



**PENGARUH VARIASI DEBIT DAN JENIS CAIRAN PENDINGIN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN AI 6061
PADA PROSES *DRILLING***

SKRIPSI

Oleh

**M. Fikri Ilhamsyah
NIM 101910101096**

**PROGRAM STUDI STRATA - 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH VARIASI DEBIT DAN JENIS CAIRAN PENDINGIN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN AI 6061
PADA PROSES *DRILLING***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
Dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**M. Fikri Ilhamsyah
NIM 101910101096**

**PROGRAM STUDI STRATA - 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Sunatin dan Ayahanda Mahrodi tercinta;
2. Adikku Elmi Fauziah dan Amalia Nurul Imamah serta seluruh saudara;
3. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak sampai Perguruan Tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember;
5. Sahabat-sahabat serta Teman-temanku yang terkasih;
6. Keluarga besar Jurusan Teknik Mesin khususnya angkatan 2010.

MOTO

Sesungguhnya bentuk-bentuk pemerintahan dan pendidikan sangat bergantung pada pandangan kita tentang manusia. Masalah ini adalah yang paling sulit dan luar biasa pentingnya dewasa ini, tetapi banyak orang mencari penyelesaian-penyelesaian yang mudah.*

* Louis O. Kattsoff dalam Soemargono, S. 1992. *Pengantar Filsafat (Terjemahan, Judul Asli: Element of Philosophy)*. Yogyakarta: Tiara Wacana Yogya.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : M. Fikri Ilhamsyah

NIM : 101910101096

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Debit dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Al 6061 pada Proses *Drilling*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 April 2015
Yang menyatakan,

M. Fikri Ilhamsyah
NIM 101910101096

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI DEBIT DAN JENIS CAIRAN PENDINGIN
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN AI 6061
PADA PROSES *DRILLING***

Oleh
M. Fikri Ilhamsyah
NIM 101910101096

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Debit dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Al 6061 pada Proses *Drilling*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 29 April 2015

Tempat : Ruang Ujian 1 Dekanat Fakultas Teknik

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 19600812 199802 1 001

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP 19691201 199602 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Hari Arbiantara, S.T., M.T.
NIP 19670924 199412 1 001

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198021001

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Debit dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Al 6061 pada Proses *Drilling*; M. Fikri Ilhamsyah; 101910101096; 2015: 45 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Proses pemesinan merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam pembentukan sebuah produk jadi yang berbahan baku logam. Tingkat kepresisian dan kehalusan tinggi pada produk pemesinan sangat diharapkan, karena semakin tinggi tingkat kepresisian dan kehalusan suatu komponen mesin maka mengurangi gesekan yang menimbulkan keausan dan akibat lain yang menyebabkan komponen mesin tidak bekerja efektif. Salah satu parameter pemesinan yang berpengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja adalah pemberian cairan pendingin saat proses pemesinan berlangsung. Untuk mengetahui efektivitas cairan pendingin dapat diketahui dengan melakukan percobaan pemesinan, karena mekanisme pembentukan logam begitu kompleks sehingga tidak bisa diganti dengan menelitinya melalui pengukuran berbagai sifat fisik/kimianya. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi debit dan jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*. Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai suatu bentuk pemilihan cairan pendingin yang tepat dan efektif pada proses pemesinan.

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap secara berkesinambungan. Pada tahap pertama dilakukan proses pemesinan *Drilling* dengan benda kerja Al 6061, yaitu membuat 27 lubang pada benda kerja dengan parameter variasi debit cairan pendingin 0,01 L/detik; 0,0075 L/detik; dan 0,005 L/detik dan variasi jenis cairan pendingin campuran Oli+Air (1:40), campuran Oli+Air (1:30), dan cairan pendingin komersil (Dromus 1:30). Gerak makan (v_f), kecepatan potong (v), dan kedalaman pemakanan dibuat konstan pada seluruh proses *Drilling*.

Pada tahap kedua dilakukan pengujian kekasaran hasil proses *Drilling* menggunakan *TR220 Portable Roughness Tester*, pengujian ini dilakukan pada empat sisi lubang hasil proses *Drilling* untuk setiap lubangnya agar mendapat harga kekasaran rata-rata permukaan hasil proses *Drilling*.

Penelitian disusun menurut percobaan faktorial 2 faktor, setiap faktor terdapat 3 taraf dengan 3 kali ulangan. Rancangan dasar yang digunakan dalam percobaan ini adalah model tetap dengan sembilan kombinasi perlakuan. Nilai taraf signifikan sebesar 5%. Perhitungan statistik dilakukan dengan bantuan software SPSS 16.0.

Campuran Oli+Air (1:40), campuran Oli+Air (1:30), dan cairan pendingin komersil (Dromus) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* (F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.357 < 3.554$)). Variasi debit cairan pendingin yaitu 0,01 L/detik; 0,0075 L/detik; dan 0,005 L/detik tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* (F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0,283 < 3.554$)). Pengaruh interaksi variasi debit dengan jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* yaitu tidak signifikan antara keduanya (F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.555 < 2,928$)). Campuran oli dengan air lebih ekonomis dibandingkan dengan cairan Dromus, yaitu jika menggunakan oli maka menghemat biaya kurang lebih Rp. 40.000 – Rp. 50.000 per liter dibandingkan menggunakan cairan pendingin Dromus.

SUMMARY

The Effects of Volume Variations and Types of Cutting Fluid on the Surface Roughness of Al 6061 in Drilling Process; M. Fikri Ilhamsyah; 101910101096; 2015: pages; 45 the Mechanical Engineering Department, the Faculty of Engineering, Jember University.

Machining process is a process that is widely used in the production of metal products. The high level of precision and smoothness on this kind of products is really expected because the higher the level of the precision and the smoothness is, the less friction that causes machineworn-out and other things that may cause the machine works ineffectively will occur. One of the machining parameters that affects the surface roughness of the workpiece is the administration of cutting fluid in the production process. The effectiveness of cutting fluid could be determined by conducting a machining experiment, because the mechanism of 'beram' production is so complex that the experiment cannot be replaced by an examination through measuring its various physical / chemical properties. The purpose of this study was to determine the effects of volume variations and types of cutting fluid on the surface roughness of Al 6061 in Drilling process. The results of this study were expected to be a medium/method for choosing the proper and effective cutting fluid in machining process.

The research was conducted in two stages continuously. On the first stage, Drilling machine process was done to Al 6061, which was making 27 holes on the workpiece using these cutting fluid volume variations; 0,01 L/sec; 0,0075 L/sec; and 0,005 L/sec and using these mixed cutting fluid type variations; Oil+Water (1:40), Oil+Water (1:30) and commercial cutting fluid (Dromus 1:30). Feeding Speed (vf), Cutting Speed (v), and the depth of feeds were made constant throughout the Drilling process.

On the second stage, the roughness test was done to the drilling results by using Portable TR220 Roughness Tester. This test was done on four sides of the holes made from drilling process to get the average value of surface roughness of Drilling process.

This study was based on two-factor factorial experiment; each factor has 3 levels with 3 repetitions. The basic design used in this experiment was a fixed model with 9 treatment combinations. The value of significant level was 5%. The statistical calculation was done through an SPSS 16.0 Windows-Based Software Application.

These mixed of Oil+Water variations; 1:40, 1:30, and commercial cutting fluid (Dromus) did not significantly affect the surface roughness of Al 6061 in Drilling process (the F value was 5% smaller than that in Table(0.357 < 3.554)). The Volume variations of cutting fluid which were 0,01 L/sec; 0,0075 L/sec; and 0,005 L/sec did not significantly affect the surface roughness of Al 6061 in Drilling process (F value was 5% smaller than that in Table (0,283 < 3.554)). The effects of the interaction of volume and cutting fluid variations on the surface roughness of Al 6061 in Drilling process were not significant (F value was 5% smaller than that in Table (0.555 < 2.928)). The Mixed Oil+Water was more economical than Dromus fluid since using oil could save production costs for about Rp. 40.000 – Rp. 50.000 /L than using Dromus cutting fluid.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt, atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Debit dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Al 6061 pada Proses *Drilling*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota, bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama, dan bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. Seluruh Dosen jurusan Teknik Mesin yang senantiasa sabar mendidik dan mengajar penulis selama menjadi Mahasiswa;
3. Bapak Agus Dedi Mustofa, S.PdT, dan bapak Drs. Suwanto selaku pembimbing dan Teknisi Laboratorium Pemesinan CNC SMK Negeri 2 Jember, yang telah membantu dalam melakukan proses *Drilling*;
4. Ibunda Sunatin dan Ayahanda Mahrodi serta adikku Elmi Fauziyah dan Amalia Nurul Imamah yang selalu memberikan dukungan moril, materiil, dan do’a demi terselesaikannya kuliahku;
5. Keluarga besar pengasuh PPI. Darussalam Jember beserta sahabat-sahabatku santri PPI. Darussalam Jember;
6. Keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2010 khususnya dan semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Jember pada umumnya;
7. Teman – teman beserta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan do’a dan motivasi.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat member kontribusi bagi dunia pendidikan dan dunia kerja khususnya dunia industri.

Jember, 29 April 2015

Penulis

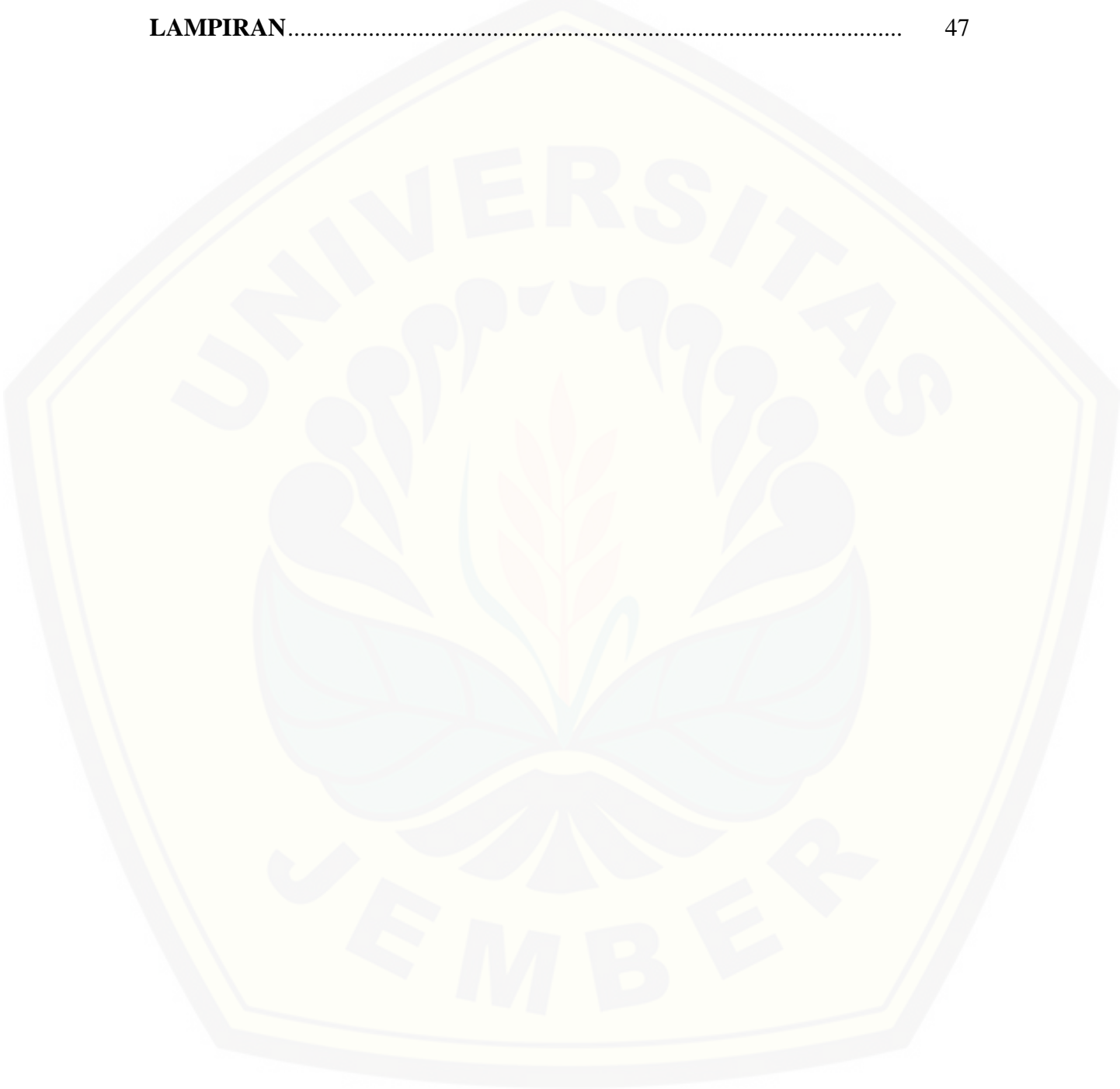


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Cairan Pendingin	5
2.3 Proses <i>Drilling</i>	8
2.3.1 Pengertian Proses <i>Drilling</i>	8
2.3.2 Pahat <i>Drill</i>	9
2.3.3 Elemen Dasar Proses <i>Drilling</i>	10

