



**PENGARUH VARIASI CAMPURAN CAIRAN PENDINGIN
TERHADAP KEAUSAN TEPI PAHAT HSS (*HIGH SPEED
STEEL*) PADA PROSES BUBUT *ROUGHING* ST 42**

SKRIPSI

Oleh

Mochammad Wildan Tryanto

NIM 111910101034

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



**PENGARUH VARIASI CAMPURAN CAIRAN PENDINGIN
TERHADAP KEAUSAN TEPI PAHAT HSS (*HIGH SPEED
STEEL*) PADA PROSES BUBUT *ROUGHING* ST 42**

SKRIPSI

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

Oleh

Mochammad Wildan Tryanto

NIM 111910101034

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

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini dibuat sebagai perwujudan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala berkah rahmat dan rizki-Nya, serta kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW;
2. Ayahanda Abdul Bari dan Ibunda Jamilah yang senantiasa memberi do'a, dukungan, kepercayaan, dan memberika motivasi serta kasih sayang dan pengorbanan selama ini;
3. Seluruh anggota keluarga, saudara, yang selalu mendoakan hingga terselesaikannya tugas akhir ini;
4. Guru-guruku dari TK, SD, SMP, SMA, dan Dosen Perguruan Tinggi atas semua ilmu yang telah diberikan;
5. Almamaterku Universitas Jember yang aku cintai dan aku banggakan;
6. Teman seperjuangan yang tidak biasa disebutkan namanya satu persatu yang selalu membantu dalam segala hal;
7. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Mesin terutama angkatan 2011 “**Bedebah Mesin Sewelas**”, yang telah memberikan motivasi, dukungan dan doa'anya “**Solidarity Forever**”.

MOTTO

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan ALLAH SWT”

(HR. Turmudzi)

“Jangan meminta bukti bahwa doamu akan dijawab oleh Tuhan, tapi buktikanlah kesungguhan dari doamu”

(Mario Teguh)

“Jika ada kesempatan jangan takut untuk mencoba”

(Mochammad Wildan Tryanto)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mochammad Wildan Tryanto

NIM : 111910101034

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Keausan Tepi Pahat HSS (*High Speed Steel*) Pada Proses Bubut *Roughing* St 42” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2015
Yang menyatakan,

Mochammad Wildan Tryanto
NIM 111910101034

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN CAIRAN PENDINGIN
TERHADAP KEAUSAN TEPI PAHAT HSS (*HIGH SPEED
STEEL*) PADA PROSES BUBUT *ROUGHING* ST 42**

Oleh

Mochammad Wildan Tryanto

NIM 111910101034

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmat Syuhri, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Agus Triono, S. T., M. T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Keausan Tepi Pahat Hss (*High Speed Steel*) Pada Proses Bubut *Roughing* St 42” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : 2015

Tempat : Ruang Ujian Dekanat Fakultas Teknik

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP 19670123 199702 1 001

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP 19700807 200212 1 001

Anggota I,

Anggota II,

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

Dr. R. Koekoeh K W., S.T., M.Eng.
NIP 19670708 199412 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Keausan Tepi Pahat HSS (*High Speed Steel*) Pada Proses Bubut *Roughing* St 42; Mochammad Wildan Tryanto, 111910101034; 2015: 91 Halaman: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Proses Bubut adalah proses penghilangan bagian dari benda kerja yang berputar atau dirotasi dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Pada proses bubut terdapat beberapa tahap, salah satunya tahap *roughing* atau yang sering kita dengar proses bubut kasar. Proses *roughing* sendiri adalah proses pemesinan dimana hasilnya masih kasar. Pada proses bubut salah satu komponen yang berperan penting adalah pahat potongnya. Pada kenyataannya pahat potong pada pembubutan sering kali tumpul atau mengalami keausan. Oleh karena itu perlu adanya komponen pembantu yaitu cairan pendingin yang bisa menurunkan gaya gesek ataupun sebagai pelumas agar pahat tidak mudah tumpul dan tahan lama.

Permasalahan yang di teliti adalah untuk mengetahui pengaruh pengaruh variasi campuran cairan pendingin terhadap keausan tepi pahat HSS (*High Speed Steel*) pada proses bubut *roughing* St 42. Metode yang di pakai untuk mencari pengaruh variable tersebut keausan tepi pahat adalah analisis Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Dari hasil penelitian, dicari variable pengaruh variasi campuran cairan pendingin terhadap keausan tepi pahat paling rendah dan nilai keausan tepi pahat paling tinggi. Nilai keausan tepi pahat paling tinggi didapat dari variable campuran cairan pendingin dengan perbandingan 1:40 dengan viskositas 1,80 mPa.s didapatkan nilai keausan tepi pahat sebesar **0,1880** mm. Nilai keausan tepi pahat paling rendah didapat dari variable campuran cairan pendingin dengan perbandingan 1:20 dengan viskositas 2,20 mPa.s didapatkan nilai keausan tepi pahat sebesar **0,1226** mm.

SUMMARY

The Effect Of Variation A Coolant Liquid Against Wear A Chisel HSS (High Speed Steel) On The Process Of Roughing St 42; Mochammad Wildan Tryanto, 111910101034; 2015: 91 Pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Lathe process is the removal of part of the workpiece is rotating or rotated at a certain speed along with the funeral process done by chisel driven translational parallel to the spin axis of the workpiece. At the turning process, there are several stages, one stage roughing or that we often hear the rough turning process. Roughing process itself is a machining process in which the results are still rough. In the process of turning one of the components that is important is the cutting chisel. In fact chisel cut on turning often dull or wear out. Hence the need for auxiliary components ie cooling fluid can reduce friction or as a lubricant to the chisel is not easily blunted and durable.

The problems in accurately is to determine the effect of variation a coolant liquid against wear a chisel HSS (High Speed Steel) on the process of Roughing St 42. The method in use to look for the influence of these variables is the chisel edge wear analysis completely randomized design (CRD) ,

From the research, the effect of the variation sought variable mixture of coolant against wear lowest edge of chisel and chisel edge wear value most highly. The value of the highest wear chisel edge gained from a variable mixture of liquid coolant in the ratio 1:40 with a viscosity of 1.80 mPa.s obtained wear value of 0.1880 mm chisel edge. The value of the lowest wear chisel edge gained from a variable mixture of liquid coolant in the ratio 1:20 with a viscosity of 2.20 mPa.s obtained wear value of 0.1226 mm chisel edge.

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Swt, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Keausan Tepi Pahat HSS (*High Speed Steel*) Pada Proses Bubut *Roughing* St 42”. Skripsi ini merupakan mata kuliah wajib dan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Selama penelitian dan penulisan laporan Skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Ketua Program Studi S1 jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan pengarahan selama masa kuliah.
6. Bapak Ir. Ahmat Syuhri, M.T selaku Dosen Pembimbing I, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
7. Bapak Dr. Agus Triono, S. T., M. T. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
8. Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji I, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
9. Bapak Dr. R. Koekoeh K. W., S. T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.

10. Mas Kurniawan selaku Asisten Dosen Lab. Metalurgi yang telah membantu dalam melakukan proses pengukuran keausan tepi pahat di kampus Universitas Brawijaya Malang.
11. Bapakku Abdul Bari, Ibuku Jamilah, dan kakaku Lusiana Febriani S.K.M., dan Dwi Achmad Budi Raharjo S.T.P. yang telah memberikan dukungan moril, materil, do'a dan semangat demi terselesainya kuliahku.
12. Dosen – dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
13. Teknisi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
14. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2011 khususnya dan semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Jember pada umumnya.
15. Teman – teman beserta seluruh pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan skripsi ini.

Skripsi ini disusun berdasarkan data-data yang di peroleh dari studi lapangan dan studi kepustakaan serta uji coba yang dilakukan, walaupun ada kekurangan itu diluar kemampuan saya sebagai penulis, oleh karena itu penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

Jember, 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mesin Bubut (<i>Turning</i>)	5
2.1.1 Pengertian Mesin Bubut	5
2.1.2 Bagian – Bagian Mesin Bubut	5
2.1.3 Prinsip Dasar Pembubutan.....	6
2.2 Material Pahat	8
2.2.1 Pengertian Pahat.....	8
2.2.2 Pahat HSS (<i>High Speed Steel</i>)	9
2.2.3 Geometri Pahat.....	10

2.2.4 Elemen Pahat	11
2.2.5 Bidang Pahat	12
2.2.6 Kerusakan dan Keausan Pahat	12
2.2.7 Bidang Aktif Pahat Yang Mengalami Keausan	13
2.2.8 Mekanisme Keausan dan Kerusakan Pahat	14
2.2.9 Pertumbuhan Keausan.....	17
2.3 Proses Pendinginan (<i>Cooling</i>).....	17
2.3.1 Cairan Pendingin.....	18
2.3.2 Jenis Cairan Pendingin	18
2.3.3 Metode Pendinginan.....	19
2.4 Minyak Goreng Curah	20
2.5 Material St 42.....	20
2.5.1 Pengertian Baja Karbon.....	20
2.5.2 Pengertian St 42	21
2.6 Hipotesis	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Tempat dan Waktu	23
3.3 Bahan dan Alat	23
3.1.1 Alat.....	23
3.1.2 Bahan.....	25
3.4 Variabel Pengukuran.....	26
3.4.1 Variabel Bebas	26
3.4.2 Variabel Terikat	26
3.5 Pelaksanaan Penelitian	26
3.5.1 Prosedur Proses Bubut <i>Roughing</i>	26
3.5.2 Pengujian Keausan Tepi Pahat.....	27
3.5.3 Penyimpanan Data.....	28
3.6 Metode Pengolahan Data.....	29

3.6.1 Metode Pengujian.....	29
3.6.2 Penyajian Data Rancangan Acak Lengkap.....	30
3.6.3 Metode Sidik Ragam.....	31
3.6.4 Uji Hipotesis.....	32
3.6.5 Uji pembandingan perlakuan (Uji Lanjutan).....	33
3.7 Flowchart Penelitian.....	36
3.8 Rencana Jadwal Penelitian.....	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Tinjauan Umum.....	38
4.2 Data Hasil Pengujian.....	38
4.3 Analisis dan Hasil Penelitian.....	40
4.4 Pembahasan.....	41
BAB 5. PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kecepatan Potong Yang Dianjurkan Untuk Pahat HSS	8
2.2 Kecepatan Pemakanan Yang Dianjurkan Untuk Pahat HSS	8
2.3 Harga Radius Pojok.....	11
2.4 Batasan Maksimum Keausan Pahat	17
3.1 Pengukuran Hasil Keausan Tepi Pahat HSS	29
3.2 Pengukuran Hasil Temperatur Disaat Pemakanan Kasar (<i>Roughing</i>) Pada Proses Pembubutan	29
3.3 Data Sampel Untuk Desain Rancangan Acak Lengkap Satu Faktor	31
3.4 Tabel Ansira atau Anova	31
3.5 Derajat Ketelitian Berdasarkan Nilai KK Kondisi Percobaan.....	34
3.6 Data Hasil Uji Lanjutan Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanis.....	35
3.7 Rencana Jadwal Penelitian	37
4.1 Titik Referensi Mata Potong Sebelum Dilakukan Pengujian (P_{s1})	38
4.2 Garis Rata-Rata Bekas Keausan Pada Bidang Utama Sesudah Dilakukan Pengujian (P_{s2})	39
4.3 Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat (VB).....	39
4.4 Hasil Pengukuran Perubahan Temperatur Disaat Pemakanan Kasar (<i>Roughing</i>) Pada Proses Pembubutan	39
4.5 Tabel <i>One-Way</i> ANOVA Pengujian Keausan Tepi Pahat (VB).....	40
4.6 Tabel <i>One-Way</i> ANOVA Pengujian Perubahan Temperatur Disaat Pemakanan Kasar (<i>Roughing</i>)	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Mesin Bubut Serta Bagiannya	5
2.2 Proses Pembubutan	7
2.3 Tingkat Kekerasan Pahat	9
2.4 Pahat HSS (<i>High Speed Steels</i>).....	10
2.5 Geometri Pahat HSS (<i>High Speed Steels</i>).....	11
2.6 Keausan Kawah.....	13
2.7 Keausan Tepi	13
2.8 Keausan Tepi Berdasarkan ISO	14
2.9 Built Up Edge (BUE)	15
2.10 Built Up Edge (BUE).....	16
2.11 Proses Pendinginan	17
2.12 Material ST 42	22
3.1 Pahat potong HSS	24
3.2 <i>Profile Projector</i>	24
3.3 Viscometer.....	24
3.4 <i>Thermometer Gun</i>	25
3.5 Benda Kerja	25
3.6 Gambar Benda Kerja Sebelum Diproses Bubut.....	27
3.7 Gambar Benda Kerja Setelah diproses Bubut.....	27

3.8	Pengukuran keausan tepi pahat. (a) Menentukan garis referensi titik nol dari mata potong. (b) Mata potong digerakkan hingga bersinggungan pada garis referensi. (c) harga keausan V_b yang diukur.....	28
4.1	Gambar Proses Pengukuran Perubahan Temperatur Disaat Pembubutan Kasar (<i>Roughing</i>)	42
4.2	Gambar Titik Referensi Mata Potong Sebelum Dilakukan Pengujian (Ps1)	43
4.3	Gambar Rata-Rata Bekas Keausan Pada Bidang Utama Sesudah Dilakukan Pengujian (Ps2)	44
4.4	Grafik Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Tepi Pahat (VB)	45
4.5	Grafik Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Perubahan Temperatur (T) Disaat Pemakanan Kasar (<i>Roughing</i>)	46

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses Bubut adalah proses penghilangan bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk tertentu. Disini benda kerja akan berputar/dirotasi dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan (*feeding*) (Wijayanto *et al* dalam Maulana, 2013).

Pada proses bubut terdapat beberapa tahap, salah satunya tahap *roughing* atau yang sering kita dengar proses bubut kasar. Proses *roughing* sendiri adalah proses pemesinan dimana hasilnya masih kasar. Ini dikarenakan pada proses *roughing* gaya pemotongannya relatif tinggi sehingga semakin naik kecepatan makan akan menaikkan nilai kekasaran permukaan (Rochim dalam Santoso *et al*, 2014).

Ada banyak contoh material yang digunakan untuk proses membubut, salah satunya adalah material ST 42. Material ST 42 adalah jenis baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto dalam Nevada *and* Eka, 2012).

Untuk kepentingan proses permesinan agar berjalan lancar dan hasil bagus, maka semua komponen yang terlibat dalam proses tersebut harus berjalan dengan baik dan tidak ada kesalahan atau kerusakan pada alat-alatnya. Terdapat bagian penting dari pahat bubut yang sering mengalami kerusakan cukup signifikan sehingga memiliki peran penting dalam menentukan hasil permukaan dari proses pembubutan itu baik atau tidak, yaitu proses keausan pahatnya (Bayuseno, 2010).

