT MAYOR DAN DEPTH OF CUT TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA PROSES BUBUT”

pada Departemen Teknik Mesin dan CNC PPPPTK – VEDC Malang.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan seperlunya.

Malang, 25 JUNI 2013
Kabeng Pemesinan
Departemen Teknik Mesin & CNC,

DEPARTEMEN
TEKNIK
MESIN DAN CNC
VEDC
45
Drs. Armen Fianel, ST., MT.
NIP. 19590722 1984031 001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA
LABORATORIUM METROLOGI INDUSTRI
Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 216 Malang 65145



SURAT KETERANGAN
Nomer. 002/SKET/MI/FT/UB/2013


Yang bertanda tangan dibawah ini adalah kepala laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, menerangkan bahwa mahasiswa:

Nama : Arki Surya Pringga
NIM : 0910620038
Jurusan : Teknik Mesin

Telah melaksanakan penelitian pengukuran kekasaran permukaan hasil proses bubut pada *Surface Roughness Tester SJ-301* dan pengolahan data dengan judul skripsi :

"PENGARUH SUDUT POTONG MAYOR PAHAT DAN KEDALAMAN PEMOTONGAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA PROSES BUBUT"

di Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Malang, 11 Juli 2013
Ka. Lab Metrologi Industri

Femiana Gapsari, ST., MT.
NIP. 19820704 200812 2 002





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA
LABORATORIUM METROLOGI INDUSTRI
Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 216 Malang 65145



DATA HASIL PENELITIAN

No.	Sudut Pahat	Spesimen	doc (mm)	Roughness(μm)		
				Ujung	Tengah	Pangkal
1	30	Spesimen 1	0,5	1,58	1,62	1,68
		Spesimen 2		1,69	1,71	1,7
		Spesimen 3		1,66	1,68	1,71
		Spesimen 4	1	1,72	1,74	1,76
		Spesimen 5		1,72	1,74	1,73
		Spesimen 6		1,69	1,72	1,75
		Spesimen 7	1,5	1,75	1,76	1,78
		Spesimen 8		1,78	1,82	1,84
		Spesimen 9		1,81	1,84	1,86
2	45	Spesimen 10	0,5	2,08	2,07	2,1
		Spesimen 11		2,08	2,1	2,13
		Spesimen 12		2,06	2,07	2,09
		Spesimen 13	1	2,15	2,15	2,17
		Spesimen 14		2,14	2,15	2,19
		Spesimen 15		2,13	2,13	2,13
		Spesimen 16	1,5	2,27	2,31	2,34
		Spesimen 17		2,27	2,33	2,32
		Spesimen 18		2,27	2,29	2,34
3	60	Spesimen 19	0,5	2,33	2,44	2,49
		Spesimen 20		2,26	2,33	2,32
		Spesimen 21		2,48	2,52	2,52
		Spesimen 22	1	2,56	2,64	2,65
		Spesimen 23		2,64	2,63	2,64
		Spesimen 24		2,62	2,64	2,64
		Spesimen 25	1,5	2,69	2,68	2,71
		Spesimen 26		2,68	2,74	2,74
		Spesimen 27		2,66	2,71	2,77
4	75	Spesimen 28	0,5	2,63	2,67	2,67
		Spesimen 29		2,66	2,69	2,71
		Spesimen 30		2,64	2,67	2,69
		Spesimen 31	1	2,72	2,75	2,79
		Spesimen 32		2,76	2,81	2,83
		Spesimen 33		2,78	2,81	2,81
		Spesimen 34	1,5	3,01	3,02	3,02
		Spesimen 35		3,01	3,01	3,03



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 LABORATORIUM METROLOGI INDUSTRI
 Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 216 Malang 65145