2.3.4 Gaya Pemotongan.....	12
2.4 CNC (<i>Computer Numerically Controlled</i>)	14
2.5 Kekasaran	15
2.5.1 Kekasaran Permukaan	15
2.5.2 Parameter Kekasaran Permukaan	15
2.6 Hipotesis	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Tempat dan Waktu	19
3.3 Aat dan Bahan	19
3.3.1 Alat	19
3.3.2 Bahan.....	21
3.4 Variabel Pengukuran	21
3.5 Pelaksanaan Penelitian	22
3.5.1 Prosedur Proses <i>Drilling</i> dengan Mesin CNC.....	22
3.5.2 Pengujian Kekasaran	23
3.5.3 Pengujian Viskositas	24
3.5.4 Penyimpanan Data.....	24
3.6 Metode Pengolahan Data.....	25
3.6.1 Eksperimen Faktorial	25
3.6.2 Uji Hipotesis.....	30
3.6.3 Uji Pembanding Perlakuan (Uji Lanjutan)	32
3.7 Flowchart Penelitian	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan	36
4.2 Analisis dan Hasil Penelitian	38
4.3 Pembahasan.....	39
BAB 5. PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan	44

5.2 Saran 44
DAFTAR PUSTAKA 45
LAMPIRAN..... 47



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Standarisasi simbol nilai kekasaran	16
2.2 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya	17
3.1 Spesifikasi Mesin CNC <i>Milling Vertikal</i>	19
3.2 Pengukuran kekasaran hasil proses <i>Drilling</i>	25
3.3 Skema data sampel untuk desain eksperimen faktorial a x b	27
3.4 Daftar ANAVA untuk desain faktorial a x b	29
3.5 EKT untuk eksperimen faktorial a x b	31
3.6 Derajat ketelitian berdasarkan nilai KK kondisi percobaan	33
3.7 Data hasil uji lanjutan	34
4.1 Hasil pengukuran kekasaran awal empat sisi lubang	36
4.2 Harga kekasaran Total dan Rata-rata	37
4.3 ANAVA Pengujian kekasaran permukaan Al 6061	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Mesin drill.....	8
2.2 Bor Spiral.....	9
2.3 Pahat <i>Twist Drill</i>	9
2.4 Mata bor untuk lubang dalam	10
2.5 Mata bor skop (<i>Spade Drill</i>)	10
2.6 Mata bor stelite	10
2.7 Proses <i>Drilling</i>	11
2.8 Gaya pemotongan pada proses <i>Drilling</i>	12
2.9 Profil permukaan	15
3.1 Mesin CNC <i>Milling Vertikal</i> model VMC-L540 (E)	20
3.2 Pahat <i>Twist Drill</i>	20
3.3 Profil benda kerja	21
3.4 TR220 <i>Portable Roughness Tester</i>	23
3.5 Pengujian kekasaran permukaan	24
3.6 Pengujian Viskositas	24
3.7 <i>Flowchart</i> penelitian	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Rangkaian Penelitian.....	46
B. Uji Statistik	49
B.1 Tabel Distribusi F ($\alpha = 0.05$).....	49
B.2 ANAVA Hasil out put SPSS 16.0	50
C. Surat Keterangan Penelitian	52

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pemesinan merupakan proses yang paling banyak digunakan dalam pembentukan sebuah produk jadi yang berbahan baku logam. Diperkirakan sekitar 60 % sampai 80 % dari seluruh proses pembuatan komponen mesin yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan. Tingkat kepresisian dan kehalusan tinggi pada produk pemesinan sangat diharapkan, karena semakin tinggi tingkat kepresisian dan kehalusan suatu komponen mesin maka mengurangi gesekan yang menimbulkan keausan dan akibat lain yang menyebabkan komponen mesin tidak bekerja efektif.

Menurut Nugroho (2011), salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah cairan pendingin, sedangkan rasio pencampuran cairan pendingin dengan air tidak menunjukkan pengaruh secara signifikan karena pada hasil analisis, kekasaran permukaan benda kerja hasil proses *milling* menunjukkan perbedaan tipis dan tidak stabil. Hanya saja terdapat perbedaan efektifitas pada masing-masing cairan pendingin. Juga menurut Nur *et al* (2008:83) hasil dari kekasaran permukaan bergantung pada parameter pemotongan. Jenis pendingin merupakan salah satu yang berpengaruh. Pada proses pemotongan akan terjadi peningkatan pemesinan, temperatur ini jika tidak dijaga akan mempengaruhi sifat mekanis bahan. Parameter lain yang banyak berperan adalah kecepatan potong dan kecepatan pemakanan.

Menurut Ferydyanto (2012) dengan parameter pemotongan seperti debit cairan pendingin, putaran benda kerja dan kedalaman pemakanan pada proses bubut, yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap kekasaran benda kerja adalah debit cairan pendingin.

Beberapa proses pemesinan diperlukan cairan pendingin yang mempunyai kegunaan khusus. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan

produk hasil pemesinan. Salah satu cairan pendingin yang biasa digunakan yaitu cairan emulsi. “Cairan pendingin dari minyak (dan kombinasi/turunannya) mempunyai daya lumas dan daya lindung terhadap korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis cairan pendingin lainnya”. (Rochim T, 2007:118). Minyak pelumas mesin atau yang lebih dikenal oli mesin memang banyak ragam dan macamnya dan pada dasarnya sama. Yakni sebagai bahan pelumas agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan. Sekaligus berfungsi sebagai pendingin dan penyekat. Oli mengandung lapisan-lapisan halus, berfungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan, maka dari itu penulis ingin mencoba meneliti keefektifan campuran oli dengan air sebagai cairan pendingin pemesinan dibandingkan cairan emulsi komersil. Sementara itu, untuk mengetahui keefektifan cairan pendingin pada suatu jenis proses pemesinan hanya bisa diteliti melalui percobaan pemesinan sesungguhnya dengan melibatkan berbagai jenis benda kerja dan pahat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi debit dan jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* ?
2. Bagaimana tingkat keefektifan campuran oli dengan air dibandingkan cairan pendingin komersil ?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang diteliti lebih mengarah pada sasaran yang akan dicapai dan tidak menyimpang dari identifikasi masalah, maka penulis membatasi permasalahannya pada:

1. Gerak makan (vf), kecepatan potong (v), dan kedalaman pemakanan dibuat konstan pada seluruh proses *Drilling*,
2. Hanya meneliti pengaruh variasi jenis dan debit cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi debit dan jenis cairan pendingin atau interaksi antara keduanya terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*,
2. Mengetahui keefektifan campuran oli dengan air sebagai cairan pendingin dibandingkan cairan pendingin komersil terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian mengenai pengaruh variasi debit dan jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* dapat diambil manfaat antara lain:

1. Jika memang campuran oli dengan air menunjukkan nilai efektif lebih dari atau sama dengan cairan pendingin komersil, diharapkan campuran oli dengan air menjadi cairan pendingin emulsi alternatif yang baik,
2. Peneliti dapat mengetahui pengaruh variasi debit dan jenis cairan pendingin atau interaksi antara keduanya terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*,
3. Diharapkan dapat memberi kontribusi pada pendidikan dan dunia kerja khususnya dunia industri yang berupa informasi dari hasil penelitian yang dapat dijadikan bahan rujukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Menurut Nugroho (2011), meneliti tentang **Analisis Efektivitas Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Freis Vertikal**. Penelitian ini variable yang dipilih adalah jenis cairan pendingin ESSO, UNITED, UNICORN dan rasio campuran dengan air yaitu 1:20, 1:30, 1:40. Proses pemesinan yang dilakukan adalah freis vertikal menggunakan pahat *end mill* HSS 4 mata potong dengan diameter 10 mm pada baja karbon ST 37. Dengan kedalaman potong (a), kecepatan pemakanan (vf), dan kecepatan potong (v) adalah konstan yaitu $a = 1$ mm, $vf = 100$ mm/min, dan $v = 30$ mm/min. hasil penelitian ini diketahui bahwa faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah cairan pendingin, sedangkan rasio campuran cairan pendingin dengan air tidak menunjukkan pengaruh signifikan karena pada hasil analisis kekasaran permukaan baja ST 37 setelah dilakukan pemesinan menunjukkan perbedaan tipis dan tidak stabil. hanya saja terdapat perbedaan efektivitas pada masing-masing cairan pendingin. Secara umum penggunaan cairan pendingin ESSO menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan lebih rendah diikuti UNICORN kemudian UNITED.

Menurut Ferydyanto (2012), meneliti tentang **Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Proses Bubut pada Baja ST 42 Akibat Variasi debit Cairan pendingin**, dalam penelitian ini parameter yang digunakan adalah kedalaman pemakanan dengan variasi kedalaman 0,5; 1 dan 1,5. Variasi putaran spindel yaitu 290, 370, 460 (Rpm). Cairan pendingin yang digunakan yaitu cairan pendingin emulsi dengan air dengan perbandingan 1:20 dan menggunakan variasi debit cairan pendingin 0,01; 0,00625; 0,0045 (L/detik). Dari penelitian dihasilkan pengaruh parameter proses bubut diatas dengan nilai kekasaran dan laju keausan paling tinggi. Nilai kekasaran permukaan paling rendah terjadi pada debit cairan pendingin (q) 0,01 L/detik, putaran spindel (n) 370 Rpm, dan kedalaman pemakanan (a) 0,5 mm dengan nilai log kekasaran 2,98 μ m. Sedangkan Nilai

kekasaran permukaan paling rendah terjadi pada debit cairan pendingin (q) 0,0045 L/detik, putaran spindel (n) 460 Rpm, dan kedalaman pemakanan (a) 1,5 mm dengan nilai log kekasaran 2,98 μm .

2.2 Cairan Pendingin

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

Cairan pendingin pada proses pemesinan memiliki beberapa fungsi, fungsi utama dan fungsi kedua. Fungsi utama adalah fungsi yang dikehendaki oleh perencana proses pemesinan dan operator mesin perkakas. Fungsi kedua adalah fungsi tak langsung yang menguntungkan dengan adanya cairan pendingin tersebut. Fungsi cairan pendingin tersebut adalah :

1. Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses permesinan adalah:
 - a. Melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah,
 - b. Mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi,
 - c. Membuang beram dari daerah pemotongan.
2. Fungsi kedua cairan pendingin adalah :
 - a. Melindungi permukaan yang disayat dari korosi,
 - b. Memudahkan pengambilan benda kerja, karena bagian yang panas telah didinginkan.

Pada mekanisme pembentukan beram, beberapa jenis cairan pendingin mampu menurunkan rasio penempatan tebal beram yang mengakibatkan penurunan gaya potong. Pada daerah kontak antara beram dan bidang pahat terjadi gesekan yang cukup besar, sehingga adanya cairan pendingin dengan gaya lumas tertentu akan mampu menurunkan gaya potong. Pada proses penyayatan, kecepatan potong yang rendah memerlukan cairan pendingin dengan daya lumas tinggi sementara pada kecepatan potong tinggi memerlukan cairan pendingin dengan daya pendingin yang besar (*high heat absorptivity*). Pada beberapa kasus, penambahan unsur tertentu dalam cairan pendingin akan menurunkan gaya potong, karena ada anggapan mengenai terjadinya reaksi kimiawi yang berpengaruh dalam bidang geser (*shear plane*) pada waktu beram terbentuk.

Beberapa peneliti menganggap bahwa sulfur (S) atau karbon tetraklorida (CCl₄) pada daerah kontak (di daerah kontak mikro) dengan temperatur dan tekanan tinggi akan bereaksi dengan besi (benda kerja) membentuk FeS atau FeCl₃ pada batas butir sehingga mempermudah proses penggeseran metal menjadi beram. Pada proses gerinda, cairan pendingin mampu membantu pembersihan beram yang menempel di rongga antara serbuk abrasif, sehingga mempermudah kelangsungan proses pembentukan beram. Pada temperatur tinggi yang terjadi di lapisan luar benda kerja bisa dikurangi dengan pemakaian cairan pendingin, sehingga tidak merusak struktur *metalografi* benda kerja.