Pahat merupakan bagian dari mesin bubut yang memegang peran penting dalam pemotongan logam, karena pahat adalah bagian yang berkontak langsung dengan benda kerja yang dipotong. Ada beberapa kriteria yang harus dimiliki pahat, diantaranya: harus lebih keras dibanding benda kerja, tahan sifat mekanis, dan tahan aus. Terdapat beberapa jenis material pahat, diantaranya: baja karbon, HSS (*High Speed Steel*), paduan cor nonferro, karbida, keramik, CBN (*Cubic Boron Nitrides*), dan intan (Nugroho, 2010).

Pahat HSS adalah baja karbon tinggi yang mengalami proses perlakuan poanas (*heat treatment*) sehingga kekerasan menjadi cukup tinggi dan tahan terhadap temperatur tinggi tanpa menjadi lunak (*annealed*) (Rochim dalam Nugroho, 2010). Pahat HSS dapat digunakan untuk kedalaman pemotongan lebih besar pada kecepatan potong yang lebih tinggi dibanding dengan baja karbon. Apabila telah mengalami keausan, pahat HSS dapat diasah kembali (Nugroho, 2010).

Disisi lain, pada proses produksi harus memperhatikan dalam hal kualitas produk. Kualitas produk dipengaruhi beberapa faktor penentu, salah satunya yaitu cairan pendingin (*coolant*). Seperti halnya yang disampaikan Rochim (2007) menyatakan bahwa dalam beberapa kasus, cairan pendingin juga dapat berfungsi sebagai pelumas untuk mengurangi gaya potong dan memperhalus permukaan. Salah satu cairan pendingin yang biasa digunakan yaitu cairan emulsi, campuran dari air dan minyak. Cairan pendingin dari minyak (dan kombinasi/turunannya) mempunyai daya lumas dan daya lindung terhadap korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan cairan pendingin lainnya.

Syakuri (2012) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi jenis cairan pendingin terhadap keausan tepi pahat HSS pada proses pembubutan ST42. Hasil Dari persamaan regresi dapat diketahui parameter yang paling berpengaruh. Parameter yang paling berpengaruh adalah viskositas cairan, sedang parameter yang pengaruhnya paling kecil adalah kedalaman pemakanan dengan laju keausan terendah 0,101 mm/menit dan laju keausan pahat tertinggi 0,253 mm/menit .

Maulana (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh laju aliran cairan pendingin bertekanan tinggi terhadap keausan tepi pahat HSS pada proses bubut. Hasil yang dicapai adalah semakin tinggi atau rendahnya laju aliran yang

dihasilkan oleh nozzle sangat berpengaruh terhadap keausan pada pahat, karena dapat menurunkan temperature pemotongan antara pahat dan benda kerja dengan nilai keausan terkecil 0,07 mm dan nilai keausan tertinggi 0,39 mm.

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan memvariasikan campuran cairan pendingin pada proses bubut *Roughing* ST 42 dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh campuran cairan pendingin terhadap tingkat keausan tepi pahat HSS.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran cairan pendingin (cairan emulsi minyak goreng curah) terhadap keausan tepi pahat.
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran cairan pendingin (cairan emulsi minyak goreng curah) terhadap perubahan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini akan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini hanya sebatas membahas perlakuan secara teknis, tidak sampai pada reaksi kimia yang terjadi pada cairan pendingin.
2. Pada penelitian ini hanya menganalisa keausan tepi pahat (VB) dan temperatur (T) pemakanan pada saat proses pembubutan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian kali ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran cairan pendingin (cairan emulsi minyak goreng curah) terhadap keausan tepi pahat.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran cairan pendingin (cairan emulsi minyak goreng curah) terhadap perubahan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif cairan pendingin yang lebih mudah untuk didapatkan;
2. Memberikan informasi penting kepada pelaku industri khususnya industri rekayasa manufaktur tentang pengaruh campuran pendingin minyak curah dengan air terhadap dampak keausan tepi pahat HSS pada proses bubut;
3. Memberikan tambahan koleksi pustaka jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

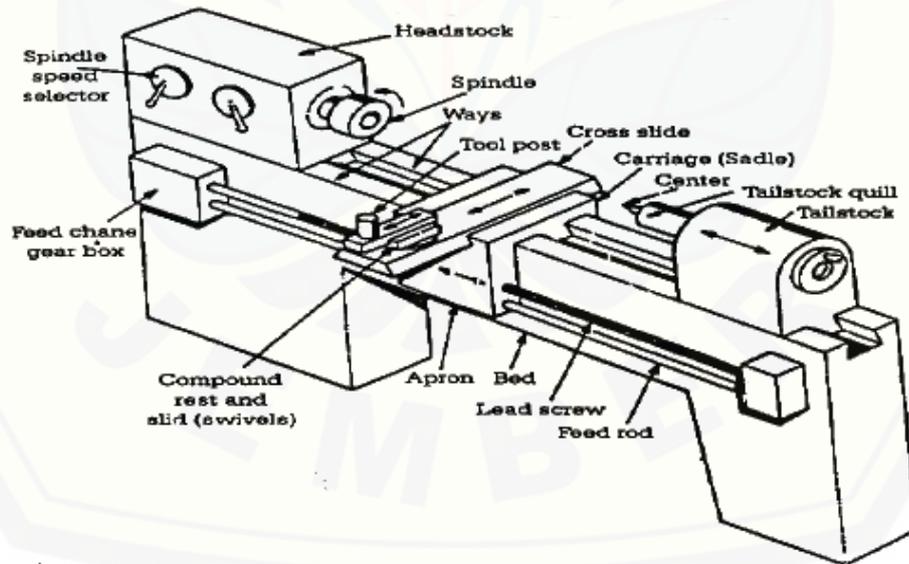
2.1 Mesin Bubut (*Turning*)

2.1.1 Pengertian Mesin Bubut

Mesin bubut (*lathe machining*) merupakan mesin perkakas untuk tujuan proses pemotongan logam (*metal cutting process*). Kekhususan operasi mesin bubut adalah digunakan untuk memproses benda kerja dengan hasil atau bentuk penampang lingkaran (*benda kerja silinder*). Sebab – sebab yang paling memegang peranan digunakannya mesin bubut antara lain: (Winoto, 2011)

1. Banyak bagian konstruksi mesin (*poros, sumbu, pasak tabung, badan roda, sekrup, dan sebagainya*) menurut bentuk dasarnya merupakan benda putar (*benda rotasi*), sehingga membuat benda kerja ini sering digunakan dengan cara pembubutan;
2. Perkakas bubut relatif sederhana dan karenanya juga murah;
3. Proses pembubutan menelupas serpih secara tak terputus sehingga daya sayat yang baik dapat dicapai.

2.1.2 Bagian – Bagian Mesin Bubut



Gambar 2.1 Mesin Bubut Serta Bagiannya

Sumber : Rochim, 2007

Bagian – bagian utama dari mesin bubut antara lain: (Setyawan, 2011)

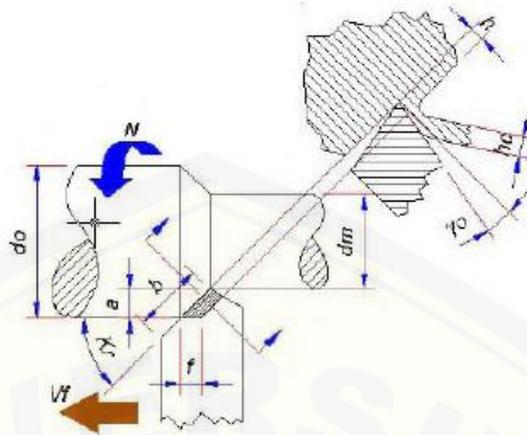
1. *Weys*;
2. *Spindle*;
3. *Chuck* (Pencekam);
4. *Headstock*;
5. *Coumpound rest*;
6. *Feed change gear box*;
7. *Lead screw*;
8. *Feed rod*;
9. Alat penghubung (*shaf*);
10. *Tool post*;
11. *Tailstock*;
12. *Centre lathe*;
13. *Carriage* (sadel);
14. *Mandril*;
15. *Bed*;
16. Eretan;
17. *Quick charge gearbox*;
18. *Speed gearbox*;
19. *Steady rest*;
20. *Follow rest*.

2.1.3 Prinsip Dasar Pembubutan

Proses bubut merupakan suatu proses pembentukan benda kerja dengan mengerjakan permukaan luar yang silindris, permukaan konis, permukaan dalam silindris ataupun konis. Harga putaran poros utama (n) dan gerak makan (f) dapat dipilih dan umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan. Untuk mesin bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (Maulana, 2013).

Pada proses bubut terdapat beberapa tahap, salah satunya tahap *roughing*. Proses *roughing* sendiri adalah proses pemesinan dimana hasilnya masih kasar. Ini dikarenakan pada proses *roughing* gaya pemotongannya relatif tinggi sehingga semakin naik kecepatan makan akan menaikkan nilai kekasaran permukaan (Rochim dalam Santoso *et al*, 2014). Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses pemesinan yaitu: (Rochim, 2007)

- a. Kecepatan potong (*cutting speed*) : v (m/min)
- b. Kecepatan makan (*feeding speed*) : vf (mm/min)
- c. Kedalaman potong (*depth of cut*) : a (mm)
- d. Waktu pemotongan (*cutting time*) : tc (min)
- e. Kecepatan penghasil geram (*rate of metal removal*) : Z (cm³/min)



Gambar 2.2 Proses Pembubutan
Sumber : Rochim, 2007

Elemen proses permesinan tersebut dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan jenis pahat yang digunakan serta besaran mesin perkakas. Elemen dasar dari proses bubut dapat dihitung dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

1. kecepatan potong

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

Dimana : $d = \frac{d_0 + d_m}{2}$ (mm)

2. kecepatan makan

$$vf = f.n \text{ (mm/min)} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Waktu pemotongan

$$t_c = l/vf \text{ (min)} \dots\dots\dots (2.3)$$

4. kecepatan penghasilan geram

$$Z = A. v \text{ (cm}^3\text{/min)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana, penampang geram sebelum terpotong $A = f.a$ (mm²)

$$\text{Maka, } Z = f. a \text{ (cm}^3\text{/min)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

f = gerak makan (mm/rev)

n = putaran spindel (rpm/min)

a = kedalaman potong (mm)

d = diameter rata-rata (mm)

l = panjang pemotongan (mm)

Dari beberapa rumus di atas, dalam menentukan besarnya putaran spindle pada proses bubut mengacu pada standart kecepatan potong yang ditentukan dari jenis pahat dan material yang digunakan. Adapun tabel kecepatan potong adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kecepatan Potong Yang Dianjurkan Untuk Pahat HSS

KECEPATAN POTONG YANG DIANJURKAN UNTUK PAHAT HSS						
MATERIAL	PEMBUBUTAN DAN PENGEBORAN				PENGULIRAN	
	PEKERJAAN KASAR		PEKERJAAN PENYELESAIAN		m/min	ft/min
	m/m enit	ft/mi n	m/mi n	ft/min		
Baja mesin	27	90	30	100	11	35
Baja perkakas	21	70	27	90	9	30
Besi tuang	18	60	24	80	8	25
Perunggu	27	90	30	100	8	25
Aluminium	61	200	93	300	18	60

Sumber: arudamkanateknik.blogspot.com

Tabel 2.2 Kecepatan Pemakanan Yang Dianjurkan Untuk Pahat HSS

Pemakanan yang disarankan untuk pahat HSS				
Material	Pekerjaan kasar		Pekerjaan penyelesaian	
	Milimeter permenit	Inch permenit	milimeter permenit	inch permenit
Baja mesin	0,25-0,50	0,010-0,020	0,07-0,25	0,003-0,010
Baja perkakas	0,25-0,50	0,010-0,020	0,07-0,25	0,003-0,010
Besi tuang	0,40-0,65	0,015-0,025	0,13-0,30	0,005-0,012
Perunggu	0,40-0,65	0,015-0,025	0,07-0,25	0,003-0,010
Aluminium	0,40-0,75	0,015-0,030	0,13-0,25	0,005-0,010

Sumber: arudamkanateknik.blogspot.com

2.2 Material Pahat

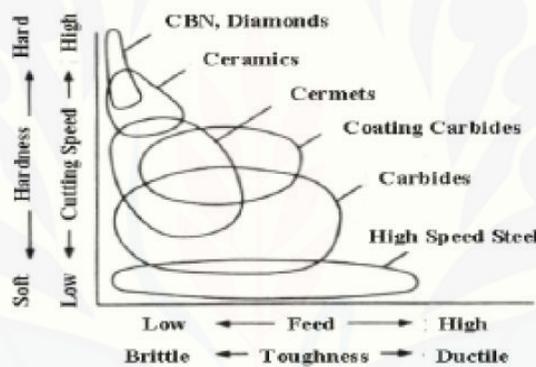
2.2.1 Pengertian Pahat

Pahat merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk memotong atau menyayat (*removal*) benda kerja yang terpasang terhadap bentuk yang diinginkan (Sukandar *et all*, 2009). Pahat yang dipilih harus disesuaikan dengan jenis pemotongan yang dimaksudkan dari suatu ukuran tertentu menjadi ukuran yang dikehendaki (Maulana, 2013).

Ada beberapa kriteria yang harus dimiliki pahat, diantaranya: harus lebih keras dibanding benda kerja, tahan sifat mekanis, dan tahan aus. Terdapat beberapa jenis material pahat, diantaranya: baja karbon, HSS (*High Speed Steel*),

paduan cor nonferro, karbida, keramik, CBN (*Cubic Boron Nitrides*), dan intan (Sri Nugroho dan Kedo Senoaji, 2010). Urutan material pahat dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi ketaas yaitu: (Maulana, 2013)

1. Baja karbon (*high Carbon Steels; Carbon Tool Steels; CTS*);
2. HSS (*High Speed Steel*);
3. Paduan Cor Nonferro (*Cast Nonferrous Alloys; Cast Carbides*);
4. Karbida (*Cemented Carbides; Hardmetals*);
5. Keramik (*Ceramics*);
6. CBN (*Cubit Boron Nitrides*);
7. Intan (*Sintered Diamonds dan Natural Diamonds*).