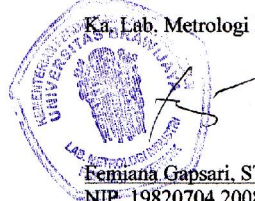
		Spesimen 36		2,98	3	3
		Spesimen 37		3,62	3,66	3,66
		Spesimen 38	0,5	3,62	3,66	3,66
		Spesimen 39		3,6	3,62	3,65
		Spesimen 40		3,7	3,7	3,72
5	90	Spesimen 41	1	3,73	3,77	3,79
		Spesimen 42		3,75	3,76	3,79
		Spesimen 43		3,87	3,9	3,95
		Spesimen 44	1,5	3,84	3,91	3,95
		Spesimen 45		3,89	3,9	3,91

Malang, 11 Juli 2013

Ka. Lab. Metrologi Industri

Asisten Pendamping :

Vicky Zulfikar
 NIM. 0910620099



Femiana Gapsari, ST., MT.
 NIP. 19820704 200812 2 002



Mitutoyo **Surfscan SJ-301**

DATE 2013-06-18
TIME 09:55:24

STAND JIS2001
PROFILE R
FILTER GAUSS
EVA-L 4.0mm
N 5
 λc 0.8mm
 λs 2.5 μm
TILT-COMP. ALL
M-SPEED 0.5mm/s
RANGE AUTO
PRE/POST ESC
DRIVE ON
STAND

R-PROFILE
EVA-L 4.0mm
 λc 0.8mmX5

Ra 1.72 μm
Rz 9.30 μm
Rq 2.11 μm

R-PROFILE
EVA-L 4.0mm
 $\lambda c=0.8mmX5$

→x2K
x50

Ver. 5.0 $\mu m/cm$
Hor. 200.0 $\mu m/cm$



Mitutoyo **Surfscan SJ-301**

DATE 2013-06-18
TIME 09:46:55

STAND JIS2001
PROFILE R
FILTER GAUSS
EVA-L 4.0mm
N 5
 λc 0.8mm
 λs 2.5 μm
TILT-COMP. ALL
M-SPEED 0.5mm/s
RANGE AUTO
PRE/POST ESC
DRIVE ON
STAND

R-PROFILE
EVA-L 4.0mm
 λc 0.8mmX5

Ra 1.74 μm
Rz 9.88 μm
Rq 2.16 μm

R-PROFILE
EVA-L 4.0mm
 $\lambda c=0.8mmX5$

→x2K
x50

Ver. 5.0 $\mu m/cm$
Hor. 200.0 $\mu m/cm$



Mitutoyo **Surfscan SJ-301**

DATE 2013-06-18
TIME 09:52:55

STAND JIS2001
PROFILE R
FILTER GAUSS
EVA-L 4.0mm
N 5
 λc 0.8mm
 λs 2.5 μm
TILT-COMP. ALL
M-SPEED 0.5mm/s
RANGE AUTO
PRE/POST ESC
DRIVE ON
STAND

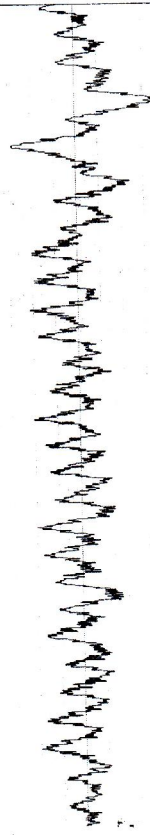
R-PROFILE
EVA-L 4.0mm
 λc 0.8mmX5

Ra 1.76 μm
Rz 10.79 μm
Rq 2.22 μm

R-PROFILE
EVA-L 4.0mm
 $\lambda c=0.8mmX5$

→x2K
x50

Ver. 5.0 $\mu m/cm$
Hor. 200.0 $\mu m/cm$



Mitutoyo **Surfmax S-301**
 DATE 2013-06-18
 TIME 09:57:16
 STAND JIS2001
 PROFILE R
 FILTER GAUSS
 EVA-L 4.0mm
 N 5
 λ_c 0.8mm
 λ_s 2.5 μ m
 TILT-COMP. ALL
 M-SPEED 0.5mm/s
 RANGE AUTO
 PRE/POST ESC
 DRIVE ON
 STAND