Proses kimiawi diperkirakan juga terjadi dalam proses gerinda, oleh karena itulah cairan pendinginnya ditambahi beberapa unsur. Dari ulasan singkat di atas dapat disimpulkan bahwa cairan pendingin jelas perlu dipilih dengan seksama sesuai dengan jenis pekerjaan.

Berkaitan dengan pengelompokan jenis cairan pendingin dan kegunaannya secara garis besar, ada beberapa cara pemakaian cairan pendingin yaitu dengan disemprotkan, dibanjiri, dikucuri, atau dikabutkan. Efektivitas cairan pendingin dapat diketahui dengan melakukan percobaan pemesinan, karena mekanisme pembentukan beram begitu kompleks sehingga tidak bisa diganti dengan menelitinya melalui pengukuran berbagai sifat fisik/kimianya. Cairan pendingin

yang umumnya digunakan pada proses pemesinan dapat dikategorikan dalam empat jenis utama yaitu :

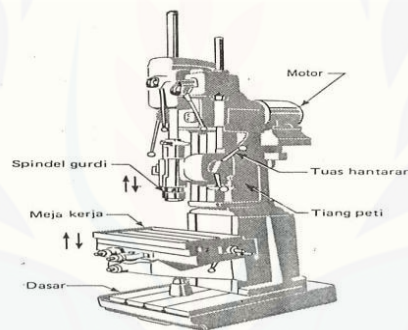
- 1) Cairan Sintetik (*Shyntetic Fluids, Chemical Fluids*); Cairan ini merupakan larutan murni (*true solutions*) atau larutan permukaan aktif (*surface active*). Pada larutan murni, unsur yang dilarutkan tersebar di antara molekul air dan tegangan permukaannya (*surface tension*) hampir tidak berubah. Cairan ini tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk sifat penyerapan panas yang tinggi serta melindungi benda kerja dari korosi. Penambahan unsur lain pada cairan ini yang mampu membentuk kumpulan molekul menjadi jenis cairan permukaan aktif akan mengurangi tegangan permukaan, sehingga mudah membasahi dan daya lumasnya naik.
- 2) Cairan Emulsi (*Emulsion, Water Miscible Fluids, Water Soluble Oils, Emulsifiable Cutting Fluids*); Adalah air yang mengandung partikel minyak (5 s.d. 20 μm). Unsur pengemulsi (*emulgator*) ditambahkan dalam minyak yang kemudian dilarutkan dalam air. Penambahan jenis minyak jenuh atau unsur lain (EP; *Extreme Pressure Additives*) mampu menaikkan daya lumas.
- 3) Cairan Semi Sintetik (*Semi Synthetic Fluids*); Merupakan perpaduan antara jenis 1 dan 2 diatas yang mempunyai karakteristik sebagai berikut:
 - Kandungan minyaknya lebih sedikit (10% s.d. 45% dari tipe 2),
 - Kandungan pengemulsinya (molekul penurun tegangan permukaan) lebih banyak dari pada tipe 1.Pada cairan ini, partikel minyaknya lebih kecil dan lebih tersebar. Dapat berupa jenis dengan minyak yang sangat jenuh (*super-fatted*) atau jenis EP (*Extreme Pressure*).
- 4) Minyak (*Cutting Oils*) adalah minyak yang tidak dapat diemulsikan dan digunakan pada proses pemesinan dalam bentuk sudah diencerkan. Minyak murni ini berasal dari salah satu atau kombinasi dari minyak bumi (*naphthenic, paraffinic*), minyak binatang, minyak ikan atau minyak nabati. Viskositasnya dapat bermacam-macam dari yang encer sampai yang kental tergantung dari pemakaian. Pencampuran antara minyak bumi dengan minyak hewani atau nabati menaikkan daya pembasahan (*wetting action*) sehingga memperbaiki

daya lumas. Penambahan unsur lain seperti sulfur, klor atau fosfor (*EP additives*) menaikkan daya lumas pada temperatur dan tekanan tinggi.

2.3 Proses *Drilling*

2.3.1 Pengertian Proses *Drilling*

Proses *Drilling* atau sering disebut dengan proses *Drill* merupakan proses pemesinan yang paling sederhana di antara proses pemesinan lainnya. Biasanya di bengkel atau *workshop* proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilah ini sebenarnya kurang tepat. Proses drill dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Sedangkan proses bor (*boring*) adalah proses meluaskan/ memperbesar lubang yang bisa dilakukan dengan batang bor (*boring bar*) yang tidak hanya dilakukan pada mesin drill, tetapi bisa juga dengan mesin bubut, mesin freis, atau mesin bor.



Gambar 2.1 Mesin drill

Proses drill digunakan untuk pembuatan lubang silindris. Pembuatan lubang dengan bor spiral di dalam benda kerja yang pejal merupakan suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar. Jika pada benda kerja dituntut kepresisian yang tinggi (ketepatan ukuran atau mutu permukaan) pada dinding lubang maka diperlukan pengerjaan lanjutan dengan pembenaman atau penggerek. Pada proses drill, geram (*chips*) harus keluar melalui alur helix pahat drill keluar lubang. Ujung pahat menempel pada benda kerja yang terpotong, sehingga proses pendinginan menjadi relatif sulit. Proses pendinginan biasanya dilakukan dengan menyiram benda kerja yang dilubangi dengan cairan pendingin, disemprot dengan cairan pendingin, atau cairan pendingin dimasukkan melalui lubang di tengah

mata pahat.

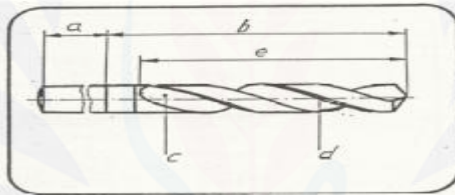
Karakteristik proses gurdi agak berbeda dengan proses pemesinan yang lain yaitu:

1. Beram harus keluar dari lubang yang dibuat.
2. Beram yang keluar dapat menyebabkan masalah ketika ukurannya besar atau kontinyu,
3. Proses pembuatan lubang bisa sulit jika membuat lubang yang dalam,
4. Untuk pembuatan lubang dalam pada benda kerja yang besar, cairan pendingin dimasukkan ke permukaan potong melalui tengah mata bor.

2.3.2 Pahat *Drill*

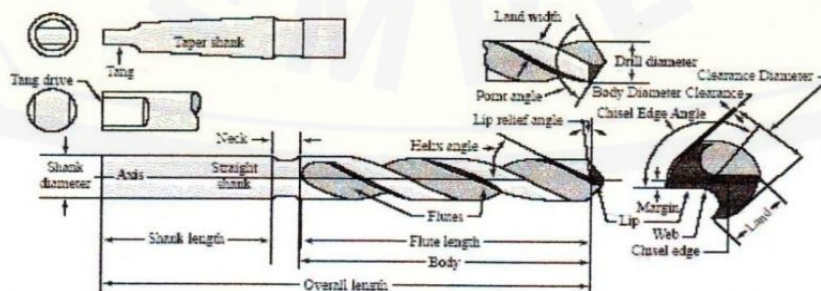
Adalah suatu alat pembuat lubang atau alur yang efisien. Adapun jenis-jenis mata bor yang biasanya digunakan sebagai berikut :

- a. Bor spiral, digunakan untuk membuat lubang yang diameternya sama dengan mata bor,



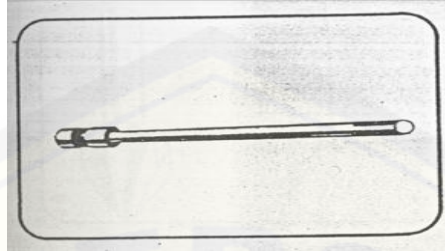
Gambar 2.2 Bor Spiral

Mata bor spiral atau juga disebut *twist drill*, pada kebanyakan bentuk dasar dari sebuah *twist drill* dibuat dari batang bulat material perkakas seperti pada Gambar 2.4. Pada *twist drill* mempunyai sepasang *helical flutes* yang akan membentuk permukaan pemotongan dan berfungsi sebagai pengangkat geram yang ditimbulkan dari proses drill. Penampang dari dua permukaan beban, menyilang web diantara dua *flutes* dengan nama '*chisel edge*'.



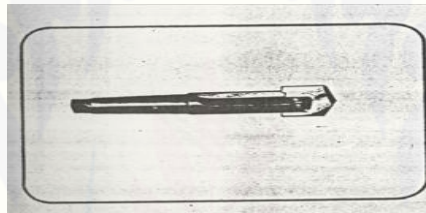
Gambar 2.3 Pahat *Twist Drill* (Taufiq Rochim, 1993)

- b. Mata bor untuk lubang yang dalam (*Deep hole drill*), digunakan untuk membuat lubang yang relatif dalam,



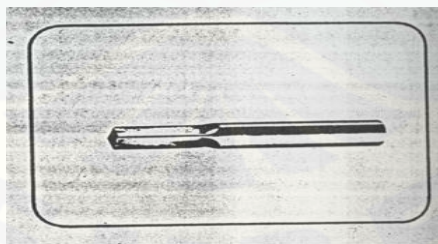
Gambar 2.4 Mata bor untuk lubang yang dalam

- c. Mata bor skop (spade drill), digunakan untuk material yang keras tetapi rapuh. Mata potong dapat diganti,



Gambar 2.5 Mata bor skop (spade drill)

- d. Mata bor stelite, digunakan untuk membuat lubang pada material yang telah dikeraskan. Mata bor nya mempunyai bentuk segitiga dan terbuat dari baja campuran yang tahan panas.



Gambar 2.6 Mata bor stelite

2.3.3 Elemen Dasar Proses *Drilling*

Pahat drill mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar oleh poros utama mesin drill. Putaran tersebut dapat dipilih dari beberapa tingkatan putaran yang tersedia pada mesin drill atau ditetapkan bila sistem transmisi putaran mesin drill merupakan sistem berkesinambungan.

Gerak makan dapat dipilih bila mesin drill memiliki sistem gerak makan dengan tenaga motor (*power feeding*). Untuk jenis mesin drill yang kecil (mesin drill bangku) gerak makan tersebut tidak dapat dipastikan karena tergantung pada kekuatan tangan untuk menekan lengan poros utama. Selain itu proses drill dapat dilakukan pada mesin drill dimana benda kerja diputar oleh pencekam poros utama dan gerak makan dilakukan oleh pahat drill yang dipasang padaudukan pahat (*tool post*) atau kepala gerak (*tail stock*).

Gambar 2.7 dapat diturunkan rumus untuk beberapa elemen proses drill yaitu:

Benda kerja:

l_w = panjang pemotongan benda kerja (mm),

Pahat:

d = diameter drilling (mm),

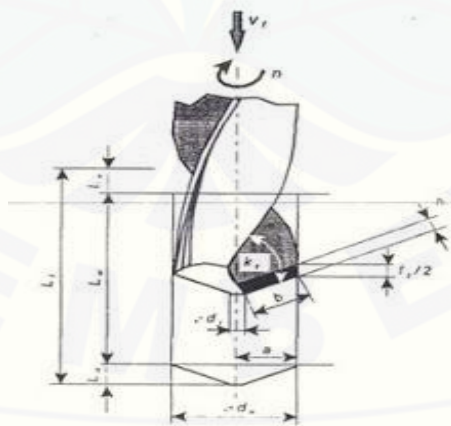
K_r = sudut potong utama ($^\circ$),

= $\frac{1}{2}$ sudut ujung (point angel).