Gambar 2.3 Tingkat Kekerasan Pahat
Sumber : Kalpakjian Dalam Azwar Maulana, 2013

2.2.2 Pahat HSS (*High Speed Steel*)

Pahat bubut *High Speed Steels* (HSS) merupakan paduan dari 0,75%-1,5% Carbon (C), 4%-4,5% Chromium (Cr), 10%-20% Tungsten (W) dan Molybdenum (Mo), 5% lebih Vanadium (V), dan Cobalt (Co) lebih dari 12% (Childs, dkk, 2000). Pahat HSS dapat digolongkan menjadi tiga kelompok yaitu; *high speed steel*, *molybdenum high speed steel*, dan *superhigh speed steel* (Boothroyd dalam Apri Nuryanto, 2006). *Hot Hardness* dan *recovery hardness* yang cukup tinggi pada pahat HSS dapat dicapai berkat adanya unsur paduan *W*, *Cr*, *V*, *Mo*, dan *Co*. Pengaruh unsur – unsur tersebut pada unsur dasar besi (Fe) dan karbon (C), sebagai berikut: (Setyawan, 2011)

- a. *Tungsten* atau *wolfram* (W), mempertinggi *hot hardness* dengan membentuk (Fe_4W_2C) yang menyebabkan kenaikan temperatur untuk proses *hardening* dan *hot hardness*;
- b. *Chromium* (Cr), menaikkan *hardenability* dan *hot hardness*;
- c. *Vanadium* (V), menurunkan sensitivitas terhadap *overheating* serta menghaluskan besar butir;
- d. *Molybdenum* (Mo), mempunyai efek yang sama seperti W tetapi lebih sensitif terhadap *overheating*, serta lebih liat;
- e. *Cobalt* (Co), untuk menaikkan *hot hardness* dan tahan keausan.

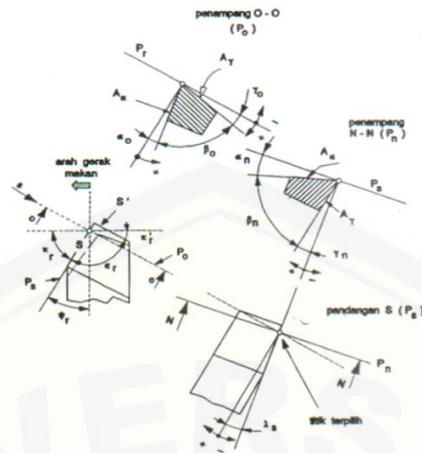


Gambar 2.4 Pahat HSS (*High Speed Steels*)

Sumber : multipresisi.indonetwork.co.id

2.2.3 Geometri Pahat

Geometri atau bentuk pahat bubut tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Pahat potong dapat dibedakan atas dua jenis yaitu, pahat potong bermata tunggal (*single point tool*) dan pahat potong bermata jamak (*multiple point tools*). Pahat bermata tunggal inilah yang biasanya dipakai pada proses pemotongan logam dengan memakai mesin bubut. Pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut geram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*). Sudut – sudut pahat HSS dibentuk dengan cara diasah menggunakan mesin gerinda pahat (*tool grinder machine*) (Rochim, 2007). Terminologi standart ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Geometri Pahat HSS (High Speed Steels)

Sumber : Rochim, 2007

Berikut beberapa geometri sudut pahat yang berpengaruh terhadap tingkat keausan dari pahat, yaitu:

1. Sudut bebas orthogonal (α_o);
2. Sudut geram orthogonal (γ_o);
3. Sudut miring (λ_s);
4. Sudut potong utama (κ_r);
5. Sudut potong bantu ($\kappa'r$);
6. Radius pojok (r_ϵ).

Kedalaman pemakanan (mm)	r_ϵ (mm)
s.d. 3	0.5 s.d. 0.8
3 s.d. 10	0.8 s.d. 1.5
10 s.d. 20	1.5 s.d. 2.0

Tabel 2.3 Harga Radius Pojok

Sumber : Rochim, 2007

2.2.4 Elemen Pahat

Elemen pahat terdiri dari beberapa bagian (Rochim, 2007) yaitu:

1. Badan (body) : merupakan bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong atau tempat sisipan pahat;
2. Pemegang pahat (shank) : merupakan bagian pahat untuk dipasangkan pada bagian mesin perkakas;

3. Lubang pahat (tool bore) : merupakan lubang pada pahat melalui mata pahat yang dapat dipasangkan pada poros utama (spindel);
4. Sumbu pahat (tool axis) : merupakan garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat;
5. Dasar (base) : merupakan bidang rata pada pemegang untuk meletakkan pahat sehingga mempermudah proses pembuatan, pengukuran ataupun pengasahan pahat.

2.2.5 Bidang Pahat

Bidang pahat merupakan permukaan aktif pahat yang sesuai dengan jumlah mata potongnya.. Tiga bidang aktif dari pahat adalah:

1. Bidang geram (*Ayface*) : bidang tempat geram mengalir;
2. Bidang utama atau *mayor* (*Aa principal/mayor flank*) : bidang yang menghadap permukaan transient dari benda kerja;
3. Bidang bantu atau *minor* (*Aa auxiliary/minor flank*) : bidang yang menghadap permukaan terpotong dari benda kerja.

2.2.6 Kerusakan dan Keausan Pahat

Keausan adalah sebuah fenomena yang sering terjadi dalam engineering. Keausan bukan hanya proses tunggal, tetapi dapat berlangsung independen atau secara bersamaan. Keausan pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja, melainkan juga oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses permesinan antara lain:

1. Jenis material benda kerja dan pahat;
2. Kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong, dan gerak makan);
3. Cairan pendingin;
4. Jenis proses pemesinan.

Kerusakan atau keausan pahat dan penyebabnya harus diketahui untuk menentukan tindakan koreksi sehingga dalam proses pemesinan selanjutnya keausan pahat diharapkan dapat diminimalisir (Rochim, 2007).

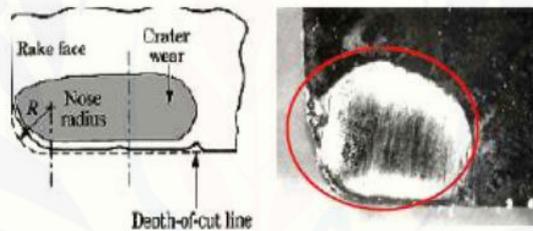
2.2.7 Bidang Aktif Pahat Yang Mengalami Keausan

Selama proses pembubutan berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab antara lain:

1. Keausan secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat;
2. Retak menjalar sehingga menimbulkan patah pada mata potong pahat;
3. Deformasi plastis yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.

Keausan sendiri dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu : (Rochim, 2007)

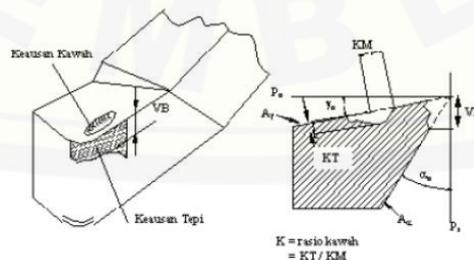
1. Keausan kawah (*created wear*) yaitu keausan bidang geram. Keausan kawah hanya dapat diukur dengan memakai alat ukur kekerasan permukaan. Dalam hal ini jarum atau sensor alat ukur digeserkan pada bidang geram dengan sumbu pergeseran diatur sehingga sejajar pada bidang geram. Dari grafik profil permukaan yang diperoleh dapat diukur jarak atau kedalaman yang paling besar menyatakan harga K_r (mm).



Gambar 2.6 Keausan Kawah

Sumber : Nugroho dalam Azwar Maulana, 2013

2. Keausan tepi (*flank wear*) yaitu keausan pada bidang utama atau mayor dinamakan sebagai keausan tepi. Keausan tepi dapat diukur dengan menggunakan mikroskop. Dalam hal ini sebenarnya keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan (mata potong di dekatnya dipakai sebagai referensi) sampai kegaris rata rata bekas keausan pada bidang utama.

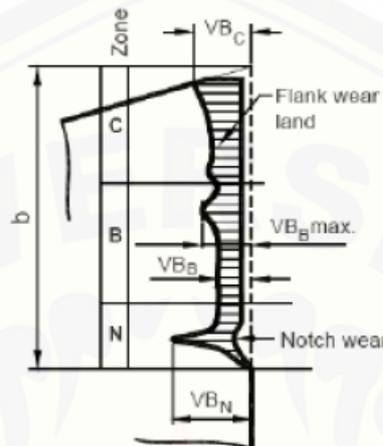


Gambar 2.7 Keausan Tepi

Sumber : Rochim, 2007

Keausan tepi menurut ISO terdapat 3 daerah penting, antara lain:

- Daerah N: merupakan kedalaman potong dibagi empat.
- Daerah C : merupakan daerah nose radius
- Daerah B: merupakan kedalaman potong dikurangi daerah C dan daerah N.



Gambar 2.8 Keausan Tepi Berdasarkan ISO
Sumber : Rochim, 2007

2.2.8 Mekanisme Keausan Dan Kerusakan Pahat

Berdasarkan hasil penelitian mengenai keausan dan kerusakan pahat dapat disimpulkan bahwa penyebab keausan dan kerusakan pahat yang dominan terjadi karena beberapa faktor tertentu, faktor tersebut antara lain: (Maulana, 2013)

1. Proses Abrasi

Permukaan pahat akan dapat rusak atau aus karena adanya partikel yang keras pada benda kerja yang menggesek bersama-sama dengan aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat. Proses abrasi merupakan faktor dominan sebagai penyebab keausan pada pahat HSS dengan kecepatan potong yang relatif rendah;

2. Proses Kimiawi

Permukaan material benda kerja yang baru terbentuk (permukaan geram dan permukaan benda kerja yang telah dipotong) sangat kimiawi aktif sehingga mudah bereaksi kembali dengan udara atau pendingin dan menempel pada permukaan pahat sehingga akan mengurangi derajat penyatuan (afinitas) dengan permukaan pahat akibatnya proses keausan karena gesekan akan terjadi lebih cepat;

3. Proses Adhesi

Tekanan dan temperatur yang lebih tinggi terjadi maka, permukaan metal yang baru saja terbentuk akan menempel (bersatu seolah-olah dilas) pada permukaan pahat. Proses adhesi tersebut terjadi disekitar mata potong pada bidang geram dan bidang utama pahat. Permukaan lapisan material tersebut dalam proses permesinan terkenal dengan nama BUE (*Built Up Edge*) yang mengubah geometri pahat karena berfungsi sebagai mata potong yang bersangkutan. BUE merupakan struktur yang dinamik, sebab selama proses pemotongan pada kecepatan potong rendah berlangsung, BUE akan tumbuh dan pada suatu saat lapisan atas atau seluruh BUE akan tergeser/terkelupas dan membawa serta material pahat jika kecepatan potong terus dinaikkan. BUE terjadi karena material benda kerja menyatu dengan mata pahat. Pengelupasan (*flaking*) merupakan bentuk aus pahat yang letaknya sama dengan aus tepi (*flank wear*), tetapi bentuknya lebih kecil dan halus.



Gambar 2.9 Built Up Edge (BUE)
Sumber : Nugroho dalam Azwar Maulana, 2013

4. Proses Difusi

Proses difusi adalah saat terjadi perpindahan atom metal dan karbon dari daerah dengan konsentrasi tinggi menuju kearah dengan konsentrasi rendah. Kecepatan difusi dipengaruhi oleh temperatur, dengan demikian bidang pahat yang mempunyai temperatur yang tinggi akan mengalami keausan karena proses difusi. Oleh sebab itu pada kecepatan potong yang tinggi, keausan kawah (*creater wear*) pada bidang geram yang dimulai dengan terjadinya mekanisme difusi;

5. Proses Oksidasi

Pada kecepatan potong yang tinggi (temperatur yang tinggi), ketahanan karbida atau proses oksidasi akan menurun. Karbida dapat teroksidasi bila temperaturnya

cukup tinggi dan tidak ada perlindungan terhadap serangan oksigen dalam atmosfer. Akibatnya struktur material pahat akan lemah dan tidak akan deformasi yang disebabkan oleh gaya pemotongan;

6. Proses Deformasi Plastis

Pahat terdeformasi plastis akibat beban tekan dan biasanya bagian pahat yang paling sering terdeformasi adalah ujung pahat. Deformasi plastis disebabkan tekanan temperature yang tinggi pada bidang aktif pahat, dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperatur;



Gambar 2.10 Built Up Edge (BUE)

Sumber : Nugroho dalam Azwar Maulana, 2013

7. Proses Keretakan dan Kelelahan

Retak yang sangat lembut (*micro crack*) dapat terjadi pada mata potong atau pojok pahat. Retak tersebut makin lama makin besar sampai akhirnya terjadi konsentrasi tegangan (*stress concentration*) yang sangat besar sehingga pahat akan aus. Gejala ini sering disebut sebagai kelelahan (*fatigue*). Kelelahan dapat merupakan kelelahan mekanik atau kelelahan termik ataupun gabungan dari hal tersebut. Mekanisme keausan/kerusakan disebabkan oleh berbagai faktor yang secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu mekanisme/proses yang dominan pada kecepatan potong rendah dan yang dominan pada kecepatan potong tinggi.

Mekanisme keausan yang dominan pada kecepatan potong rendah adalah:

1. Proses Abrasi
2. Proses Kimiawi
3. Proses Adhesi

Merupakan keausan yang dominan pada kecepatan potong tinggi adalah:

1. Proses Difusi
2. Proses Oksidasi
3. Proses Deformasi Plastis

2.2.9 Pertumbuhan Keausan

Batasan keausan pahat pada dasarnya ditentukan oleh dimensi keausannya, dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya mengikuti bentuk, yaitu dimulai dengan pertumbuhan yang linear setara dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi. Saat dimana pertumbuhan keausan cepat terjadi mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, dan hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (V_B) yang relative sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai saat batas ini, keausan tepi (V_B) dapat dianggap merupakan fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c) (Rochim 2007).

Pahat	Benda Kerja	V_B (mm)
HSS	Baja dan besi tuang	0,3 – 0,8
Karbida	Baja	0,2 – 0,6
Karbida	Besi tuang dan non ferrous	0,4 - 0,6
Keramik	Baja dan besi tuang	0,3

Tabel 2.4 Batasan Maksimum Keausan Pahat

Sumber : Rochim, 2007

2.3 Proses Pendinginan (*Cooling*)



Gambar 2.11 Proses Pendinginan

Sumber : www.machinetools.net.tw

2.3.1 Cairan Pendingin

Secara umum peran utama cairan pendingin adalah mendinginkan dan melumasi. Cairan pendingin mampu membantu membersihkan geram yang menempel dirongga antara serbuk abrasif sehingga menjamin kelangsungan proses pembentukan geram. Temperatur tinggi yang terjadi di lapisan luar benda bisa dikurangi sehingga tidak merusak struktur metalografi material produk (Rochim, 2007). Pendinginan mutlak diperlukan untuk memperkecil keausan pahat potong. Keuntungan lain dari cairan pendingin sewaktu proses pemotongan adalah:

1. Mengurangi kenaikan temperatur kerja yang berlebihan;
2. Menghasilkan permukaan yang lebih halus;
3. Membersihkan pahat (tool) dari geram;
4. Menghindari terjadinya korosi;
5. Mengurangi hilangnya panas akibat gesekan;
6. Memperpanjang umur pahat;
7. Menghasilkan gaya potong yang rendah.