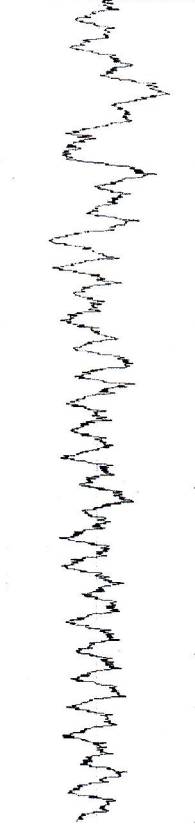
R-PROFILE
 EVA-L 4.0mm
 λ_c 0.8mmX5

Ra 1.72 μ m
 Rz 9.59 μ m
 Rq 2.09 μ m

R-PROFILE
 EVA-L 4.0mm
 $\lambda_c=0.8mmX5$

→x2K
 x50

Ver. 5.0 μ m/cm
 Hor. 200.0 μ m/cm



Mitutoyo **Surfmax S-301**
 DATE 2013-06-18
 TIME 10:01:42
 STAND JIS2001
 PROFILE R
 FILTER GAUSS
 EVA-L 4.0mm
 N 5
 λ_c 0.8mm
 λ_s 2.5 μ m
 TILT-COMP. ALL
 M-SPEED 0.5mm/s
 RANGE AUTO
 PRE/POST ESC
 DRIVE ON
 STAND

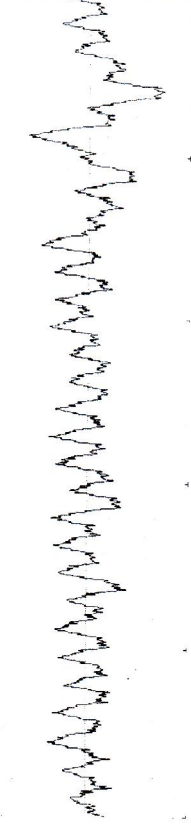
R-PROFILE
 EVA-L 4.0mm
 λ_c 0.8mmX5

Ra 1.73 μ m
 Rz 9.81 μ m
 Rq 2.13 μ m

R-PROFILE
 EVA-L 4.0mm
 $\lambda_c=0.8mmX5$

→x2K
 x50

Ver. 5.0 μ m/cm
 Hor. 200.0 μ m/cm



Mitutoyo **Surfmax S-301**
 DATE 2013-06-18
 TIME 10:00:29
 STAND JIS2001
 PROFILE R
 FILTER GAUSS
 EVA-L 4.0mm
 N 5
 λ_c 0.8mm
 λ_s 2.5 μ m
 TILT-COMP. ALL
 M-SPEED 0.5mm/s
 RANGE AUTO
 PRE/POST ESC
 DRIVE ON
 STAND

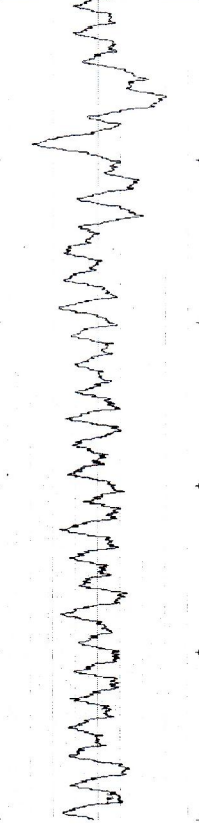
R-PROFILE
 EVA-L 4.0mm
 λ_c 0.8mmX5

Ra 1.74 μ m
 Rz 9.7 μ m
 Rq 2.11 μ m

R-PROFILE
 EVA-L 4.0mm
 $\lambda_c=0.8mmX5$

→x2K
 x50

Ver. 5.0 μ m/cm
 Hor. 200.0 μ m/cm



FROM :