Mesin drill:

n = putaran poros utama (put/min)

v_f = kecepatan makan (mm/min)



Gambar 2.7 Proses *Drilling* (Taufiq Rochim, 1993)

Elemen proses drill adalah:

- a. Kecepatan potong (v),

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (m/min)} \dots\dots\dots(2.1)$$

- b. Gerak makan / mata potong,

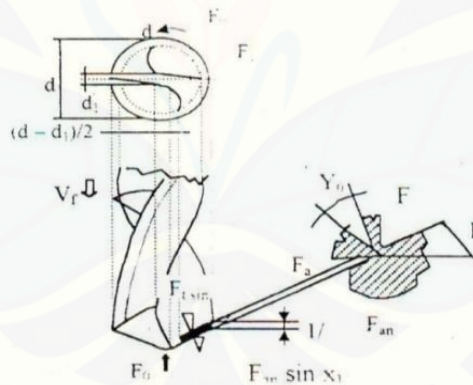
$$f_z = \frac{v_f}{(n_z)} \text{ (mm/put)} \dots\dots\dots(2.2)$$

- c. Kedalaman pemotongan,

$$a = \frac{d}{2} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.3.4 Gaya Pemotongan

Gaya tangensial menyebabkan suatu momen pada pahat. Momen pada pahat drill akan menimbulkan puntiran pada pahat dan tiang mesin drill sehingga pahat drill akan berpindah. Lenturan tersebut akan berfluktuasi karena gaya tangensial yang bekerja terus menerus sehingga mengakibatkan lubang *drilling* akan terbentuk lonjong (*oval*).



Gambar 2.8 Gaya pemotongan pada proses *Drilling* (Taufiq Rochim, 1993)

Dari gambar 2.8 dapat diturunkan rumus gaya tangensial yaitu:

$$F_t = F_v + F_{\alpha}; N \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

F_t = gaya potong, sebagaimana dalam proses bubut,

$$= \tau_{shi} \frac{d-d_i}{2} \frac{f}{2 \sin \phi} \frac{\cos(\eta-\gamma_0)}{\cos(\phi+\eta-\gamma_0)}; N \dots\dots\dots(2.5)$$

F_{α} = gaya gesek bidang utama, tergantung pada gaya gesek spesifik persatuan panjang aktif mata potong (k_f ; N/mm) yang dipengaruhi oleh geometri pahat, benda kerja, cairan pendingin dan kondisi pemotongan.

$$= k_f \cdot \frac{d-di}{2 \sin K_r} ; N \dots \dots \dots (2.6)$$

Maka:

$$F_t = T_{shi} \frac{d-di}{2} \frac{f \cos(\eta-\gamma_o)}{2 \sin \phi \cos(\phi+\eta-\gamma_o)} + k_f \frac{d-di}{2 \sin k_r} ; N \dots \dots \dots (2.7)$$

Momen torsi yang diperlukan untuk memutar pahat drill adalah,

$$M_t = F_t \frac{d-di}{2} ; N \cdot mm \dots \dots \dots (2.8)$$

Gaya tekan yang diperlukan supaya proses pemakanan berlangsung adalah,

$$F_z = 2 F_f \sin K_r + 2 F_{\alpha n} \sin K_r + F_e ; N \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana,

F_z = gaya tekan total untuk dua mata potong ; N.

F_f = gaya makan, seperti halnya pada proses bubut.

$$= F_v \tan(\eta - \gamma_o) ; N$$

$F_{\alpha n}$ = gaya normal pada bidang utama, tergantung pada gaya normal spesifik persatuan panjang aktif masa potong (k_n ; N/mm) yang dipengaruhi oleh jenis geometri pahat, benda kerja, cairan pendingin, dan kondisi pemotongan.

$$= k_n \cdot \frac{d-di}{2 \sin K_r} ; N$$

F_e = gaya ekstrusi diujung pahat drill, sesuai dengan penampang diameter inti d_1 dari hasil percobaan umumnya berharga sekitar 50% s.d 55% dari gaya tekan total ; N.

Oleh karena itu,

$$F_z = 4 \left\{ F_v \tan(\eta - \gamma_o) \sin K_r + k_n \frac{d-d_i}{2} \right\}; N \dots \dots \dots (2.10)$$

Dataran diantara *flutes* dinamakan '*land*' yang berfungsi untuk mereduksi luasan kontak antara *land* tersebut dengan bidang lubang yang terbentuk margin dinamakan '*body diameter clearance*'.

2.4 CNC (*Computer Numerically Controlled*)

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang amat pesat. Dalam hal ini komputer telah diaplikasikan ke dalam alat-alat mesin perkakas di antaranya Mesin Bubut, Mesin Frais, Mesin Skrap, Mesin Bor, dll. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri-industri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC. Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf). Sebagai contoh: apabila pada layar monitor mesin kita tulis **M03** maka spindel utama mesin akan berputar, dan apabila kita tulis **M05** maka spindel utama mesin akan berhenti berputar. Mesin CNC tingkat dasar yang ada pada saat ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu Mesin CNC *Two Axis* atau yang lebih dikenal dengan Mesin Bubut (*Lathe Machine*) dan Mesin CNC *Three Axis* atau yang lebih dikenal dengan Mesin Frais (*Milling Machine*).

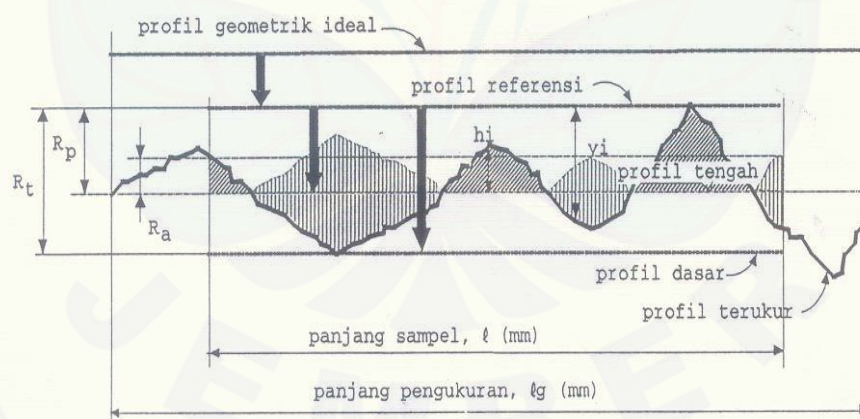
2.5 Kekasaran

2.5.1 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakraturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan terlihat pada profil permukaan. Adapun penyebabnya beberapa macam faktor, diantaranya yaitu; mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram. Kualitas suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan dapat dinyatakan dengan menganggap jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam sebagai ukuran dari kekasaran permukaan. Dapat juga dinyatakan dengan jarak rata-rata dari profil ke garis tengah.

2.5.2 Parameter kekasaran permukaan

Untuk mereproduksi profil suatu permukaan, maka sensor alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan. Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelumnya, alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba.



Gambar 2.9 Profil permukaan

(Sumber: Hadimi, Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses drilling: 20)

Berdasarkan Gambar 2.9 dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah melintang.

Untuk arah tegak dikenal beberapa parameter:

1. Kekasaran total R_t (μm) adalah jarak antara profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan R_p (μm) adalah jarak rata-rata profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmatik R_a (μm) adalah harga rata-rata aritmatik dari harga absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
4. Kekasaran rata-rata kuadratik R_g (μm) adalah akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.
5. Kekasaran total rata-rata R_z (μm), merupakan jarak antara profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profilterukur pada lima lembah terendah.

Harga kekasaran rata-rata (R_a) maksimal yang diijinkan ditulis diatas simbol segitiga. Satuan yang digunakan harus sesuai dengan satuan panjang yang digunakan dalam gambar teknik (metrik atau inchi). Jika angka kekasaran R_a minimum diperlukan, dapat dituliskan dibawah angka kekasaran maksimum.

Tabel 2.1 Standarisasi simbol nilai kekasaran

Harga kekasaran, R_a (μm)	Angka kekasaran	Panjang sample
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2,5
6,3	N9	
3,2	N8	0,8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0,25
0,1	N3	

0,005	N2	
0,025	N1	0,08

(Sumber: Tri Adi Prasetya, Pengaruh Gerak Pemakanan Dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Pada Material Baja HQ 760, Bab 2: 43)

Angka kekasaran (ISO number) dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kesalahan atas satuan harga kekasaran. Jadi spesifikasi kekasaran dapat langsung dituliskan nilainya atau dengan menuliskan angka kekasaran ISO. Panjang sampel pengukuran disesuaikan dengan angka kekasaran yang dimiliki oleh suatu permukaan. Apabila panjang sampel tidak dicantumkan didalam penulisan symbol berarti panjang sampel 0,8 mm (bila diperkirakan proses pemesinannya halus sampai sedang) dan 2,5 mm (bila diperkirakan proses pemesinannya kasar). (Taufiq Rochim, 2001: 55-63).

Toleransi harga kekasaran rata-rata, R_a dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin bubut. Tabel 2.2 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel 2.2 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R_a
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	$N_1 - N_4$ $N_1 - N_6$	0.025 – 0.2 0.025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding Finishing</i>	$N_1 - N_8$ $N_4 - N_8$	0.025 – 3.2 0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	$N_5 - N_{12}$	0.4 – 50.0
<i>Drilling</i>	$N_7 - N_{10}$	1.6 – 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling Sandcasting and forging</i>	$N_6 - N_{12}$ $N_{10} - N_{11}$	0.8 – 50.0 12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing Die casting</i>	$N_6 - N_8$ $N_6 - N_7$	0.8 – 3.2 0.8 – 1.6

(Sumber: Dasar-Dasar Metrologi Industri Bab VII – Pengukuran Kekasaran Permukaan: 230)

2.6 Hipotesis

Hipotesis yang dibuat pada penelitian ini yaitu variasi jenis dan debit cairan pendingin mempengaruhi kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*, lebih spesifik lagi efektifitas cairan pendingin campuran air dengan oli lebih tinggi atau minimal sama dengan cairan pendingin komersil, berdasar pada fungsi oli sebagai pelumas dan pendingin mesin, kemungkinan besar sama fungsinya ketika digunakan dalam proses pemesinan.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menguji dengan menambahkan beberapa perlakuan variasi, sehingga nanti akan di dapatkan data besar kekasaran setiap penambahan variabel yang diujikan.

3.2 Tempat dan Waktu

Proses pemesinan akan dilaksanakan di SMK NEGERI 2 JEMBER, sedangkan penelitian uji kekasaran akan dilaksanakan di Laboratorium Desain, Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 1 bulan yaitu dimulai dari bulan Januari 2015 dan uji Viskositas di laboratorium Farmasi Universitas Jember.

3.3 Alat dan Bahan

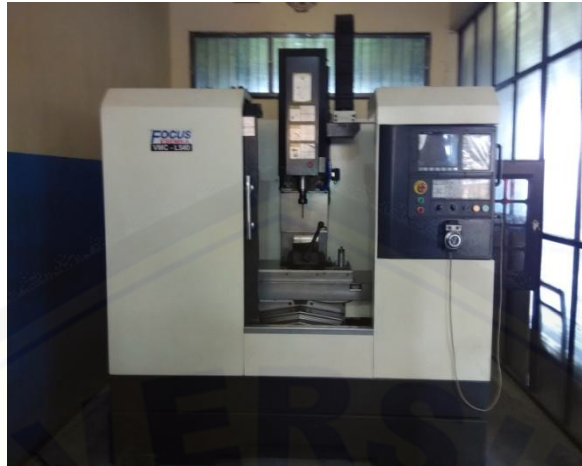
3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mesin CNC *Milling Vertikal*

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin CNC *Milling Vertikal*

Models	VMC-L540 (E)
Spindle Taper	BT-40
Spindle RPM	8000 rpm
Type Of Driving	Belt Type
Motors	Mitsubishi / Fanuc
Spindle Motor	SJ-PF 5.5 (5.5kw)
X. Y Servo Motor	HF-154 (1.5kw)
Z Servo Motor	HF-204BS (2.0kw)



Gambar 3.1 Mesin CNC *Milling Vertikal* model VMC-L540 (E)

2. Pahat

Pahat yang digunakan adalah pahat *Twist Drill*



Gambar 3.2 Pahat *Twist Drill*

Spesifikasi pahat A:

- Jenis : HSS
- Diameter : 14 mm
- Geometri alur pahat : 30°, spiral

Spesifikasi pahat B :

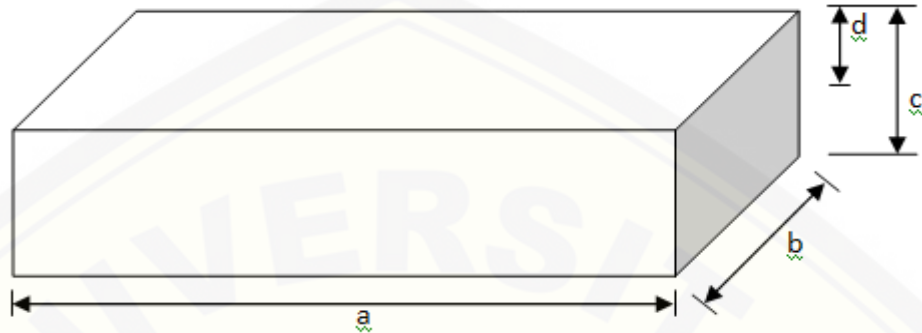
- Jenis : HSSCo
- Diameter : 10 mm
- Geometri alur pahat : 30°, spiral

3. Alat ukur kekasaran permukaan benda (*Surface Roughnes Tester*)
4. Gelas ukur
5. Stopwatch
6. Timba diameter 220 mm, tinggi 200 mm
7. Selang diameter 6 mm, panjang 1000 mm

8. Kran air

3.3.2 Bahan

1. Material atau benda kerja yang digunakan adalah Al 6061



Gambar 3.3 Profil benda kerja

Keterangan gambar:

- a : Panjang = 150 mm
- b : Lebar = 100 mm
- c : Tebal = 15 mm
- d : Kedalaman pemakanan : 7,5 mm

1. Cairan pendingin

Cairan pendingin yang digunakan yaitu Dromus dan campuran oli dengan air, oli yang digunakan adalah oli TOP 1 khusus motor matic dengan SAE 10 W – 40.