2.3.2 Jenis Cairan Pendingin

Cairan pendingin yang sering dipakai dalam proses pemesinan dapat dikategorikan kedalam empat jenis utama, yaitu: (Maulana, 2013)

1. Cairan Sintetik (*Syntetik Fluids, Chemical Fluids*)

Cairan yang jernih yang merupakan cairan murni (*true Solution*) atau larutan permukaan aktif (*surface aktive*). Larutan murni ini tidak bersifat melumasi dan biasanya dipakai untuk sifat penyerapan panas yang tinggi dan melindungi terhadap korosi;

2. Cairan Emulsi (*Emulsions, Water Miscible Fluids, Water Sluble Oils, Emulsifiable Cutting Fluids*)

Air yang mengandung partikel minyak. Unsur emulsi ditambahkan dalam minyak yang kemudian dilarutkan kedalam air;

3. Cairan Semi Sintetik (*Semi Synthetic Fluids*)

Merupakan paduan antara cairan sintetik dan cairan emulsi yang mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Kandungan minyaknya lebih sedikit (10% s.d 45% cairan sintetik);
- Kandungan pengemulsinya lebih banyak dari cairan sintetik.

4. Minyak (*Cutting Oil*)

Minyak yang berasal dari satu minyak bumi (*naphthenicm paraffinic*), minyak binatang, minyak ikan, atau minyak nabati.

2.3.3 Metode Pendinginan

Pemilihan cara penggunaan pendingin berpengaruh terhadap pahat ataupun hasil proses bubut. Adapaun cara pendinginan yang banyak digunakan adalah sebagai berikut (Rochim, 2007):

1. Manual : bila mesin perkakas tidak dilengkapi dengan sistem cairan pendingin, maka cairan pendingin digunakan secara manual. Misalnya, memakai kuas untuk memerciki pahat dengan cairan pendingin;
2. Dikururkan atau dibanjirkan : cairan pendingin dikururkan atau dibanjirkan pada bidang aktif pemotongan dengan menggunakan nozzle.cairan pendingin dipompa dari tangki penampungan;
3. Dikabutkan : cairan pendingin yang disemprotkan pada bidang aktif pemotongan berupa kabut;
4. Ditekan lewat saluran pada pahat : cairan pendingin dialirkan dengan tekanan tinggi melewati saluran pada pahat;
5. Cairan pendingin bertekanan tinggi : suatu metode pendinginan pahat dimana cairan pendingin yang disemprotkan oleh nozzle dengan tekanan tinggi. Cairan pendingin disemprotkan dalam bentuk jet langsung pada titik terpanas pahat yaitu pada bidang aktif pemotongan.

Penggunaan pendingin secara dikururkan masih tetap digunakan pada proses pembubutan, sekalipun trend memotong dalam keadaan kering telah mulai berkembang pesat.

2.4 Minyak Goreng Curah

Secara alami minyak sawit mengandung dua macam kadar asam, yaitu asam stearat yang banyak mengandung gugus asam jenuh yang mudah beku dan asam palmitat yang mengandung banyak kadar asam tak jenuh yang sukar membeku. Kedua bagian ini kemudian dipisahkan sehingga minyak goreng akan sedikit mengandung asam stearat. Minyak goreng yang sedikit mengandung asam stearat ini akan lebih sukar membeku di temperatur yang dingin. Sisa dari pemisahan ini adalah minyak goreng curah yang sudah jelas mengandung banyak fat atau asam stearat. (Sipayung, 2012)

Dari segi pengolahannya, minyak goreng curah diperoleh dari proses penyaringan yang hanya dilakukan satu kali sehingga menyebabkan minyak goreng curah memiliki warna lebih kearah kuning keruh. Hal ini disebabkan karena minyak goreng curah memiliki kadar lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak goreng ber merk. (Sipayung, 2012)

2.5 Material St 42

2.5.1 Pengertian Baja Karbon

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu: (Amanto dalam Nanulaitta *and* Eka, 2012)

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan

karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit;

2. Baja karbon menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah;

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

2.5.2 Pengertian St 42

Material St 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik minimal 42 Kg/ mm² sampai 50 Kg/ mm². Baja ini mempunyai kandungan karbon (C) dibawah 0,3 %, jadi termasuk dalam baja karbon rendah. Metode penambahan karbon padat merupakan cara yang paling sederhana untuk meningkatkan kualitas baja St 42, agar dapat memperluas penggunaannya. Pada akhirnya melalui proses *pack carburizing* penggunaan baja karbon rendah untuk bahan baku (*rawmaterials*) dapat memperluas penggunaannya (Nanulaitta and Eka, 2012).



Gambar 2.12 Material ST 42
Sumber : ironsteelcenter.com

2.6 Hipotesis

Hipotesis yang dibuat pada penelitian ini yaitu ketika variasi campuran cairan pendingin dilakukan antara minyak goreng curah dengan air, semakin banyak kadar minyak goreng curah di campuran tersebut maka keausan tepi pahat HSS (*High Speed Steels*) dan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) semakin kecil. Sehingga diharapkan bisa berperan sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan yang terjadi pada saat proses pembubutan.

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 didapatkan data besar keausan tepi pahat dan nilai perubahan temperatur pada saat pemakanan kasar (*roughing*) di setiap penambahan variabel yang diujikan.

3.2 Tempat dan Waktu

Proses pemesinan akan dilaksanakan di Laboratorium Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, sedangkan penelitian uji keausan tepi pahat akan dilaksanakan di Laboratorium Produksi dan Metrologi Universitas Brawijaya Malang pada bulan Juni 2015.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mesin Bubut (*Turning*) konvensional dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk	: Aciera Machine Tool
Spindle RPM	: 1800 rpm
Jenis Motor	: Three Phase Electric Motor
Daya Motor	: 3 kW

2. Pahat Potong yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat potong HSS (*High Speed Steel*) dengan dimensi 110,6 x 12,7 x 12,7 mm



Gambar 3.1 Pahat potong HSS

3. Profile Projector

Alat untuk mengukur keausan tepi pahat. Adapun spesifikasi alat ini adalah sebagai berikut:

- Merk : Mitutoyo tipe PJ-311
- Ketelitian : 1:1000 mm



Gambar 3.2 Profile Projector

4. Viscometer

Alat ini berfungsi untuk menguji viskositas cairan



Gambar 3.3 Viscometer

5. *Thermometer Gun*

Alat ini berfungsi untuk melihat temperatur disaat pemakanan pada proses pembubutan

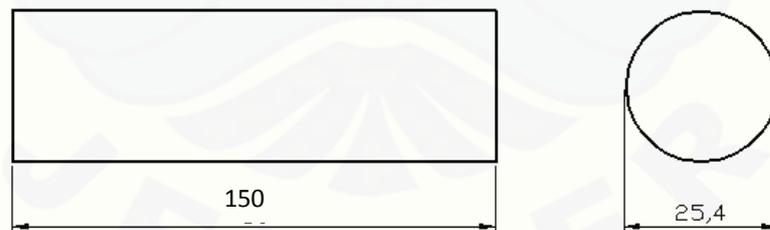


Gambar 3.4 *Thermometer Gun*

6. *Cutter grinder*
7. Pompa aquarium
8. Gelas ukur
9. Stopwatch
10. Jangka sorong
11. Penggaris busur

3.3.2 Bahan

1. Material atau benda kerja yang digunakan adalah ST 42 silinder pejal dengan diameter (\emptyset) = 25,4 mm panjang 150 mm.



Gambar 3.5 Benda Kerja

1. Cairan pendingin yang digunakan yaitu
 - (Dromus) 1:30 dengan viskositas (2,00 mPa.s)
 - Minyak goreng curah dengan air 1:20 dengan viskositas (2,20 mPa.s)
 - Minyak goreng curah dengan air 1:30 dengan viskositas (2,05 mPa.s)
 - Minyak goreng curah dengan air 1:40 dengan viskositas (1,80 mPa.s)

2. Zat pengemulsi (*emulgator*) yang digunakan adalah sabun cuci cair 80ml dalam 1 liter minyak
3. Air Sumur.

3.4 Variabel Pengukuran

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah variable bebas dan variable terikat.

3.4.1 Variable Bebas

Variable bebas adalah variable yang bebas ditentukan oleh peneliti. Variabel yang akan digunakan adalah Variasi jenis campuran cairan pendingin emulsi minyak goreng curah dan air dengan komposisi 1:20, 1:30 dan 1:40.

3.4.2 Variable Terikat

Variabel terikat yaitu variable yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variable bebas. Variable terikat dalam penelitian ini adalah keausan tepi pahat dan perubahan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

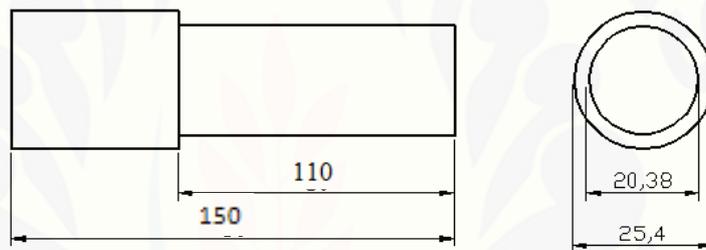
3.5.1 Prosedur Proses Bubut *Roughing*:

- a. Menyiapkan benda kerja yang akan diuji;
- b. Memotong benda kerja sesuai ukuran;
- c. Menyiapkan alat-alat yang diperlukan untuk melakukan proses Bubut *Roughing*;
- d. Menyiapkan pahat yang akan digunakan adalah pahat HSS (*High Speed Steel*) yang sudah diasah dengan sudut pahat rata kiri yaitu 80° ;
- e. Memasang pahat pada *tool holder*;
- f. Memasang benda kerja pada ragum, kemudian kencangkan;
- g. Melakukan *setting* mesin berupa;
 - a) Putaran Spindel : 360 rpm
 - b) Kecepatan Potong : 21 m/menit
 - c) Kecepatan Pemakanan : 0,25 mm/menit

- d) Kedalaman Pemakanan : 2,5 mm
- e) Debit cairan pendingin : 0,052 liter/detik
- h. Menghidupkan mesin dan melakukan proses Bubut *Roughing* dengan variabel yang telah ditentukan hingga selesai;
- i. Membubut dengan dimensi sebagai berikut;



Gambar 3.6 Gambar Benda Kerja Sebelum Diproses Bubut



Gambar 3.7 Gambar Benda Kerja Setelah diproses Bubut

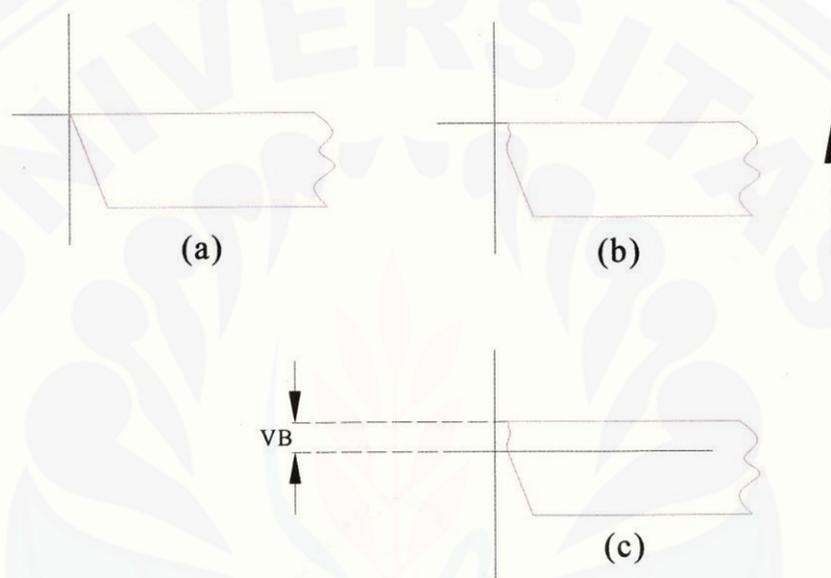
- j. Selama pembubutan dilakukan, gunakan *Thermometer Gun* untuk mencari temperatur disaat pembubutan dengan cara arahkan laser yang ada di *Thermometer Gun* ketitik pemakanannya sehingga angka temperatur akan muncul.
- k. Setelah selesai dilakukan semua proses bubut *roughing*, mesin bubut dimatikan dan dibersihkan;
- l. Mengukur keausan tepi pahat dengan menggunakan *profile projector*.

3.5.2 Pengujian Keausan Tepi Pahat

Pengukuran dan pengamatan keausan pahat dilakukan di Laboratorium Produksi dan Metrologi Universitas Brawijaya Malang, dengan menggunakan *Profile Projector*. Tahapan – tahapan pengukuran keausan pahat sebagai berikut :

1. Objek uji (pahat) diletakkan di bidang uji dan dijepit;

2. Proyektor dinyalakan sehingga bayangan dari objek terlihat di display lensa proyektor;
3. Fokus dari proyektor disesuaikan sampai kelihatan jelas;
4. Pengatur jarak sumbu x-y dipindahkan ke acuan titik dari objek uji secara vertikal atau horizontal;
5. Display digital sumbu x-y diatur hingga menunjukkan angka nol;
6. Pengatur jarak sumbu x-y digeser ke titik lain yang ingin diukur jaraknya.



Gambar 3.8 pengukuran keausan tepi pahat. (a) Menentukan garis referensi titi nol dari mata potong. (b) Mata potong digerakkan hingga bersinggungan pada garis referensi. (c) harga keausan V_b yang diukur.

Gambar 3.4 diatas memperlihatkan metode pengukuran keausan tepi (V_B) dengan menggunakan *profile projector*. Pertama kali yaitu menentukan garis referensi titik nol dari mata potong, dimana mata potong digerakkan hingga berpotongan pada titik referensi. Sehingga keausan tepi dapat diukur dengan mengukur panjang V_B (mm), yaitu jarak mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.

3.5.3 Penyiapan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan percobaan variasi campuran cairan pendingin komersil (*dromus*) dan campuran emulsi minyak

goreng curah masing-masing 1:20, 1:30, 1:40 pada kecepatan spindle 360 (Rpm). Tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan terhadap keausan tepi pahat dan perubahan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan. Dari data yang diperoleh tiap percobaan akan disajikan dalam Tabel 3.1 dan tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pengukuran Hasil Keausan Tepi Pahat HSS

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)	Vb \bar{x} (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30						
2	Minyak Goreng Curah+Air	1:20						
3		1:30						
4		1:40						

Tabel 3.2 Pengukuran Hasil Temperatur Disaat Pemakanan Kasar (*Roughing*) Pada Proses Pembubutan

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	T ₁ (C ^o)	T ₂ (C ^o)	T ₃ (C ^o)	T ₄ (C ^o)	T ₅ (C ^o)	T \bar{x} (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30						
2	Minyak Goreng Curah+Air	1:20						
3		1:30						
4		1:40						

3.6 Metode Pengolahan Data

Analisa data dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian variasi campuran cairan pendingin pada proses bubut *roughing* terhadap nilai keausan tepi pahat HSS (*High Speed Steel*).