FAX NO. :

Oct. 30 2012 09:56AM P1

INSPECTION CERTIFICATE No 11.9885

EN 10204 - 3.1

FUM-04



Consigner:		Quantity: 29	
Consignee:		Net Weight, kg: 1422	
Contract number: V1263-S PO-KL M-01/170111 part 1		Specification No: V1263	
Article number:		Lot No: 1	
		Package No: 715210	

Description of Goods: Sheet 1		Requirements on the Product:	
Grade of Product:		Material conforms to quality of alloy: 6061 T651	
Dimensions, inch/mm: 6.000X1216.2X2438.4		Product conforms to all requirements of: ASTM B206-07 This product conforms to European Union RoHS Directive 2002/95/EC	

Mechanical Properties										
The Condition of Tested Standards	Lot Number	Cast Number	Number of Tests	Tensile Strength		Yield Strength (0.2% offset)		Elongation %		Hardness HB
				ksi	ksi	min	max	min	max	
Required	070190	13-6158	5	46.2	46.7	41.0	42.5	12.0	14.0	

Chemical Composition %										
Element	Si	Fe	Copper Cu	Manganese Mn	Magnesium Mg	Chromium Cr	Nickel Ni	Zinc Zn	Titanium Ti	Zirconium Zr
Required	0.4-0.8	0.7	0.15-0.40	0.15	0.5-1.2	0.04-0.35	-	0.25	0.15	-
Conforms	0.66	0.22	0.21	0.06	1.01	0.06	-	0.06	0.06	-
Element	Al		Tin Sn	Bismuth Bi	Plumbum Pb	Mercury Hg	Cd	Other Elements		Al
Required	-		-	-	-	-	-	Each	Total	remainder
Conforms	-		-	-	-	-	-	0.06	0.15	remainder

Other Tests						
Method	Macro-structure	Micro-structure	UT	Electro-conductivity	SCP	Conductivity of metals cm/100g
Result						



Hubungan gaya dengan kekasaran permukaan rata-rata

Persamaan 2.16 hal 14

$$F_V = \tau_{shi} b.h. \frac{\cos(\eta - \gamma_0)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + (\eta - \gamma_0))}$$

$$F_V = \tau_{shi} \cdot \frac{a}{\sin kr} \cdot f \cdot \sin kr \cdot \frac{\cos(\eta - \gamma_0)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + (\eta - \gamma_0))}$$

$$F_V = \tau_{shi} \cdot a \cdot f \cdot \frac{\cos(\eta - \gamma_0)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + (\eta - \gamma_0))}$$

$$f = \frac{F_V \cdot \sin \phi \cdot \cos(\phi + (\eta - \gamma_0))}{\tau_{shi} \cdot a \cdot \cos(\eta - \gamma_0)} \quad (1)$$

Persamaan 2.20 hal 16

$$R_a = \frac{f}{4(\cot k_{re} + \cot k'_{re})} \quad (2)$$

Subtitusikan persamaan (1) ke persamaan (2)

$$R_a = \frac{\frac{F_V \cdot \sin \phi \cdot \cos(\phi + (\eta - \gamma_0))}{\tau_{shi} \cdot a \cdot \cos(\eta - \gamma_0)}}{4(\cot k_{re} + \cot k'_{re})}$$

$$R_a = \frac{F_V \cdot \sin \phi \cdot \cos(\phi + (\eta - \gamma_0))}{4(\cot k_{re} + \cot k'_{re}) \cdot \tau_{shi} \cdot a \cdot \cos(\eta - \gamma_0)}$$

Keterangan:

R_a : Kekasaran permukaan rata-rata

k_{re} : Sudut mayor

F_v : Gaya potong

k'_{re} : sudut minor

ϕ : Sudut geser

f : *feed*

η : Sudut gesek

a : *depth of cut*

γ_0 : Sudut geram

Gambar Pembuatan Sudut Pahat HSS