2. Zat pengemulsi (*emulgator*) yang digunakan adalah sabun cuci cair.

3.4 Variabel Pengukuran

Variabel yang diberikan pada penelitian ini adalah variabel bebas, yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti. Variabel yang akan digunakan yaitu:

- a. Variasi debit cairan pendingin : 0,01 L/detik; 0,0075 L/detik; 0,005 L/detik,
- b. Variasi jenis cairan pendingin : cairan pendingin Dromus dengan komposisi campuran air 1:30 (Viskositas 2,75 mpa.s), oli dicampur air dengan komposisi 1:30 dan 1:40 (Viskositas 3 mpa.s),
- c. Komposisi zat pengemulsi (*emulgator*) ketika oli 1 L, *emulgator* 1 ml,

- d. Putaran spindel (*spindle speed*), 368 rpm,
- e. Kecepatan potong (V) 16,18 m/menit
- f. Kedalaman pemotongan atau lubang 7,5 mm

Variabel terikat yaitu variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan benda kerja setelah proses pemesinan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Prosedur Proses *Drilling* dengan mesin CNC

- a. Gambar benda kerja dengan software CAD/CAM pada PC, hasil gambar kerja dapat dieksekusi secara simulasi pengerjaan benda kerja pada mesin CNC melalui layar monitor,
- b. Jika hasil eksekusi simulasi sudah sesuai dengan yang diharapkan, maka program dilanjutkan dengan eksekusi program mesin, program mesin yang sudah jadi pada PC dapat langsung dikirim ke mesin CNC melalui flashdisk,
- c. Menyiapkan benda kerja yang akan diuji,
- d. Menyiapkan pahat yang akan digunakan dengan diameter 14 mm, dan diameter 10 mm,
- e. Memasang benda kerja (Alumunium) pada ragum, dan cekam dengan kuat, pastikan benda kerja terpasang tegak lurus terhadap sumbu spindel bor,
- f. Pasang pahat diameter 10 mm pada *toolholder* untuk membuat awalan lubang,
- g. Menyalakan mesin CNC dan menjalankannya sesuai perintah yang sudah dibuat dan di copy pada flashdisk yang dimasukkan ke mesin CNC, yaitu memberi awalan lubang dengan jumlah 27 secara kontinyu, setelah selesai matikan mesin,
- h. Mengganti pahat bor berdiameter 14 mm pada *toolholder*,

- i. Menyiapkan variabel proses pemesinan yang sudah ditentukan, jenis cairan pendingin dan pengaturan debit cairan pendingin,
- j. Membuat perintah proses pemesinan seperti yang sudah dilakukan di poin a, b,
- k. Kemudian mengikuti prosedur poin f tapi proses pelubangan tidak secara kontinyu, melainkan step by step karena pengaturan variabel proses pemesinan membutuhkan perlakuan khusus pada setiap proses pelubangan dan membutuhkan langkah yang teliti sampai terbentuk 27 lubang sesuai parameter yang telah ditentukan,
- l. Setelah selesai dilakukan semua proses Drilling, mesin dimatikan dan dibersihkan.

3.5.2 Pengujian Kekasaran

Alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja hasil proses permesinan. Alat yang digunakan adalah *TR220 Portable roughness Tester*. Alat ini memiliki sistem desain modular pengukur permukaan yang portable, Alat ini terdiri dari komponen-komponen berupa *traverse unit*, *Pick up* yang dilengkapi dengan transducer dan dilengkapi dengan *thermal printer*. *Traverse unit* merupakan sistem utama dari alat *Roughness Tester*. Komponen ini berfungsi sebagai unit pengolah data. *Pick up* ialah suatu komponen penjelajah yang dilengkapi dengan *transducer* dengan jenis induktansi variabel, dengan pemegang (*holder*) yang akan dihubungkan dengan *traverse unit*. Pengolahan hasil pengukuran dengan menggunakan mikroprosesor yang hasilnya ditampilkan pada sebuah LCD dalam bentuk nilai numerik dari kekasaran. Dibawah ini adalah gambar 3.4 *TR220 Portable Roughness Tester*



Gambar 3.4 *TR220 Portable Roughness Tester*

Langkah pengujian kekasarannya adalah dengan cara benda kerja hasil proses *Drilling* dikunci pada tempat penyangga seperti yang terlihat pada gambar 3.5 Posisikan benda kerja dengan arah horizontal mengikuti pergerakan *stylus*. Posisikan *stylus* sampai menyentuh permukaan benda kerja yang akan diukur kekasarannya dan memposisikan *pick holder* sejajar dengan permukaan benda kerja.



Gambar 3.5 Pengujian kekasaran permukaan

3.5.3 Pengujian Viskositas

Alat yang digunakan untuk menguji viskositas atau kekentalan cairan adalah viscometer. Langkah pengujian viskositas dengan cara siapkan viskositer, lalu pasang spindle pada viskositer, arahkan spindle yang telah terpasang kedalam cup yang didalamnya sudah terdapat cairan yang akan di uji kekentalannya secara tegak lurus sampai tanda batas. Kemudian hidupkan viskotester, amati jarum penunjuknya, lalu catat angka yang terbaca oleh jarum.



Gambar 3.6 Pengujian Viskositas

3.5.4 Penyimpanan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan percobaan dengan variasi debit dan jenis cairan pendingin untuk mendapatkan tujuan utama dari penelitian

ini yaitu pengaruh yang dihasilkan tiap variasi atau kombinasi dari kedua variasi. Dari data yang diperoleh tiap percobaan akan disajikan dalam Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Pengukuran kekasaran hasil proses *Drilling*

	Jenis Cairan Pendingin	Debit (L/detik)	Ra 1 (μm)	Ra 2 (μm)	Ra 3 (μm)
1.	Campuran Oli+Air (1:40)	0,01			
2.		0,0075			
3.		0,005			
4.	Campuran Oli+Air (1:30)	0,01			
5.		0,0075			
6.		0,005			
7.	Cairan Pendingin Komersil (Dromus)	0,01			
8.		0,0075			
9.		0,005			

3.6 Metode Pengolahan Data

Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen faktorial. Dimana eksperimen faktorial ini digunakan apabila terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi sesuatu yang diamati (Sudjana, 1994). Faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* adalah variasi debit dan jenis cairan pendingin. Analisis ini dilakukan untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai efek variasi debit dan jenis cairan pendingin atau efek interaksi kedua faktor tersebut.

3.6.1 Eksperimen Faktorial

Eksperimen faktorial adalah eksperimen yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) taraf tiap faktor lainnya yang ada dalam eksperimen itu.

Notasi Umum Eksperimen faktorial $\rightarrow L_f$

L= Jumlah level/taraf

f = Jumlah faktor

Contoh = Pola eksperimen 3^2 , atau $L=3$ dan $f=2$

Artinya eksperimen faktorial dengan 2 faktor yang masing-masing faktor mempunyai 3 level dan eksperimen faktorialnya berjumlah 9.

Model Statistiknya :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{k(ij)}$$

dengan $i = 1, 2, 3$
 $j = 1, 2, 3$
 $k = 1, 2, \dots, r$

Keterangan : Y_{ijk} : Variabel respon hasil observasi ke-k yang terjadi karena

Pengaruh bersama taraf ke i faktor A dan taraf ke j faktor B,

μ : Efek rata-rata keseluruhan ,

A_i : Efek taraf ke i faktor A,

B_j : Efek taraf ke j faktor B,

AB_{ij} : Efek interaksi antara taraf i faktor A dan taraf ke j faktor B,

$\epsilon_{k(ij)}$: Efek unit eksperimen ke k dalam kombinasi perlakuan (ij).

Penelitian yang akan penulis lakukan menggunakan desain eksperimen faktorial 3^2 yang artinya ada dua faktor A dan B, tiap faktor bertaraf tiga. Skema kombinasi perlakuan dengan model tanpa replikasi memperlihatkan bahwa tiap sel kombinasi perlakuan hanya dikenakan kepada satu unit eksperimen. Akibatnya, hanya efek-efek A dan B saja yang dapat diuji dengan statistic F dibentuk sebagai rasio KT (sumber variasi A) dan KT (sumber variasi B) terhadap KT (sumber variasi AB), sedangkan interaksi AB tidak dapat diuji. Dengan kata lain, sumber variasi kekeliruan tidak ada, atau boleh dikatakan *melekat* pada atau *baur* dengan interaksi AB.

Agar interaksi AB dapat diuji, maka dalam eksperimen perlu dilakukan replikasi dalam kesembilan sel, dengan kata lain perlu dilakukan eksperimen terhadap lebih dari satu unit eksperimen untuk tiap kombinasi perlakuan.

Tabel 3.3 Skema data sampel untuk desain eksperimen faktorial axb (n Observasi tiap sel)

		Faktor B				Jumla h	Rata- rata
Taraf		1	2 b		
Faktor A	1	Y ₁₁₁	Y ₁₂₁	...	Y _{1b1}		
		Y ₁₁₂	Y ₁₂₂	...	Y _{1b2}		
		.	.		.		
		.	.		.		
		Y _{11n}	Y _{12n}	...	Y _{1bn}		
	Jumlah	J ₁₁₀	J ₁₂₀	...	J _{1b0}	J ₁₀₀	
	Rata-rata	\bar{Y}_{110}	\bar{Y}_{120}	...	\bar{Y}_{1b0}		\bar{Y}_{100}

	.						
	.						
.....	
.....	
A	Y _{a11}	Y _{a21}	...	Y _{ab1}			
	Y _{a12}	Y _{a22}	...	Y _{ab2}			
	.	.		.			
	.	.		.			
	Y _{a1n}	Y _{a2n}	...	Y _{abn}			
Jumlah	J _{a10}	J _{a20}	...	J _{ab0}	J _{a00}		
Rata-rata	\bar{Y}_{a10}	\bar{Y}_{a20}	...	\bar{Y}_{ab0}		\bar{Y}_{a00}	
Jumlah Besar	J ₀₁₀	J ₀₂₀	...	J _{0b0}	J ₀₀₀		
Rata-rata besar	\bar{Y}_{010}	\bar{Y}_{020}	...	\bar{Y}_{0b0}		\bar{Y}_{000}	

Keterangan dari tabel di atas huruf A,B untuk menyatakan faktor, banyak taraf untuk tiap faktor akan dinyatakan dengan huruf kecil sesuai dengan huruf besar yang menyatakan faktor. Jadi taraf faktor A adalah a, taraf faktor B adalah b sehingga secara umum, taraf ke I dalam faktor A dapat ditulis A_i ($i= 1,2,\dots,a$) dan taraf ke j dalam faktor B dapat ditulis sebagai B_j ($j= 1,2,\dots,b$). Apabila salah satu faktor atau kedua faktor bertaraf kuantitatif dan berinterval sama, selanjutnya kita dapat menentukan efek-efek linier dan kuadrat faktor-faktor tersebut, termasuk semua interaksinya. Untuk keperluan ANAVA perlu dihitung harga-harga jumlah-jumlah kuadrat JK

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2, \text{ dengan } dk = abn$$

J_{i00} = Jumlah nilai pengamatan yang ada dalam taraf ke i faktor A.

$$= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

J_{0j0} = Jumlah nilai pengamatan yang ada dalam taraf ke j faktor B.

$$= \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

J_{ij0} = Jumlah nilai pengamatan yang ada dalam taraf ke i faktor A dan dalam taraf j faktor B.

$$= \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

J_{000} = Jumlah nilai semua pengamatan

$$= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}$$

$R_y = J_{000}^2/abn$, dengan $dk = 1$.