3.6.1 Metode Pengujian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Rancangan percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) metode Sidik Ragam ulangan yang sama dimana perlakuan diacak pada seluruh materi percobaan, hal ini berarti seluruh unit percobaan mempunyai peluang yang sama besar untuk menerima perlakuan. Materi percobaan dan faktor lingkungan relatif homogen sehingga

keragaman galat kecil perlakuan yang merupakan sumber keragaman yang kita ciptakan adalah satu – satunya sumber keragaman yang masuk dalam percobaan atau hanya ada satu faktor pengaruh yang diteliti.

Bentuk umum Rancangan Acak Lengkap (RAL) model Linier Aditif dari data hasil percobaan Y_{ij} dapat dinyatakan dengan model matematis sebagai

berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

dengan:

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Di mana :

Y_{ij} = pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai rerata harapan (*mean*)

τ_i = pengaruh faktor perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh acak pada perlakuan ke-i ulangan ke- j

Model matematik tersebut memperlihatkan bahwa data Y_{ij} merupakan nilai – nilai rata-rata (μ) yang bervariasi sebagai akibat adanya pengaruh perlakuan (τ_i) dan galat (ε_{ij}) akibat adanya ulangan.

Asumsi untuk model acak ialah : $\tau_t \sim N(0, \sigma_r^2)$

Model Acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan dan kesimpulan yang diperoleh berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan.

3.6.2 Penyajian Data Rancangan Acak Lengkap

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran cairan pendingin terhadap keausan tepi pahat HSS (*High Speed Steel*) dengan faktor variasi antara cairan pendingin komersil (Dromus) dengan air yaitu 1:30 dan variasi lainnya antara minyak goreng curah dengan air yaitu 1:20, 1:30, 1:40, rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali

ulangan (n) untuk menyajikan data sampel dapat kita buat tabel Rancang Acak Lengkap satu faktor yang terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.3 Data Sampel Untuk Desain Rancangan Acak Lengkap Satu Faktor

Perlakuan (p)	Ulangan (n)				Jumlah (TA)	Rataan perlakuan (\bar{y}^A)
	1	2	j....	N		
0	Y 1.0	Y 2.0	Y j.0	Y n.0	TA 0	
1	Y 1.1	Y 2.1	Y j.1	Y n.1	TA 1	
2	Y 1.2	Y 2.2	Y j.2	Y n.2	TA 2	
...	
...	
i	Y 1.i	Y 2.i	Y j.i	Y n.i	TA i	
p	Y 1.p	Y 2.p	Y j.p	Y n.p	TA p	
Jumlah (TY)					$Y_{p.n}$	(\bar{y}^{pn})

3.6.3 Metode Sidik Ragam

Pada Rancangan acak lengkap ada dua sumber keragaman yaitu sumber keragaman perlakuan dan sumber keragaman galat . Besar nilai kedua komponen sumber keragaman inilah yang menentukan perbedaan antar perlakuan. Dalam penelitian ini menggunakan Metode Sidik Ragam ulangan sama yaitu bila jumlah perlakuan sama (p) dan setiap perlakuan diulang (n) kali level maka, dapat dibuat tabel hasil pengamatan dengan pola Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disajikan dalam tabel 3.1 yaitu tabel Ansira atau Anova sebagai berikut.

Tabel 3.4 Tabel Ansira atau Anova

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (DB)	Jumlah kwadrat (JK)	Kwadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel
					5%
Perlakuan (p)	$DB_1 = p - 1$	JKP	JKP / DB_1	(KTP)/(KTG)	$F_{(DB_1, DB_2)}$
Galat	$DB_2 = p (n-1)$	$JKG = JKT - JKP$	JKG / DB_2		
Total	$(p.n - 1)$				

Dimana :

$\sum Y_p^2$: Jumlah hasil perlakuan = $(TA_0^2 + TA_1^2 + TA_2^2 + \dots + TA_i^2 + TA_p^2)$

$\sum Y_{p,n}$: Total umum

Y_{ij} : Hasil observasi pada perlakuan yang ke- i dan ulangan ke- j
($i = 1, 2, 3, \dots, p$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, n$)

Y_i : Total hasil perlakuan ke- i = $\sum Y_{ij}$

KTP : Kuadrat Tengah Perlakuan = JKP / DB_1

KTG : Kuadrat Tengah Galat = JKG / DB_2

F hitung : Hasil perhitungan uji F

F tabel : Nilai uji F pada tabel

❖ Perhitungan Anova Rancangan Acak Lengkap (RAL) :

FK (JKNT) : Faktor Koreksi (Jumlah Kuadrat Nilai Tengah) = $(\sum Y_{p,n}^2 / p.n)$

JKT : Jumlah Kuadrat Tengah = $(\sum Y_{ij}^2) - FK$

JKP : Jumlah Kuadrat Perlakuan = $(\sum Y_p^2) / n - FK$

JKG : Jumlah Kuadrat Galat = $JKT - JKP$

3.6.4 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 satu diantara seratus keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru. Model acak untuk membuktikan Hipotesis $H_0 \tau_i = 0$ dan $H_1 \tau_i > 0$ maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Var}(Y_{ij}) &= \text{Var}(\mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}) \\
 &= \text{Var}(\tau_i + \varepsilon_{ij}) \quad \mu \text{ konstanta} \\
 &= \text{Var}(\tau_i) + \text{Var}(\varepsilon_{ij}), \quad \tau_i \text{ dan } \varepsilon_{ij} \text{ saling bebas} \\
 &= \sigma_{\tau}^2 + \sigma^2
 \end{aligned}$$

$H_0 : \sigma_{\tau}^2 = 0$ (Keragaman perlakuan (variasi campuran cairan pendingin) tidak berpengaruh terhadap respons yang diamati (keausan tepi pahat))

$H_1 : \sigma_{\tau}^2 > 0$ (Keragaman perlakuan (variasi campuran cairan pendingin) berpengaruh terhadap respons yang diamati (keausan tepi pahat))

Uji F dilakukan untuk membandingkan besaran pengaruh perlakuan (KTP) atau pengaruh kontrol lokal (pengelompokan) dengan efek kondisi (galat) (KTG).
Kriteria keputusan : H_0 ditolak jika $F_{hit} > F_{\alpha}(a-1, a(r-1))$

Kriteria Pengambilan Keputusan :

1. Jika $F_{hitung} < F_{tabel} 5\%$, maka hasil penelitian menunjukkan variasi campuran cairan pendingin atau efek interaksinya tidak berpengaruh terhadap keausan tepi pahat pada proses bubut *roughing* atau dengan kata lain Terima H_0 dan Tolak H_1
2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel} 5\%$, maka hasil penelitian menunjukkan variasi campuran cairan pendingin atau efek interaksinya berpengaruh terhadap keausan tepi pahat pada proses bubut *roughing* 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.

3.6.5 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 (pembanding) perlakuan yang akan digunakan dalam suatu percobaan harus memperhitungkan bahwa uji beda yang dipilih mampu menuntun kita mudah untuk memilih perlakuan terbaik yang logisnya memang terbaik. 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 dan pada taraf $\alpha = 1\%$ nilainya antara 3,64 – 37,9;
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 dan pada taraf $\alpha = 1\%$ nilainya antara 2,57 – 9,92;
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 dan pada taraf $\alpha = 1\%$ nilainya antara 3,64 – 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.

Tabel 3.5 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

Berdasarkan nilai KKnya dan kondisi percobaan maka dapat ditentukan penggunaan uji lanjutan yaitu: bila nilai KKnya kecil sebaiknya dilanjutkan dengan uji BNJ, bila nilai KKnya sedang sebaiknya dilanjutkan dengan uji BNT dan apabila nilai KKnya 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:

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

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

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

Dimana:

s^2 = kuadrat tengah galat

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 fraksi volume antara kedua perlakuan, dan sebaliknya jika lebih kecil daripada nilai uji lanjutan 5% berarti tidak terdapat pengaruh fraksi volume antar perlakuan. Setelah dilakukan uji lanjutan , hasilnya dapat disajikan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.6 Data Hasil Uji Lanjutan Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanis

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			B

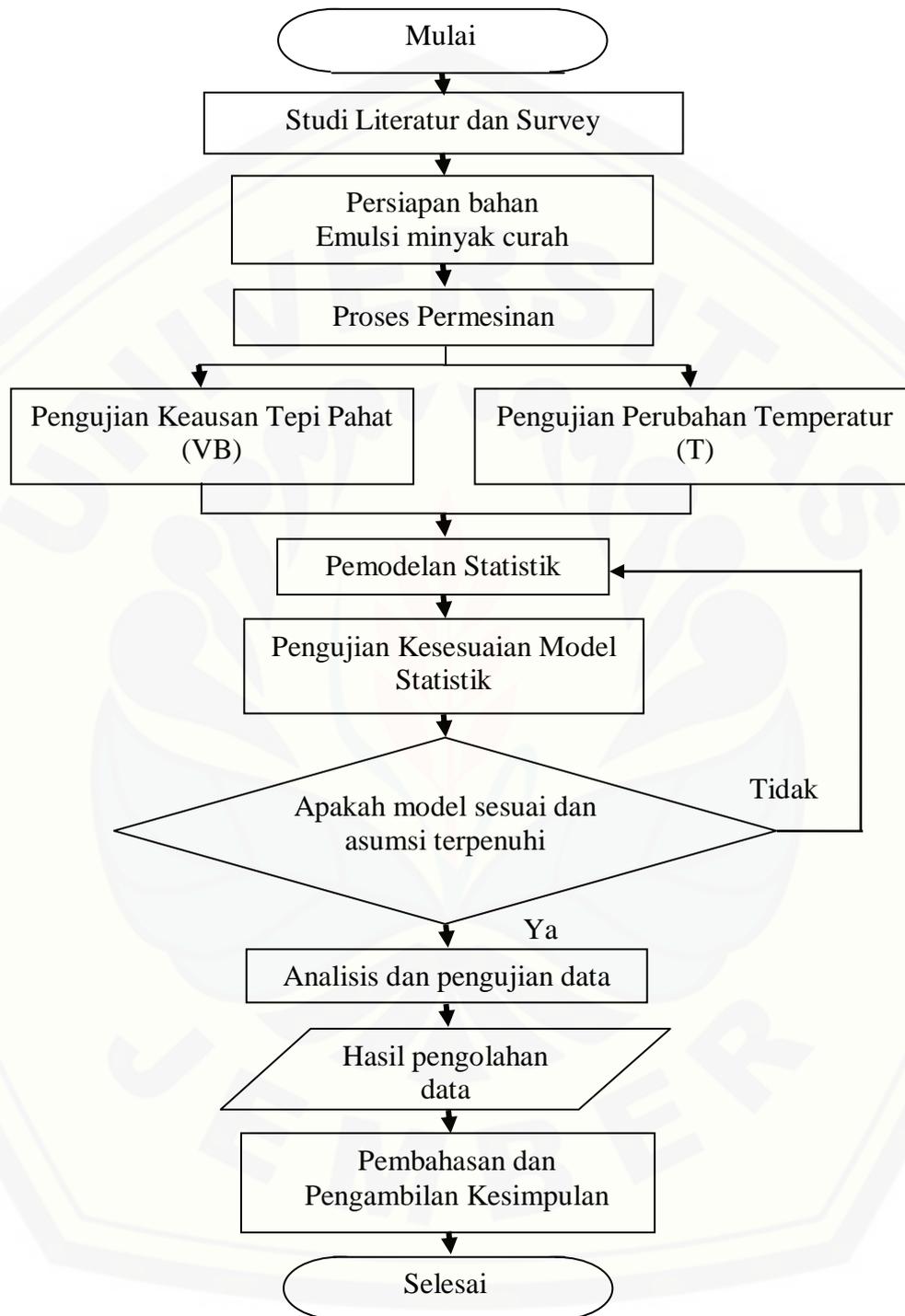
untuk pemberian notasi dapat dilambangkan:

a : tidak berpengaruh

b : berpengaruh

3.7 Flowchart Penelitian

Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alur dibawah ini :



Gambar 3.5 Flowchart penelitian

3.8 Rencana Jadwal Penelitian

Adapun rencana jadwal penelitian dapat dilihat pada table 3.6 di bawah ini:

Tabel 3.7 Rencana Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke				
		Maret	April	Mei	Juni	Juli
1	Pembuatan Proposal					
2	Studi Pustaka					
3	Persiapan Pengujian					
4	Pengujian					
5	Analisa					
6	Laporan					

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Pembahasan data pada eksperimen ini adalah mencari pola hubungan sistematis dan menyelidiki pola variabel bebas yaitu variasi jenis campuran cairan pendingin emulsi minyak goreng curah dan air terhadap tingkat keausan tepi pahat (VB) dan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan (T). Data hasil percobaan yang diperoleh akan dilakukan analisis menggunakan *One-Way ANOVA* dengan bantuan software SPSS 16.0.

4.2 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian yang dicari adalah panjang keausan tepi pahat (VB) dan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan. Keausan tepi pahat (VB) dapat diketahui dengan cara mengukur titik referensi mata potong sebelum dilakukan pengujian (Ps1), kemudian mengukur garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama sesudah dilakukan pengujian (Ps2). Sehingga panjang keausan tepi pahat (VB) = Ps2 - Ps1.

Sedangkan untuk mengukur temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*) pada proses pembubutan menggunakan *Thermometer Gun*. Jadi disaat pembubutan arahkan laser yang ada di *Thermometer Gun* ketitik pemakanannya sehingga angka temperatur akan muncul. Adapun data hasil dari penelitian sebagai berikut:

Tabel 4.1 Titik Referensi Mata Potong Sebelum Dilakukan Pengujian (Ps1)

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30	0,251	1,262	1,532	0,490	0,832
2	Minyak Goreng Curah+Air	1:20	0,461	0,586	0,913	0,115	0,224
3		1:30	0,137	0,960	0,030	0,531	0,993
4		1:40	1,437	0,519	0,628	1,033	0,223

Tabel 4.2 Garis Rata-Rata Bekas Keausan Pada Bidang Utama Sesudah Dilakukan Pengujian (Ps2)

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30	0,434	1,373	1,612	0,686	1,010
2	Minyak Goreng Curah+Air	1:20	0,692	0,686	0,990	0,173	0,371
3		1:30	0,319	1,021	0,297	0,784	1,016
4		1:40	1,493	0,609	0,811	1,269	0,598

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat (VB)

Keausan Tepi Pahat (VB) = Ps2 – Ps1

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)	Vb \bar{x} (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30	0,183	0,111	0,080	0,196	0,178	0,1496
2	Minyak Goreng Curah+Air	1:20	0,231	0,100	0,077	0,058	0,147	0,1226
3		1:30	0,182	0,061	0,267	0,253	0,023	0,1572
4		1:40	0,056	0,090	0,183	0,236	0,375	0,1880

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Perubahan Temperatur Disaat Pemakanan Kasar (*Roughing*) Pada Proses Pembubutan

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	T ₁ (C°)	T ₂ (C°)	T ₃ (C°)	T ₄ (C°)	T ₅ (C°)	T \bar{x} (C°)
1	Komersil (Dromus)	1:30	34,30	52,60	35,00	49,10	47,60	43,720
2	Minyak Goreng Curah+Air	1:20	40,30	53,20	39,30	77,77	63,40	54,794
3		1:30	54,40	39,00	60,20	71,60	68,90	58,820
4		1:40	50,50	66,70	93,70	53,50	70,40	66,960

4.3 Analisis dan Hasil Penelitian

Pengujian pengaruh variasi campuran cairan pendingin terhadap keausan tepi pahat (VB) dan perubahan temperatur disaat pemakanan kasar (*roughing*)

pada proses pembubutan (T) dilakukan dengan menggunakan *One-Way* ANOVA dengan bantuan software SPSS 16.0, Dari proses analisis didapatkan tabel *One-Way* ANOVA sebagai berikut:

Tabel 4.5 Tabel *One-Way* ANOVA Pengujian Keausan Tepi Pahat (VB)

SK	Db	JK	KT	F-hitung	Sig.	F-Tabel (5%)	Keterangan
Perlakuan	1	0,365	0,365	33,020	0,000	4,750	Signifikan
VCP	2	0,011	0,005	0,485	0,625	3,890	Tdk. Signifikan
Galat	12	0,133	0,011				
Total	14	0,143					

Berdasarkan tabel 4.3 pada SK (Sumber Keragaman) Variasi Cairan Pendingin (VCP), didapatkan nilai F-hitung sebesar 0,485. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 2$ dan n_2 (Galat) = 12 didapatkan F-tabel sebesar 3,890 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0,485 < 3,890$) dan nilai Signifikan pada VCP $3,890 > 0,05$ (5%). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan beberapa variasi cairan pendingin terhadap keausan tepi pahat (VB) atau tolak H_1 dan terima H_0 .

Tabel 4.6 Tabel *One-Way* ANOVA Pengujian Perubahan Temperatur Disaat Pemakanan Kasar (*Roughing*)

SK	db	JK	KT	F-hitung	Sig.	F-Tabel (5%)	Keterangan
Perlakuan	1	54344,949	54344,949	54344,949	0,000	4,750	Signifikan
VCP	2	384,133	192,067	0,791	0,476	3,890	Tdk. Signifikan
Galat	12	2912,881	242,740				
Total	14	3297,014					

Berdasarkan tabel 4.4 pada SK (Sumber Keragaman) Variasi Cairan Pendingin (VCP), didapatkan nilai F-hitung sebesar 0,791. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 2$ dan n_2 (Galat) = 12 didapatkan F-tabel sebesar 3,890 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih kecil daripada F-tabel 5% ($0,791 < 3,890$) dan nilai Signifikan pada VCP

$0,476 > 0,05$ (5%). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan beberapa variasi cairan pendingin terhadap perubahan temperatur disaat pembubutan atau tolak H_1 dan terima H_0 .

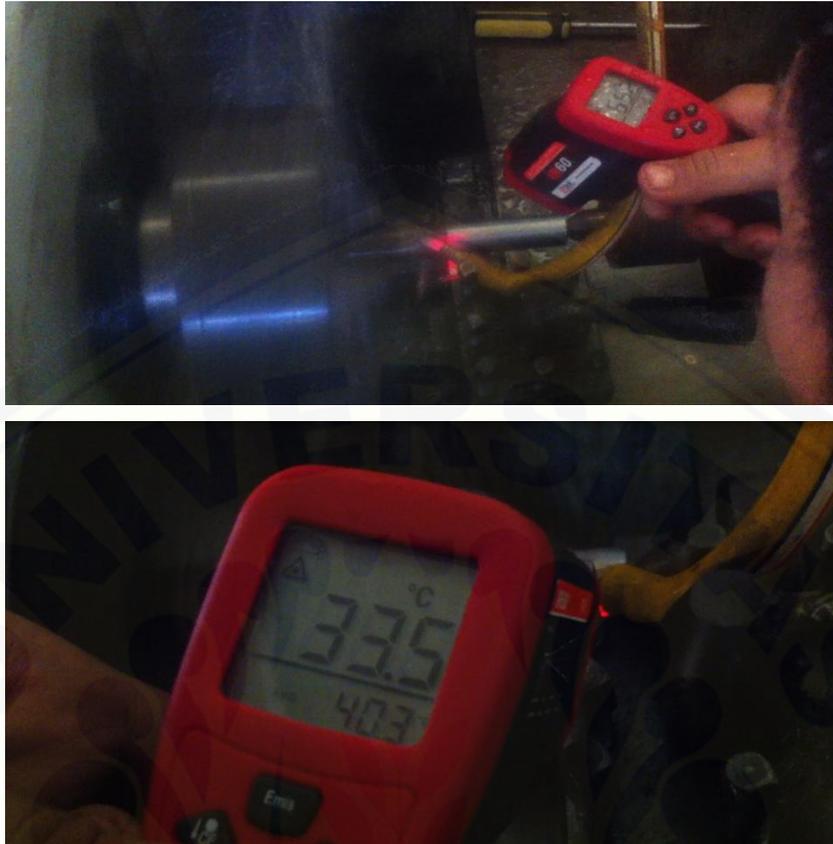
4.4 Pembahasan

Keausan adalah fenomena yang sering terjadi dalam engineering. Keausan bukan hanya proses tunggal, tetapi dapat berlangsung independen atau bersamaan. Keausan pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja, melainkan juga oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses pemesinan antara lain:

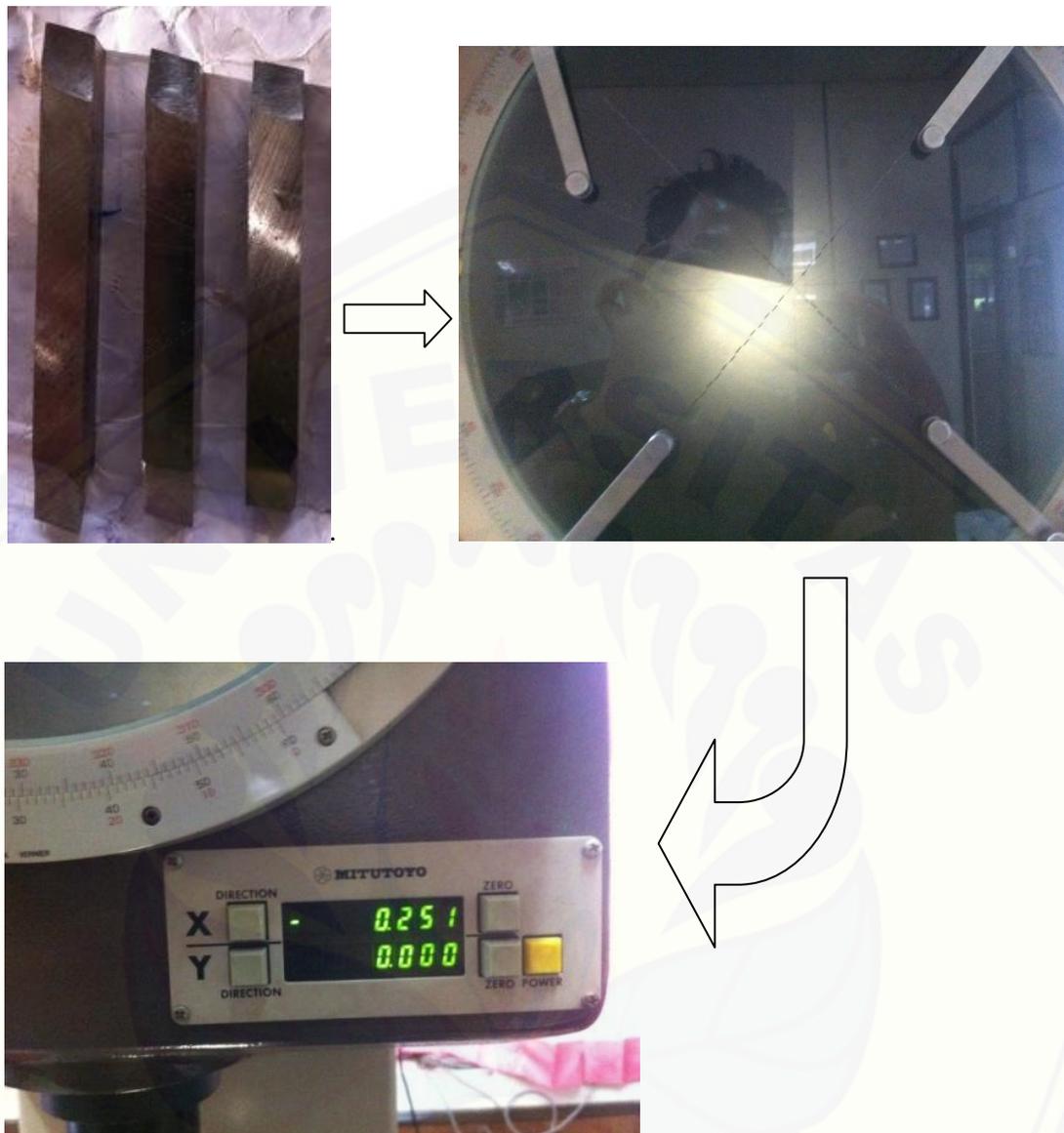
1. Jenis material benda kerja dan pahat;
2. Kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong, dan gerak makan);
3. Cairan pendingin;
4. Jenis proses pemesinan.

Keausan pahat dan penyebabnya harus diketahui untuk menentukan tindakan koreksi sehingga dalam proses pemesinan selanjutnya keausan pahat diharapkan dapat diminimalisir (Rochim, 2007).

Pada saat pengujian keausan tepi pahat (VB) dan perubahan temperatur (T) disaat pemakanan kasar (*roughing*) menggunakan *Profile Projector* dan *Thermometer Gun*, dengan panjang pembubutan adalah 110mm. Hasil pengujian keausan tepi pahat dan perubahan temperatur (T) disaat pemakanan kasar (*roughing*) menunjukkan semua harga yang dihasilkan dari proses pembubutan dengan sample sebanyak 20 buah berada pada batas yang telah ditetapkan. Berikut gambar bagaimana proses pengukuran keausan tepi pahat (VB) dan perubahan temperatur (T) disaat pemakanan kasar (*roughing*).



Gambar 4.1 Gambar Proses Pengukuran Perubahan Temperatur Disaat
Pembubutan Kasar (*Roughing*)



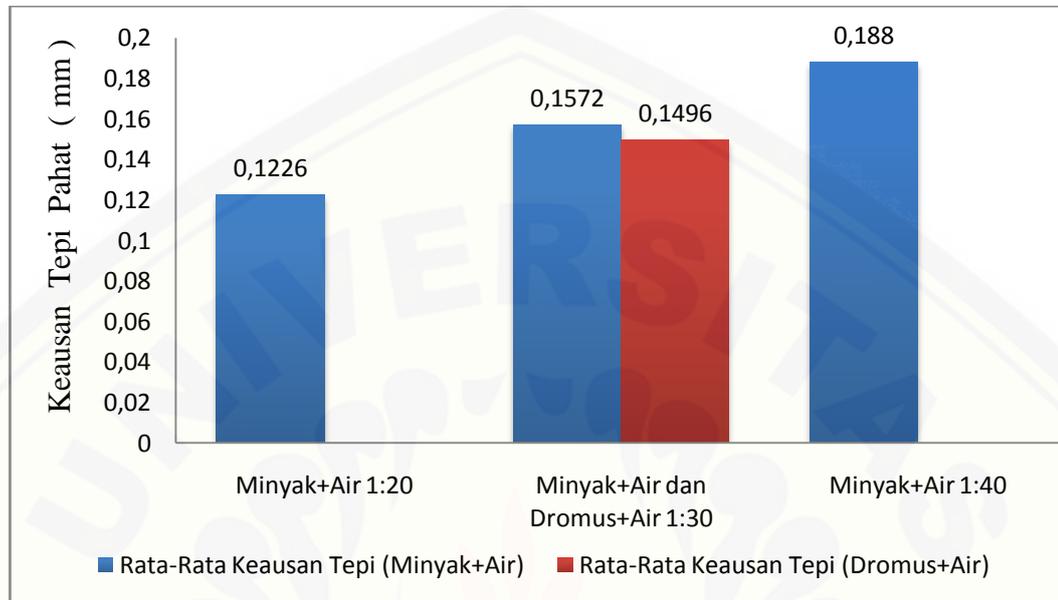
Gambar 4.2 Gambar Titik Referensi Mata Potong Sebelum Dilakukan Pengujian (Ps1)



Gambar 4.3 Gambar Rata-Rata Bekas Keausan Pada Bidang Utama Sesudah Dilakukan Pengujian (P_{s2})

Pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 dapat dilakukan pengukuran hasil panjang keausan tepi yaitu $VB = P_{s2} - P_{s1}$. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang dinyatakan oleh (Rochim, 2007) bahwa keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.

Dari hasil data pada tabel 4.3 hubungan antara variasi campuran cairan pendingin terhadap tingkat keausan tepi pahat (VB), sehingga diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Tepi Pahat (VB)

Pada gambar grafik 4.1 pengamatan variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air, didapat nilai keausan tepi pahat terkecil berada pada campuran cairan pendingin 1:20 dengan nilai rata-rata keausan tepi 0,1226 mm dan keausan tepi pahat terbesar berada pada campuran cairan pendingin 1:40 dengan nilai rata-rata keausan tepi 0,1880 mm. Hal ini dikarenakan semakin banyak kandungan minyak goreng curah dalam suatu campuran dapat memperhalus gesekan sehingga tingkat keausan tepi pahat semakin kecil.