A_y = Jumlah kuadrat - kuadrat (JK) untuk semua taraf faktor A.

$$= bn \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{000})^2$$

$$= \sum_{i=1}^a (J_{i00}^2/bn) - R_y, \text{ dengan } dk = (a - 1)$$

B_y = Jumlah kuadrat - kuadrat (JK) untuk semua taraf faktor B.

$$= an \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{0j0} - \bar{Y}_{000})^2$$

$$= \sum_{j=1}^b (J_{0j0}^2/an) - R_y, \text{ dengan } dk = (b - 1)$$

J_{ab} = Jumlah kuadrat - kuadrat (JK) antar sel untuk daftar a x b.

$$= n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{000})^2$$

$$= \sum_{i=1}^a (J_{ij0}^2/n) - R_y$$

AB_y = Jumlah kuadrat - kuadrat (JK) untuk interaksi antara faktor A dan faktor B.

$$= n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{ijo} - \bar{Y}_{i00} - \bar{Y}_{0jo} - \bar{Y}_{000})^2$$

$$= J_{ab} - A_y - B_y, \text{ dengan dk} = (a-1)(b-1)$$

$E_y = \sum Y^2 - R_y - A_y - B_y - AB_y, \text{ dengan dk} = ab(n-1)$

Tabel 3.4 Daftar ANAVA untuk desain faktorial a x b

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F
Rata - rata Perlakuan	1	R_y	R	Bergantung pada sifat taraf faktor
A	a-1	A_y	A	
B	b-1	B_y	B	
AB	(a-1)(b-1)	Aby	AB	
Kekeliruan	ab(n-1)	E_y	E	
Jumlah	abn	$\sum Y^2$	--	--

Tabel diatas merupakan daftar ANAVA untuk desain faktorial a x b desain acak sempurna (n Pengamatan tiap sel). Kolom terakhir dalam daftar ANAVA diatas tampak bahwa untuk menghitung statistik F guna melakukan pengujian statistik, perlu diketahui model mana yang diambil. Model yang dimaksud ditentukan oleh sifat taraf tiap faktor, apakah tetap atau acak, pada penelitian ini penulis akan menggunakan model tetap atau model I.

Penelitian ini menggunakan model tetap atau model I, apabila peneliti hanya mempunyai a buah faktor A dan hanya b buah faktor B dan semuanya digunakan dalam eksperimen yang dilakukan, maka model yang diambil adalah model tetap. Ini berarti bahwa taraf untuk masing-masing faktor tetap banyaknya dan kesemuanya digunakan dalam eksperimen.

Asumsi yang digunakan untuk model ini adalah:

$$\sum_{i=1}^a A_i = \sum_{j=1}^b B_j = \sum_{i=1}^a AB_{ij} = \sum_{j=1}^b AB_{ij} = 0$$

3.6.2 Uji Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan yang masih lemah kebenarannya dan perlu dibuktikan atau dugaan yang sifatnya masih sementara. Pengujian hipotesis akan menghasilkan keputusan menerima atau menolak hipotesis. Penolakan suatu hipotesis bukan berarti disimpulkan bahwa hipotesis salah, dimana bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis. Penerimaan hipotesis sebagai akibat tidak cukupnya bukti untuk menolak dan tidak berimplikasi bahwa hipotesis itu pasti benar. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikansi α sebesar 5% atau 0,05 dengan artian ada kemungkinan lima diantara seratus keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru (Sudaryono, 2012).

Sedangkan hipotesis nol yang harus diuji dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_{01} : A_i = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a)$$

$$H_{02} : B_j = 0 ; (j = 1, 2, \dots, b)$$

$$H_{03} : AB_{ij} = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a \text{ dan } j = 1, 2, \dots, b)$$

Hipotesis nol H_{01} menyatakan bahwa tidak terdapat efek faktor A di dalam eksperimen itu, sedangkan H_{02} menyatakan tidak terdapat efek faktor B. Untuk menyatakan didalam eksperimen itu terdapat efek interaksi antara faktor A dan B maka digunakan H_{03} . Hipotesis alternatifnya berturut-turut adalah terdapat efek faktor A, efek faktor B dan interaksi AB.

$H_0 = 0$ (Variasi debit dan jenis cairan pendingin atau efek interaksi keduanya tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati (kekasaran Al 6061 pada proses *Drilling*))

$H_1 > 0$ (Variasi debit dan jenis cairan pendingin atau efek interaksi keduanya berpengaruh positif terhadap respon yang diamati (kekasaran Al 6061 pada proses *Drilling*))

Harga statistik F dapat ditentukan untuk menguji ketiga hipotesis di atas maka EKT (*ekspektasi KT*) perlu diketahui bentuknya, dan ini dapat dilihat seperti dalam tabel berikut:

Tabel 3.5 EKT untuk eksperimen faktorial a x b (n Observasi tiap sel)

Sumber Variasi	EKT
Rata-rata	
Perlakuan:	
A	$\sigma_{\epsilon}^2 + nb \sum_{i=1}^a A_i^2 / (a - 1)$
B	$\sigma_{\epsilon}^2 + na \sum_{j=1}^b B_j^2 / (b - 1)$
AB	$\sigma_{\epsilon}^2 + na \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (AB)_{ij}^2 / (a - 1)(b - 1)$
Kekeliruan E	σ_{ϵ}^2

Setelah memperhatikan EKT dalam tabel di atas dan menggunakan hasil-hasil dari Tabel 3.5, maka untuk menguji

H_{01} dipakai statistik $F = A/E$,

H_{02} dipakai statistik $F = B/E$, dan

H_{03} dipakai statistik $F = AB/E$

Pembentukan rasio F, yakni (A/E, B/E, dan AB/E) dalam tabel 3.4 diperlihatkan oleh anak panah ; pembilang dinyatakan oleh pangkal dan penyebut dinyatakan oleh ujung anak panah. EKT pembilang berisikan satu suku lebih banyak daripada EKT penyebut agar rasio F bisa terjadi. Semua suku dalam EKT penyebut harus sama dengan suku-suku dalam EKT pembilang yang bukan satu suku lebih.

Daerah kritis pengujian ditentukan oleh:

$F_{\alpha} (a - 1, ab(n - 1))$ untuk hipotesis H_{01} ,

$F_{\alpha} (b - 1, ab(n - 1))$ untuk hipotesis H_{02} dan

$F_{\alpha} ((a - 1)(b - 1), ab(n - 1))$ untuk hipotesis H_{03} .

Kriteria Pengambilan Keputusan :

1. Jika $F_{hitung} < F_{tabel 5\%}$, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi debit dan jenis cairan pendingin atau efek interaksi antara keduanya tidak berpengaruh terhadap kekasaran Al 6061 pada proses *Drilling* atau dengan kata lain Terima H_0 dan Tolak H_1
2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel 5\%}$, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi debit dan jenis cairan pendingin atau efek interaksi antara keduanya berpengaruh terhadap kekasaran Al 6061 pada proses *Drilling* atau dengan kata lain Tolak H_0 dan Terima H_1

Selanjutnya bila dari hasil pembacaan makna uji F menunjukkan pengaruh terhadap peubah yang dikenai perlakuan, maka dilakukan uji pembandingan perlakuan (pengujian dua rata – rata perlakuan) : Metode uji BNJ, BNT, dan JND Sastrosupadi (2000).

3.6.3 Uji Pembandingan Perlakuan (Uji Lanjutan)

Jika H_0 diterima berarti semua perlakuan yang dicobakan memberikan pengaruh yang sama, tetapi jika H_1 yang diterima berarti paling sedikit terdapat sepasang nilai tengah perlakuan yang berbeda. Untuk mengetahui pasangan perlakuan mana yang mempunyai nilai tengah yang berbeda tersebut, maka perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk mengetahui perbedaan diantara nilai tengah perlakuan tersebut.

Memilih uji beda (pembandingan) perlakuan yang akan digunakan dalam suatu percobaan harus memperhitungkan bahwa uji beda yang dipilih mampu menuntun kita mudah memilih perlakuan terbaik yang logisnya memang terbaik. Kesalahan dalam memilih metode uji beda dapat dihindari jika peneliti dapat mengkombinasikan kondisi percobaan (nilai galat) dengan derajat ketelitian.

Beberapa uji lanjutan yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

1. Metode uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menggunakan simpangan rata – rata umum dan distribusi Q sebagai dasar pengujian hipotesisnya, dimana pada taraf $\alpha = 5\%$ nilainya bervariasi dari 2,77–16,77,

2. Metode uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menggunakan simpangan rata – rata deviasi dan distribusi *t-student* sebagai dasar pengujian hipotesisnya, dimana pada taraf $\alpha = 5\%$ nilainya bervariasi dari 1,96 – 4,30,
3. Metode uji Jarak Nyata Duncan (JND) menggunakan simpangan rata – rata umum dan distribusi P sebagai dasar pengujian hipotesisnya, dimana pada taraf $\alpha = 5\%$ nilainya bervariasi dari 2,77 – 6,09.

Derajat ketelitian suatu percobaan dapat dilihat dari nilai koefisien Keragamannya (KK), semakin kecil nilai KK berarti semakin kecil pengaruh kondisi percobaan dan sebaliknya. Daftar tabel 3.6 berikut menunjukkan derajat ketelitian berdasarkan nilai KK kondisi percobaan:

Tabel 3.6 Derajat ketelitian berdasarkan nilai KK kondisi percobaan

Nlai KK	Kondisi Percobaan	Kriteria Penilaian	Jenis Uji
< 5%	Homogen	Kecil	BNJ
< 10%	Heterogen	Kecil	BNJ
5 – 10%	Homogen	Sedang	BNT
10 – 20%	Heterogen	Sedang	BNT
.> 10%	Homogen	Besar	JND
> 20%	Heterogen	Besar	JND

Sumber: Anrosana, 2010

Berdasarkan nilai KK nya dan kondisi percobaan maka dapat ditentukan penggunaan uji lanjutan yang sesuai yaitu: bila nilai KK nya kecil sebaiknya dilanjutkan dengan uji BNJ, bila nilai KK nya sedang sebaiknya dilanjutkan dengan uji BNT dan apabila nilai KK nya besar sebaiknya dilanjutkan dengan uji JND.

Formulasi perhitungan nilai Koefisien Keragaman (KK) Adalah sebagai berikut :

$$KK = \sqrt{KTG} / \text{Rata – rata total} \times 100\%$$

Formulasi perhitungan nilai Uji BNJ, JND, dan BNT adalah sebagai berikut:

$$\text{BNJ} = Q_{\alpha} \sqrt{s^2 / n}$$

Dimana:

$$\text{JND} = P_{\alpha} \sqrt{s^2 / n}$$

s^2 = kuadrat tengah galat

$$\text{BNT} = t_{\alpha} \sqrt{2 \cdot s^2 / n}$$

n = jumlah ulangan

Setelah menghitung nilai uji lanjutan, lihat tabel Derajat bebas (DB) galat dengan α 5%, hitung nilai uji lanjutan dengan α 5%, dilanjutkan menghitung selisih rata – rata perlakuan A,B,C, dan D. Bandingkan nilai uji lanjutan 5%, jika nilai selisih dua rata – rata perlakuan lebih besar daripada nilai uji lanjutan 5% berarti terdapat pengaruh variasi debit dan jenis cairan pendingin antara kedua perlakuan, dan sebaliknya jika lebih kecil daripada nilai uji lanjutan 5% berarti tidak terdapat pengaruh fraksi volume antar perlakuan.