Terlihat juga pada gambar grafik 4.1 nilai rata-rata keausan tepi pada cairan (Dromus) lebih kecil dari variasi cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air pada perbandingan yang sama yaitu 1:30 ($0,1496 \text{ mm} < 0,1572 \text{ mm}$). Ini terjadi penurunan kualitas cairan pendingin variasi campuran minyak goreng curah ditambah air dibandingkan cairan komersil (Dromus), dengan persentase penurunannya ialah 5,08%. Nilai persentase penurunannya

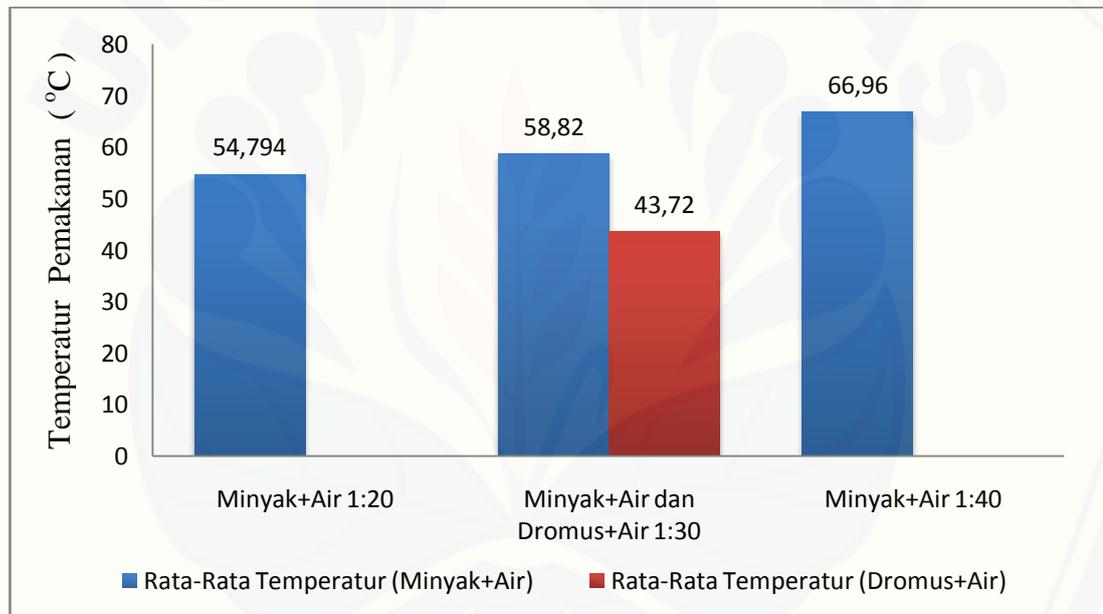
didapatkan dari hasil rata-rata keausan tepi (\overline{VB}) pada perbandingan yang sama yaitu 1:30, dengan rumus:

$$= \frac{\text{Nilai } \overline{VB} (\text{Minyak} + \text{Air}) - \text{Nilai } \overline{VB} (\text{Dromus} + \text{Air})}{\text{Nilai } \overline{VB} (\text{Dromus} + \text{Air})} \times 100\%$$

$$= \frac{0,1572 - 0,1496}{0,1496} \times 100\%$$

$$= 5,08\%$$

Dari hasil data pada tabel 4.4 hubungan antara variasi campuran cairan pendingin terhadap perubahan temperatur (T) disaat pemakanan kasar (*roughing*), sehingga diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Variasi Campuran Cairan Pendingin Terhadap Perubahan Temperatur (T) Disaat Pemakanan Kasar (*Roughing*)

Pada gambar grafik 4.2 pengamatan variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air, didapat nilai temperatur terkecil berada pada campuran cairan pendingin 1:20 dengan nilai rata-rata temperatur 54,794°C dan temperatur terbesar berada pada campuran cairan pendingin 1:40 dengan nilai rata-rata temperatur 66,960°C. Hal ini dikarenakan semakin banyak kandungan

minyak goreng curah dalam suatu campuran dapat memperhalus gesekan sehingga tingkat temperatur disaat pemakanan semakin kecil.

Terlihat juga pada gambar grafik 4.2 nilai rata-rata temperatur pada cairan (Dromus) lebih kecil dari variasi cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air pada perbandingan yang sama yaitu 1:30 ($43,720^{\circ}\text{C} < 58,820^{\circ}\text{C}$). Ini terjadi penurunan kualitas cairan pendingin variasi campuran minyak goreng curah ditambah air dibandingkan cairan komersil (Dromus), dengan persentase penurunannya ialah 34,54%. Nilai persentase penurunan kualitasnya didapatkan dari hasil rata-rata temperatur (T) pada perbandingan yang sama yaitu 1:30, dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Nilai } \bar{T} \text{ (Minyak + Air)} - \text{Nilai } \bar{T} \text{ (Dromus + Air)}}{\text{Nilai } \bar{T} \text{ (Dromus + Air)}} \times 100\% \\
 &= \frac{58,820 - 43,720}{43,720} \times 100\% \\
 &= 34,54\%
 \end{aligned}$$

Dari seluruh hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa campuran minyak goreng curah ditambah air dibandingkan dengan cairan pendingin komersil (Dromus) terdapat beberapa perbedaan antara keduanya untuk digunakan dalam proses pemesinan khususnya pembubutan. Hal ini dibuktikan pada gambar grafik 4.1 dan gambar grafik 4.2 yang menunjukkan perbandingan antara cairan pendingin campuran minyak goreng curah ditambah air dengan cairan pendingin komersil (Dromus) bahwa pada laju keausan tepi pahatnya (VB) cairan pendingin campuran minyak goreng curah ditambah air mengalami penurunan kualitas sebesar 5,08% dibandingkan dengan cairan pendingin komersil (Dromus) sedangkan pada perubahan temperaturnya (T) cairan pendingin campuran minyak goreng curah dengan air juga mengalami penurunan kualitas sebesar 34,54% dibandingkan dengan cairan pendingin komersil (Dromus).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (M. Fikri Ilhamsyah, 2014) tentang “Pengaruh Variasi Debit dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran

Permukaan Al 6061 pada Proses *Drilling*” data hasil statistik jenis cairannya bernilai $0.705 > 0,05$ (tidak signifikan). Ini sama dengan hasil penelitian yang saya lakukan dengan hasil statistiknya $0,625 > 0,05$ (tidak signifikan). Jadi kesimpulannya hasil dari variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air kualitasnya sama dengan variasi campuran cairan pendingin yang dilakukan oleh (M. Fikri Ilhamsyah, 2014) yaitu bisa disebut cairan alternatif, tingkat ekonomisnya tidak jauh beda, dan komposisi dari variasi campuran cairan pendinginnya mudah didapatkan.

Dalam segi ekonomisnya cairan pendingin antara campuran minyak goreng curah ditambah air dengan cairan komersil (Dromus) terdapat nilai jual yang cukup signifikan. Harga (Dromus) biasa dijual 1 liter Rp. 30.000,- sampai Rp. 50.000,- sedangkan minyak goreng curah yang dipakai pada penelitian ini biasa dijual 1 liter dengan harga kisaran Rp. 8.000,- sampai Rp. 10.000,- dan harga emulgatornya (sabun colek cair) dijual dengan harga kisaran Rp 1.000,- sampai Rp 2.000,-. Dari data harga jual masing-masing cairan pendingin antara cairan pendingin campuran minyak goreng curah ditambah air dengan cairan pendingin komersil (Dromus) ditemukan selisih harga yang relatif besar yaitu lebih murah cairan pendingin campuran minyak goreng curah ditambah air dibandingkan cairan pendingin komersil (Dromus).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian serta menganalisa hasil data pengujian yang sudah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin banyak kadar minyak goreng curah dalam suatu campuran cairan pendingin diikuti pula laju keausan tepi pahat dan laju temperatur disaat proses pembubutannya.
2. Setelah dilakukan pengujian keausan tepi pahat menggunakan *Profile Projector*, keausan tepi pahat paling kecil pada variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air diperoleh pada perbandingan campuran 1:20 dengan hasil nilai rata-rata keausan tepi 0,1226 mm.
3. Setelah dilakukan pengujian keausan tepi pahat menggunakan *Profile Projector*, keausan tepi pahat paling besar pada variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air diperoleh pada perbandingan campuran 1:40 dengan hasil nilai rata-rata keausan tepi 0,1880 mm.
4. Hasil perubahan temperatur yang dilakukan menggunakan *Thermometer Gun* disaat pembubutan pada variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air, temperatur terkecil diperoleh pada perbandingan campuran 1:20 dengan hasil nilai rata-rata temperaturnya 54,794°C.
5. Hasil perubahan temperatur yang dilakukan menggunakan *Thermometer Gun* disaat pembubutan pada variasi campuran cairan pendingin antara minyak goreng curah ditambah air, temperatur terbesar diperoleh pada perbandingan campuran 1:40 dengan hasil nilai rata-rata temperaturnya 66,960°C.
6. Cairan pendingin campuran minyak goreng curah ditambah air mengalami penurunan kualitas sebesar 5,08% pada laju keausan tepi pahatnya dan 34,54% pada laju temperaturnya dibandingkan dengan cairan pendingin komersil (Dromus).

7. Cairan pendingin campuran minyak goreng curah ditambah air dapat dikatakan cairan alternatif sebagai pengganti cairan pendingin komersil (Dromus) dikarenakan memberikan hasil tidak jauh berbeda pada keausan tepi pahatnya dan lebih ekonomis.

5.2 Saran

Pada percobaan ini hanya membahas tentang pengaruh variasi campuran cairan pendingin pada proses pembubutan kasar (*roughing*) terhadap keausan tepi pahat saja dan perubahan temperatur disaat pembubutan. Sebaiknya perlu dikaji lebih dalam lagi seperti keausan tepi pahat pada proses pembubutan yang mengakibatkan laju keausannya semakin panjang. Selain itu dapat dilakukan percobaan kembali dengan parameter – parameter yang belum ada pada penelitian ini, seperti pengaruh sudut mata pahat, pengaruh variasi debit cairan pendinginnya, ataupun pengaruh variasi viskositas cairan pendinginnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayuseno, A., P. 2010. *Kajian Pustaka Tentang Keausan Pada Pahat Bubut*. Program Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Masrukan, Fatchatul, B., dan Chaerul. 2009. *Pemeriksaan Mikrostruktur, Komposisi Kimia Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Paduan Al-606*, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir Batan Tangerang, Pusat Teknologi Nuklir dan Radiometri Batan Bandung.
- Material *ST 42* Dilihat pada tanggal 12 Maret 2015 dari website www.ironsteelcenter.com
- Maulana, A. 2013. *Pengaruh Laju Aliran Cairan Pendingin Bertekanan Tinggi Terhadap Keausan Tepi Pahat Pada Proses Bubut*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala Darussalam.
- Mursalin. Pratapa, S. dan Faisal, H. 2009. *Pengaruh Perlakuan Panas Aging Terhadap Perilaku Korosi Paduan Aluminium Seri 6061 Dalam Larutan 0,05m Hcl*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nevada, J., M., N. dan Eka, R., M., A., P., L. 2012. *Analisa Sifat Kekerasan Baja St-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi (Caco3)) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburizing)*, Jurnal Teknologi Vol 9: 985 – 994.
- Nugroho, S. dan Senoaji, H., K. 2010. *Karakterisasi Pahat Bubut High Speed Steel (Hss) Boehler Tipe Molibdenum (M2) Dan Tipe Cold Work Tool Steel (A8)*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.
- Nuryanto, A. 2006. *Pengaruh Variasi Kecepatan Potong, Feeding Dan Kedalaman Potong Terhadap Umur Pahat Hss Yang Dilapis Aln-Tin-Aln*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Proses Cooling Pada Proses Bubut* Dilihat pada Tanggal 15 Maret 2015 dari website www.machinetools.net.tw
- Rochim, Taufiq. 2007. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan dan Spesifikasi, Metrologi dan Kualitas Kontrol*, Laboratorium Teknik Produksi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknik Bandung.
- Santoso, E., B. dan Heriyanto, B. 2014. *Effect Of Ingestion Speed And Coolant Roughness On Wear Of Materials And Eyes Drill In Process Drilling In Steel Ss 400*, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Sakti Surabaya.
- Setyawan, F., B. 2011. *Pengaruh Geometri Sudut Pahat High Speed Steel (Hss) Terhadap Umur Pahat Dan Penyusunan Standard Operating Procedure (SOP) Pengasahan Pahat Pada Proses Bubut Aluminium Paduan Rendah*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Solo.
- Sipayung,A.N., 2012. *Analisa Keberadaan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng Jenis Curah Berdasarkan Waktu Pemakaian Pada Pedagang*

- Gorengan Kaki Lima Di Kelurahan Padang Bulan Medan Tahun 201.*
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Sriyanto, J. 2012. *Analisis Pengaruh Cairan Pendingin Semisintetik Dan Soluble Oil Terhadap Keausan Pahat High Speed Steel (Hss) Pada Proses End Milling*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo.
- Sukandar, A. dan Suma, E., A. 2009. *Pengaruh Cairan Pendingin Emulsi Pada Keausan Pahat Bubut Jenis Hss*, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, UPI, Bandung.
- Syakuri, D., G., A. 2012. *Analisis Keausan Tepi Pahat Hss Akibat Variasi Jenis Cairan Pendingin Dan Parameter Proses Pembubutan Baja St 42*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember
- Tabel Kecepatan Potong dan Tabel Kecepatan Pemakanan Dilihat pada tanggal 12 Maret 2015 dari website www.arudamkanateknik.blogspot.com.*
- Winoto, A. 2011. *Prediksi Umur Pahat Dengan Metode Mesin Pendukung Vektor (Support Vector Machine)*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Solo.

LAMPIRAN

1. 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
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06

2. Tabel Data Hasil Pengujian

- Data Sebelum Dilakukan Pengujian (Ps1)

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30	0,251	1,262	1,532	0,490	0,832
2	Minyak Curah+Air	1:20	0,461	0,586	0,913	0,115	0,224
3		1:30	0,137	0,960	0,030	0,531	0,993
4		1:40	1,437	0,519	0,628	1,033	0,223

- Data Sesudah Dilakukan Pengujian (Ps2)

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30	0,434	1,373	1,612	0,686	1,010
2	Minyak Curah+Air	1:20	0,692	0,686	0,990	0,173	0,371
3		1:30	0,319	1,021	0,297	0,784	1,016
4		1:40	1,493	0,609	0,811	1,269	0,598

- Tabel Hasil Keausan Tepi Pahat (VB)

(Keausan Tepi Pahat (VB) = Ps2 – Ps1)

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	Vb ₁ (mm)	Vb ₂ (mm)	Vb ₃ (mm)	Vb ₄ (mm)	Vb ₅ (mm)	Vbx (mm)
1	Komersil (Dromus)	1:30	0,183	0,111	0,080	0,196	0,178	0,1496
2	Minyak Curah+Air	1:20	0,231	0,100	0,077	0,058	0,147	0,1226
3		1:30	0,182	0,061	0,267	0,253	0,023	0,1572
4		1:40	0,056	0,090	0,183	0,236	0,375	0,1880

- Tabel Hasil Temperatur Disaat Pembubutan (T)

No	Jenis Cairan Pendingin	Variasi Campuran	T ₁ (C°)	T ₂ (C°)	T ₃ (C°)	T ₄ (C°)	T ₅ (C°)	T _x (C°)
1	Komersil (Dromus)	1:30	34,30	52,60	35,0	49,10	47,60	43,720
2	Minyak Curah+Air	1:20	40,30	53,20	39,30	77,77	63,40	54,794
3		1:30	54,40	39,00	60,20	71,60	68,90	58,820
4		1:40	50,50	66,70	93,70	53,50	70,40	66,960