Tabel 3.7 Data hasil uji lanjutan

Perlakuan	Nilai Tengah	Selisih	Uji Lanjutan	Notasi
			5%	
D	D			a
C	D-C			b
B	D-B C-B			a
A	D-A C-A B-A			a

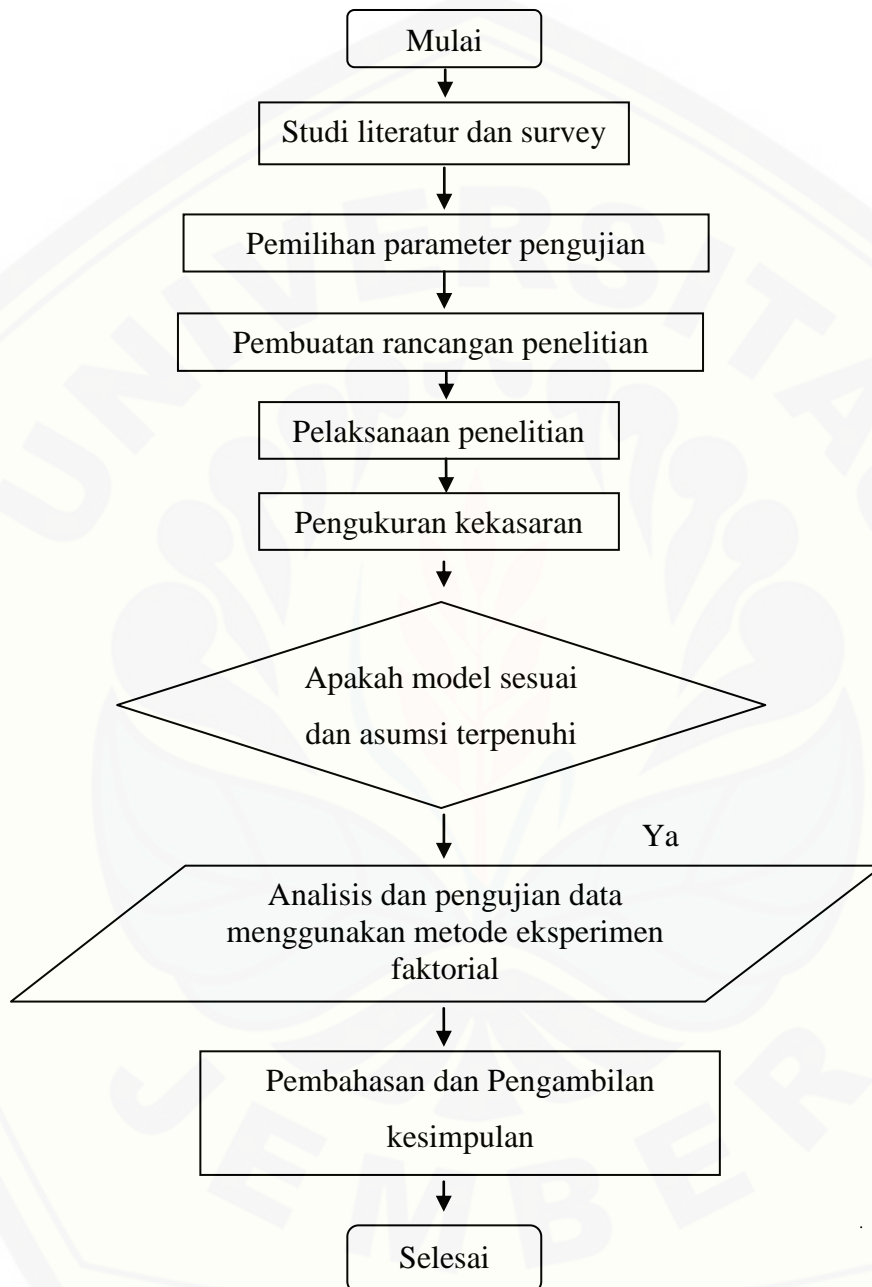
untuk pemberian notasi dapat dilambangkan:

a : tidak berpengaruh

b : berpengaruh

3.7 Flowchart Penelitian

Proses dalam penelitian ini dapat digambarkan pada *flow chart* sebagai berikut:



Gambar 3.7 *Flowchart* penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian Kekasaran permukaan hasil dari proses *Drilling* menggunakan *TR220 Portable Roughness Tester* dengan *Cutoff Length* (panjang jelajah *Pick Up*) 0,8 mm.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kekasaran awal empat sisi lubang

NO	Jenis Cairan Pendingin	Debit (L/Detik)	Harga Kekasaran (μm)				Rata-rata Kekasaran
			Bawah	Kiri	Kanan	Atas	
1.	Campuran Oli+Air (1:40)	0,01	1,114	1,0193	1,083	1,233	1,131
2.		0,01	0,816	1,351	2,511	1,009	1,422
3.		0,01	1,159	1,414	0,751	0,474	0,949
4.		0,0075	1,046	2,113	1,317	0,949	1,356
5.		0,0075	1,024	1,573	1,024	1,189	1,203
6.		0,0075	1,556	0,767	1,603	2,110	1,509
7.		0,005	1,660	2,369	2,379	1,109	1,879
8.		0,005	0,791	0,767	0,718	0,861	0,784
9.		0,005	0,486	0,939	0,830	0,920	0,794
10.		Campuran Oli+Air (1:30)	0,01	0,571	1,553	0,964	1,731
11.	0,01		0,933	1,668	0,711	0,988	0,925
12.	0,01		0,972	1,056	1,109	0,808	0,986
13.	0,0075		0,802	1,486	1,171	0,975	1,109
14.	0,0075		0,557	1,378	1,319	0,806	1,015
15.	0,0075		0,782	1,027	0,909	0,636	0,839
16.	0,005		1,968	1,948	0,889	0,818	1,406
17.	0,005		1,936	1,054	1,168	1,398	1,164
18.	0,005	2,290	0,882	1,440	1,064	1,419	

19.	Cairan Pendingin Komersil (Dromus)	0,01	1,911	0,685	0,707	0,463	0,942
20.		0,01	2,530	1,446	1,418	1,797	1,798
21.		0,01	1,062	1,522	0,520	0,387	0,873
22.		0,0075	1,219	1,539	1,163	1,692	1,403
23.		0,0075	1,502	1,470	0,480	1,448	1,225
24.		0,0075	1,371	1,103	1,049	0,676	1,049
25.		0,005	1,785	1,807	1,039	1,135	1,442
26.		0,005	1,478	0,847	0,745	0,578	0,912
27.		0,005	1,630	1,670	1,446	1,082	1,457

Tabel 4.2 Harga Kekasaran Total dan Rata-rata

No.	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Debit (L/Detik)			Total Ra (μm)
		0,01	0,0075	0,005	
1.	Campuran Oli+Air (1:40)	1,131	1,356	1,879	4,366
2.		1,422	1,203	0,784	3,409
3.		0,949	1,509	0,794	3,252
	Jumlah	3,502	4,068	3,457	11,027
4.	Campuran Oli+Air (1:30)	1,205	0,925	0,986	3,116
5.		1,109	1,015	0,839	2,963
6.		1,406	1,164	1,419	3,989
	Jumlah	3,72	3,104	3,244	10,068
7.	Cairan Pendingin Komersil (Dromus)	0,942	1,403	1,442	3,787
8.		1,798	1,225	0,912	3,935
9.		0,873	1,049	1,457	3,379
	Jumlah	3,613	3,677	3,811	11,101
Total Ra (μm)		10,835	10,849	10,512	32,196

4.2 Analisis dan Hasil Penelitian

Pengujian pengaruh Variasi Debit dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan A1 6061 pada Proses *Drilling* dilakukan dengan menggunakan ANAVA desain faktorial dengan bantuan software SPSS 16.0, dari proses analisis didapatkan tabel ANAVA sebagai berikut:

Tabel 4.3 Tabel ANAVA Pengujian Kekasaran Permukaan A1 6061

SK	db	JK	KT	F-hit	Sig.	F-tabel (5%)
Jenis cairan	2	0.074	0.037	0.357	0.705	3.554
debit	2	0.059	0.029	0.283	0.757	3.554
Interaksi	4	0.230	0.057	0.555	0.698	2,928
Galat	18	1.861	0.103			
Total	26	2.224				

Berdasarkan Tabel 4.3 pada sumber keragaman (SK) jenis cairan, didapatkan nilai F-hitung sebesar 0.357. Tabel distribusi F dengan db $n_1 = 2$ dan $n_2 = 18$ didapatkan F-tabel sebesar 3.554 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.357 < 3.554$), dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan beberapa jenis cairan pendingin yang digunakan terhadap kekasaran permukaan A1 6061 atau terima H_0 dan tolak H_1 .

Pada sumber keragaman (SK) debit, didapatkan nilai F-hitung sebesar 0.283. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 2$ dan $n_2 = 18$ didapatkan F-tabel sebesar 3.554 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0,283 < 3.554$), dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan beberapa variasi debit cairan pendingin yang digunakan terhadap kekasaran permukaan A1 6061 atau terima H_0 dan tolak H_1 .

Pada sumber keragaman (SK) Interaksi, didapatkan nilai F-hitung sebesar 0.555. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 4$ dan $n_2 = 18$ didapatkan F-tabel sebesar 2,928 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.555 < 2,928$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara faktor jenis cairan pendingin yang dipakai dengan variasi debit terhadap kekasaran permukaan Al 6061 atau terima H_0 dan tolak H_1 .

Dari keseluruhan data hasil pengukuran diatas, ketiga macam cairan pendingin dan ketiga macam variasi debit atau interaksi antara keduanya berpengaruh terhadap kekasaran permukaan Al 6061 yang tidak berbeda secara nyata. Dengan kata lain, kedua parameter diatas atau interaksi dari keduanya sama efektifnya sehingga cairan pendingin campuran oli dengan air atau cairan pendingin komersil (Dromus) serta variasi debit mana saja akan memberikan hasil yang secara nyata tidak berbeda.

4.3 Pembahasan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakraturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan terlihat pada profil permukaan. Penyebab kekasaran ada beberapa faktor, diantaranya yaitu; mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram. Kualitas suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan dapat dinyatakan dengan menganggap jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam sebagai ukuran dari kekasaran permukaan dapat juga dinyatakan dengan jarak rata-rata dari profil ke garis tengah.

Saat pengujian kekasaran permukaan Al 6061 menggunakan *Portable Roughness Tester*, panjang sampel pengukuran adalah 0,8 mm sesuai dengan standar (Sumber: Dasar-Dasar Metrologi Industri Bab VII-Pengukuran Kekasaran Permukaan: 230) yang menunjukkan bahwa tingkat rata-rata kekasaran permukaan

pada proses *Drilling* yaitu selang N7-N10 dengan harga kekasaran (Ra) 1,6 – 12,5 μm . “Angka kekasaran (ISO number) dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kesalahan atas satuan harga kekasaran, jadi spesifikasi kekasaran dapat langsung dituliskan nilainya atau dengan menuliskan angka kekasaran ISO. Panjang sampel pengukuran disesuaikan dengan angka kekasaran yang dimiliki oleh suatu permukaan. Apabila panjang sampel tidak dicantumkan didalam penulisan simbol berarti panjang sampel 0,8 mm (bila diperkirakan proses pemesinannya halus sampai sedang) dan 2,5 mm (bila diperkirakan proses pemesinannya kasar)”. (Taufiq Rochim, 2001: 55-63). Hasil pengujian kekasaran menunjukkan semua harga kekasaran permukaan Al 6061 yang dihasilkan dari proses *Drilling* berada pada batas yang telah ditetapkan.

Data hasil pengujian kekasaran dengan analisis desain faktorial menunjukkan beberapa jenis cairan pendingin yaitu campuran Oli+Air (1:40), campuran Oli+Air (1:30), dan cairan pendingin komersil (Dromus 1:30) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*, terbukti bahwa berdasarkan Tabel 4.3 pada sumber keragaman (SK) jenis cairan, didapatkan nilai F-hitung sebesar 0.357. Tabel distribusi F dengan db $n_1 = 2$ dan $n_2 = 18$ didapatkan F-tabel sebesar 3.554 pada taraf 5%, Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.357 < 3.554$), artinya ketiga cairan pendingin tidak berbeda secara nyata atau sama efektifnya ketika digunakan sebagai pendingin pada proses pemesinan khususnya proses *Drilling*. Hasil ini sesuai dengan teori bahwa “Cairan pendingin dari minyak (dan kombinasi/turunannya) mempunyai daya lumas dan daya lindung terhadap korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis cairan pendingin lainnya”. (Rochim T, 2007:118).

Hasil diatas juga sesuai dengan hipotesis yang dibuat penulis yaitu efektifitas cairan pendingin campuran air dengan oli lebih tinggi atau minimal sama dengan cairan pendingin komersil, berdasar pada fungsi oli sebagai pelumas dan pendingin

mesin, kemungkinan besar sama fungsinya pada saat digunakan dalam proses pemesinan.

Data hasil pengujian kekasaran dengan analisis desain faktorial menunjukkan bahwa tiga variasi debit cairan pendingin yaitu 0,01 L/detik; 0,0075 L/detik; dan 0,005 L/detik tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling*. Seperti yang tercantum dalam hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pada sumber keragaman (SK) debit, didapatkan nilai F-hitung sebesar 0,283. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 2$ dan $n_2 = 18$ didapatkan F-tabel sebesar 3,554 pada taraf 5%, jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0,283 < 3,554$) yang artinya ketiga variasi debit cairan pendingin di atas tidak berbeda secara nyata atau sama efektifnya ketika digunakan sebagai pendingin pada proses pemesinan. Hasil ini menunjukkan perbedaan dengan hasil penelitian Ferydyanto (2012) **Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Proses Bubut pada Baja ST 42 Akibat Variasi Debit Cairan Pendingin**, yaitu dengan parameter pemotongan seperti debit cairan pendingin, putaran benda kerja, dan kedalaman pemakanan pada proses bubut, yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap kekasaran benda kerja adalah debit cairan pendingin, dalam penelitiannya dihasilkan pengaruh parameter proses bubut dengan nilai kekasaran dan laju keausan paling tinggi. Nilai kekasaran permukaan paling rendah terjadi pada debit cairan pendingin (q) 0,01 L/detik, putaran spindel (n) 370 Rpm, dan kedalaman pemakanan (a) 0,5 mm dengan nilai log kekasaran 2,98 μm . Sedangkan nilai kekasaran permukaan paling rendah terjadi pada debit cairan pendingin (q) 0,0045 L/detik, putaran spindel (n) 460 Rpm, dan kedalaman pemakanan (a) 1,5 mm dengan nilai log kekasaran 2,98 μm . Perbedaan ini bisa terjadi karena berbeda proses pemesinannya, kedalaman pemakanan, dan putaran spindel, karena pada penelitian yang dilakukan penulis proses pemesinannya yaitu *Drilling*, sedangkan penelitian Ferydyanto (2012) proses bubut, untuk kedalaman pemakanan, dan putaran spindel pada penelitian yang penulis lakukan seluruh proses sama, sedangkan penelitian Ferydyanto (2012) bervariasi yang mengakibatkan

perbedaan efektivitas variasi debit cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan benda kerja yang di proses pemesinan. Perbedaan hasil juga bisa disebabkan oleh perbedaan benda kerja antara Alumunium dengan baja ST 42 karena baja lebih mudah mengalami deformasi ketika dikenai proses pemesinan dari pada Alumunium dan pengaturan debit cairan pendingin pada penelitian ini menggunakan manual jadi tingkat pengaturan debitnya kurang maksimal.

Pengaruh Interaksi variasi debit dengan jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 yaitu tidak signifikan, terlihat dari tidak ada pengaruh signifikan variasi debit dan jenis cairan pendingin ketika di analisis dengan eksperimen faktorial. Sumber keragaman (SK) Interaksi, didapatkan nilai F-hitung sebesar 0,555. Tabel distribusi F dengan db $n_1 = 4$ dan $n_2 = 18$ didapatkan F-tabel sebesar 2,928 pada taraf 5%, jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.555 < 2,928$), maka ketika kedua parameter itu digabungkan secara merata akan menghasilkan efektifitas sama atau secara nyata tidak berbeda.

Seluruh hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa campuran oli dengan air (1:30 dan 1:40) efektifitasnya sama dengan cairan pendingin komersil (Dromus 1:30) dengan kisaran debit 0,01 L/detik; 0,0075 L/detik; dan 0,005 L/detik untuk digunakan dalam proses pemesinan khususnya *Drilling*. Artinya campuran oli dengan air dapat menjadi cairan pendingin emulsi alternatif pada proses pemesinan.

Campuran oli dengan air efektifitasnya sama dengan cairan pendingin komersil (Dromus), maka dicari nilai ekonomis dari kedua cairan tersebut. Harga Dromus biasa dijual di pasaran 5 liter Rp.450.000-Rp.500.000, jadi kurang lebih sekitar Rp. 90.000-Rp. 100.000 per liternya, sedangkan oli yang dipakai pada penelitian ini jenis oli TOP 1 khusus motor matic SAE 10 W-40 biasa dijual 1 liter di pasaran dengan kisaran harga Rp.45.000-Rp.50.000, jadi menggunakan cairan pendingin oli akan menghemat biaya kurang lebih Rp.40.000-Rp.50.000 dibandingkan menggunakan cairan pendingin Dromus.

Data harga jual masing-masing cairan pendingin diatas ditemukan selisih harga yang relatif besar yaitu lebih murah cairan pendingin campuran oli dengan air dibandingkan cairan pendingin Dromus, maka campuran oli dengan air dapat digunakan sebagai cairan pendingin pemesinan alternatif yang lebih murah dan efektifitasnya sama atau secara nyata tidak berbeda dengan cairan pendingin Dromus.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian serta analisis data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Campuran Oli+Air (1:40), campuran Oli+Air (1:30) dengan harga viskositas 3 mpa.s dan cairan pendingin komersil (Dromus) dengan harga viskositas 2,75 mpa.s tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* (F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.357 < 3.554$)),
2. Variasi debit cairan pendingin yaitu 0,01 L/detik; 0,0075 L/detik; dan 0,005 L/detik tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* (F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0,283 < 3.554$)),
3. Pengaruh interaksi variasi debit dengan jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan Al 6061 pada proses *Drilling* yaitu tidak signifikan antara keduanya (F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0.555 < 2,928$)),
4. Campuran oli dengan air lebih ekonomis dibandingkan dengan cairan Dromus yaitu jika menggunakan oli maka menghemat biaya kurang lebih Rp. 40.000 – Rp. 50.000 per lter dibandingkan menggunakan cairan pendingin Dromus.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan bahan yang berbeda seperti baja, kuningan, dan lain-lain,
2. Penelitian lanjutan dengan proses pemesinan frais, bubut, sekrup, dan lain-lain,
3. Jika ingin meneliti debit cairan pendingin gunakan pengontrol debit otomatis, agar ukuran debit yang di inginkan tercapai secara teliti,
4. Penelitian lanjutan dengan variasi SAE Oli mesin,

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penerbit Universitas Jember. 2013. *Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah, Edisi Keempat*. Jember. Badan Penerbit Universitas Jember.
- Ferydyanto, E. S. 2012. *Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Proses Bubut pada Baja ST 42 Akibat Variasi Debit Cairan Pendingin*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Nur, Ichlas, Dkk. 2008. Pengaruh Media Pendingin dan Kondisi Pemotongan Logam Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses *Milling* Menggunakan Mesin *CNC Type VMC 200*. *Jurnal Teknik Mesin*. 5 (1): 83-89.
- Nugroho, D. R. 2011. *Analisis Epektifitas Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 37 pada Proses Freis Vertikal*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Prasetya, Tri Adi. 2010. *Pengaruh Gerak Pemakanan dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan pada Material Baja HQ 760*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung: ITB.
- Rochim, Taufiq. 2001. *Spesifikasi, Metrologi dan Kontro Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB.
- Rochim, Taufiq. 2007. *Perkakas dan Sistem Perkakas (Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan)*. Bandung: ITB.
- Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen Faktorial*. Bandung: Tarsito.
- Sastrosupadi, A. 2000. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian, Edisi Revisi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan Jilid 2 untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- <http://muhammaderwanrizal.blogspot.com/2012/09/mesin-cnc.html> [15 Januari 2015].

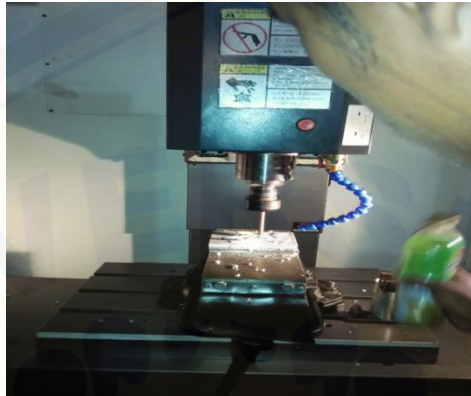
<http://acmam211.en.made-in-china.com/product/XemJzHQZJrRS/China-Vertical-CNC-Machining-Center-VMC-L540-.html> [18 November 2014].

<http://taufikhidayatusk12.blogspot.com/2014/05/rancangan-acak-lengkap-faktorial-dengan.html> [12 April 2015].

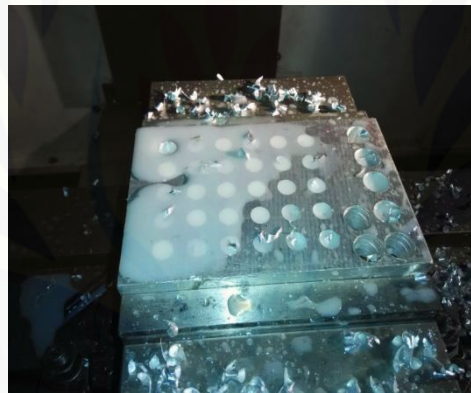


LAMPIRAN

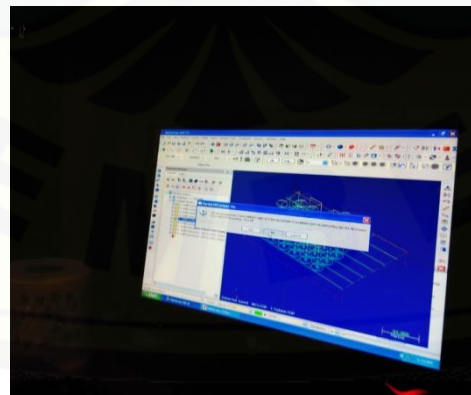
LAMPIRAN A. Rangkaian Penelitian



Proses *Drilling* awalan dengan diameter bor 10 mm



Hasil *Drilling* bor 10 mm



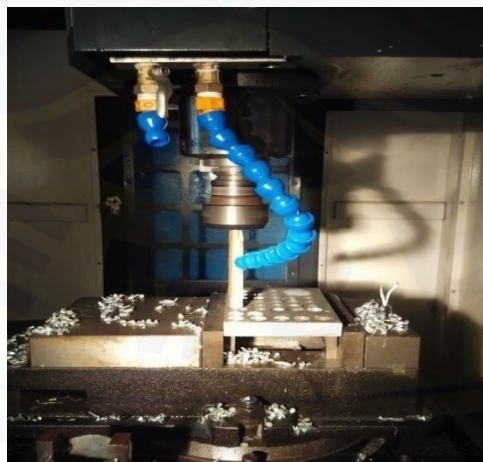
Proses membuat gambar kerja



Membuat adonan cairan pendingin



Tempat cairan pendingin pemesinan (manual)



Proses *Drilling* dengan bor 14 mm



Hasil Proses *Drilling*



Uji kekasaran permukaan



Out put hasil uji kekasaran permukaan

LAMPIRAN B. Uji Statistik

B1. Tabel Distribusi F ($\alpha = 0.05$)

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09

B.2 ANAVA Hasil out put SPSS 16.0

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kekasaran

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.362 ^a	8	.045	.438	.883
Intercept	38.392	1	38.392	371.260	.000
Cairan	.074	2	.037	.357	.705
Debit	.059	2	.029	.283	.757
Cairan * Debit	.230	4	.057	.555	.698
Error	1.861	18	.103		
Total	40.615	27			
Corrected Total	2.224	26			

a. R Squared = ,163 (Adjusted R Squared = -,209)

LAMPIRAN C. Surat Keterangan Penelitian

	PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER DINAS PENDIDIKAN	
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN SMK NEGERI 2 JEMBER Kelompok Teknologi dan Rekayasa Jl. Tawangmangu No. 59 Telp. Faks. (0331) 337930, 331376 Website : www.smkn2jember.sch.id , E-mail : smkn2jember@yahoo.com J E M B E R - 68126		
SURAT KETERANGAN No. 070/072/413.03.20523756/2015		
Yang bertanda tangan dibawah ini, Kepala Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Jember menerangkan bahwa :		
a. Nama	:	M. FIKRI ILHAMSYAH
b. NIM	:	101910101096
c. Jurusan	:	Teknik Mesin
d. Fakultas	:	Teknik, Universitas Jember
e. Guru Pembimbing	:	AGUS DEDI MUSTOFA, S.PdT
f. NIP	:	19840816 201101 1 008
Telah melaksanakan penelitian proses pemesinan Drilling dengan variasi parameter jenis dan debit cairan pendingin dengan benda kerja Al 6061 di Laboratorium Pemesinan CNC SMK Negeri 2 Jember mulai tanggal 26 Januari – 27 Januari 2015		
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.		
Jember, 29 Januari 2015 Kepala Sekolah  Drs. H. PURQON ADI SUCIPTO, MM Pembina Tk.I NIP.19621110 198703 1 020		