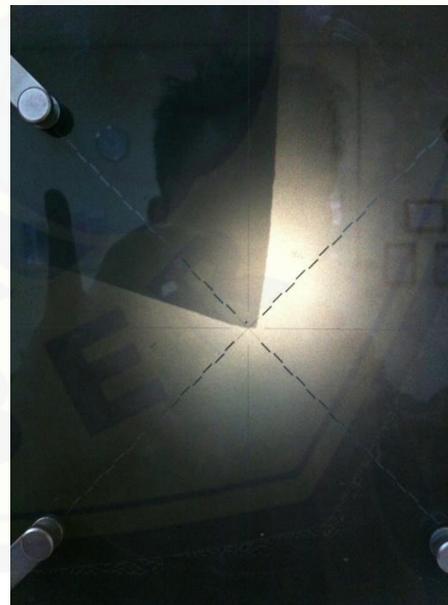
3. Gambar Sampel Uji Keseluruhan

➤ Dromus 1:30

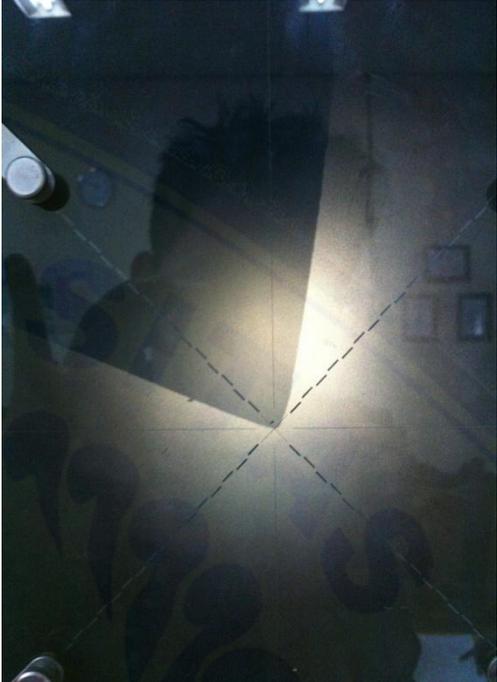
Uji 1



Uji 2



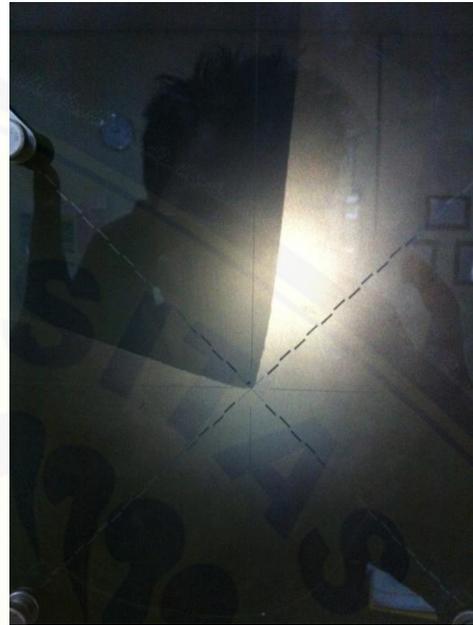
Uji 3



Uji 4

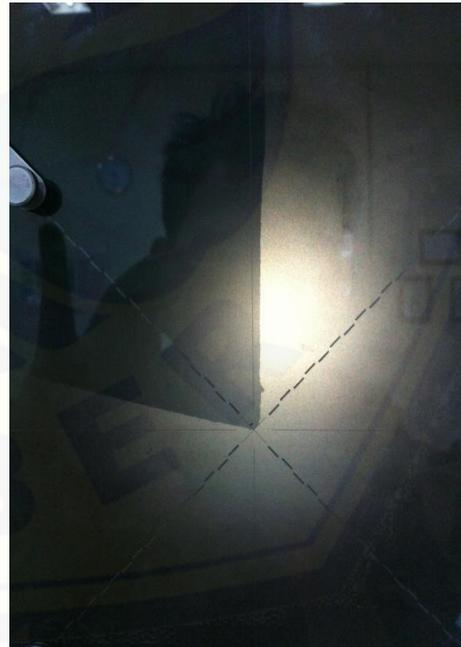


Uji 5



- Minyak Curah + Air 1:20

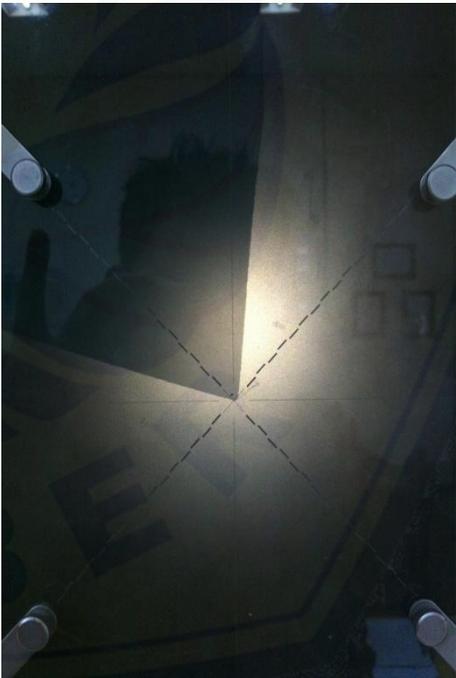
Uji 1



Uji 2



Uji 3



Uji 4

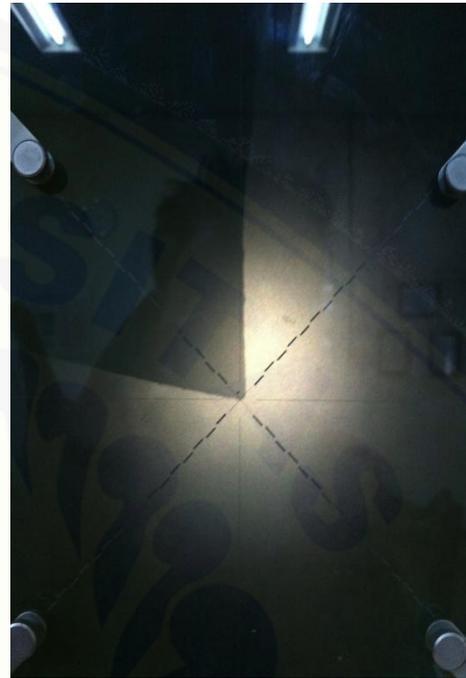


Uji 5



- Minyak Curah + Air 1:30

Uji 1



Uji 2



Uji 3



Uji 4



Uji 5

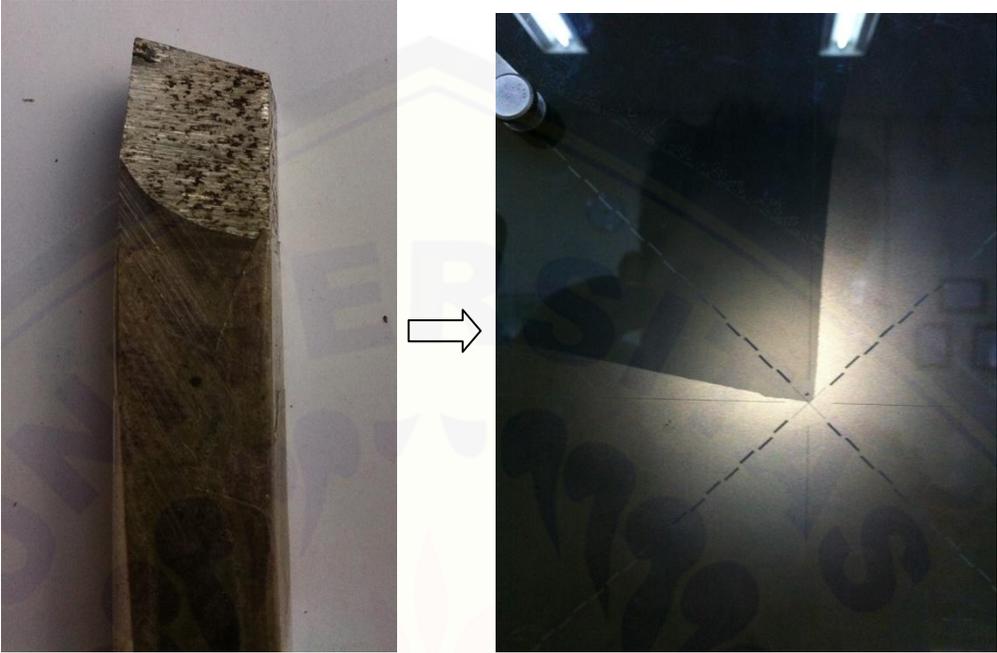


- Minyak Curah + Air 1:40

Uji 1



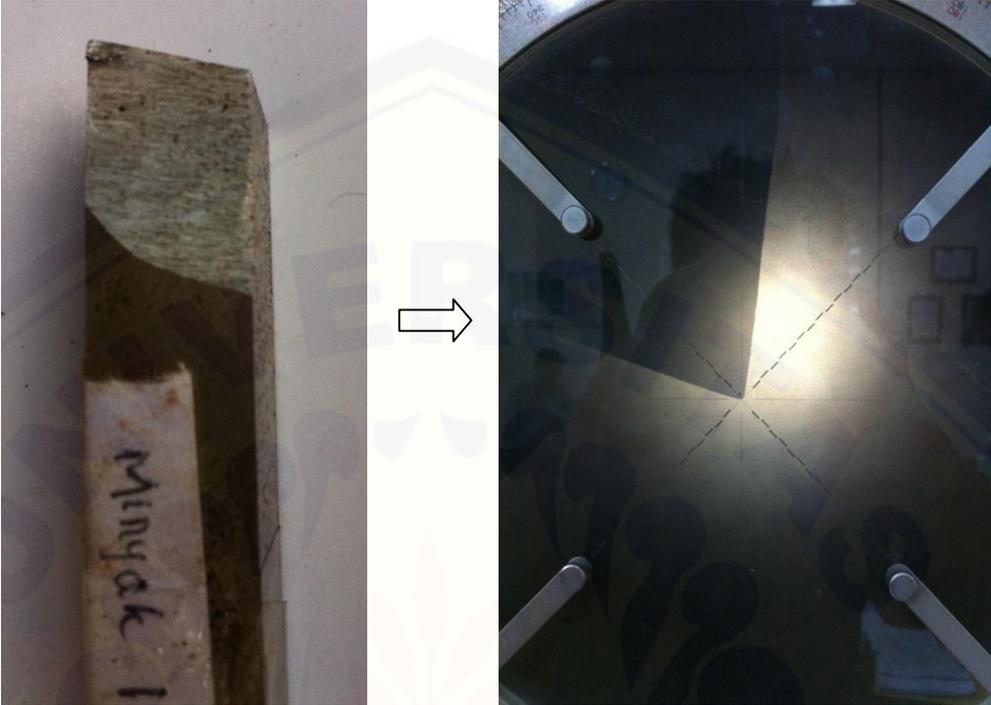
Uji 2



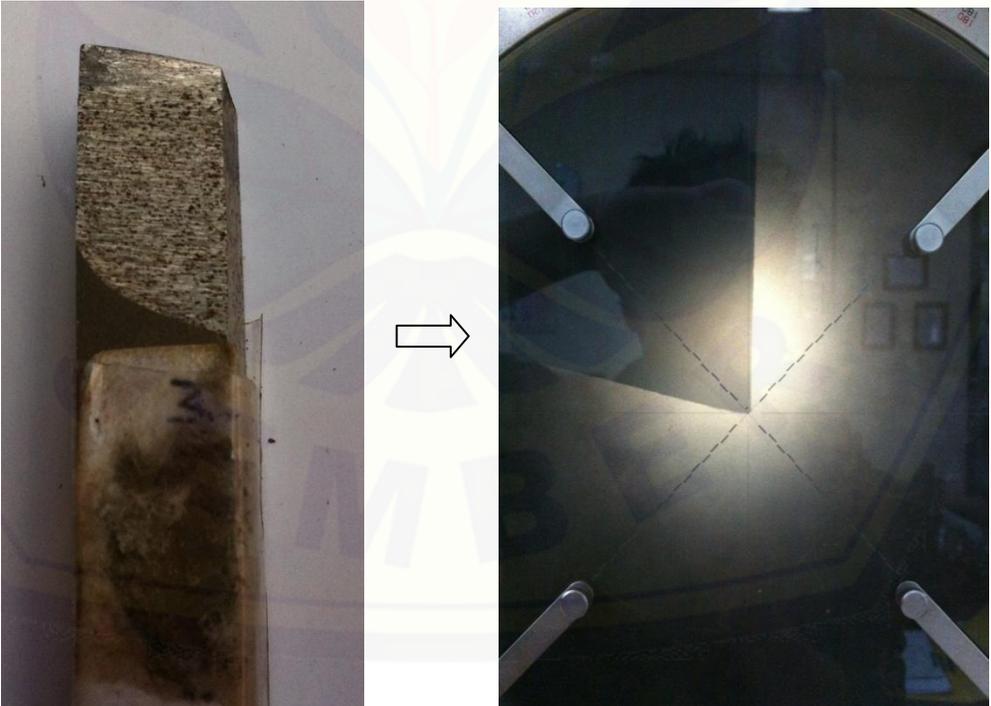
Uji 3



Uji 4



Uji 5



4. Proses Pengasahan Pahat HSS



5. Proses Pembuatan Cairan Pendingin (*Cooling Water*)







6. Proses Pengukuran Viskositas Cairan Pendingin





Dromus 1:30 (2,00 mPa.s)



Minyak Curah 1:20 (2,20 mPa.s)



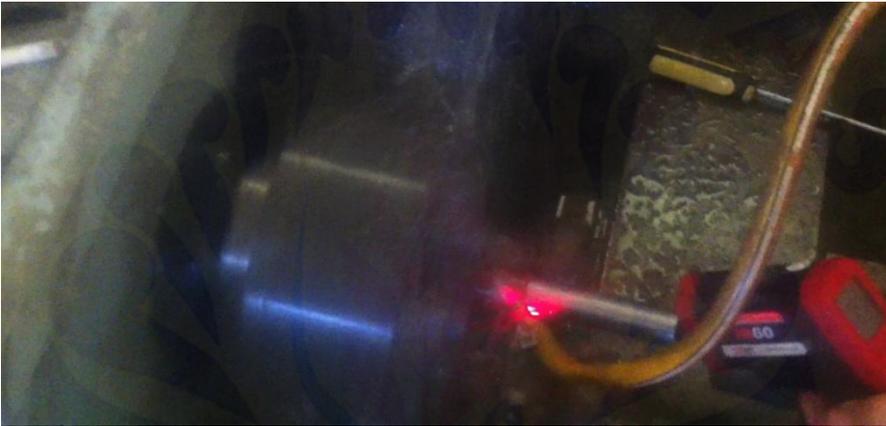
Minyak Curah 1:30 (2,05 mPa.s)



Minyak Curah 1:40 (1,80 mPa.s)

7. Proses Pembubutan *Roughing*





8. Proses Pengukuran Temperatur (T) Pada Saat Pembubutan



9. Proses Pengujian Keausan Tepi Pahat (VB) menggunakan *Profile Projector*



10. Output Software SPSS

- Tabel *One-Way* ANOVA Keausan Tepi Pahat (VB) dan Grafiknya

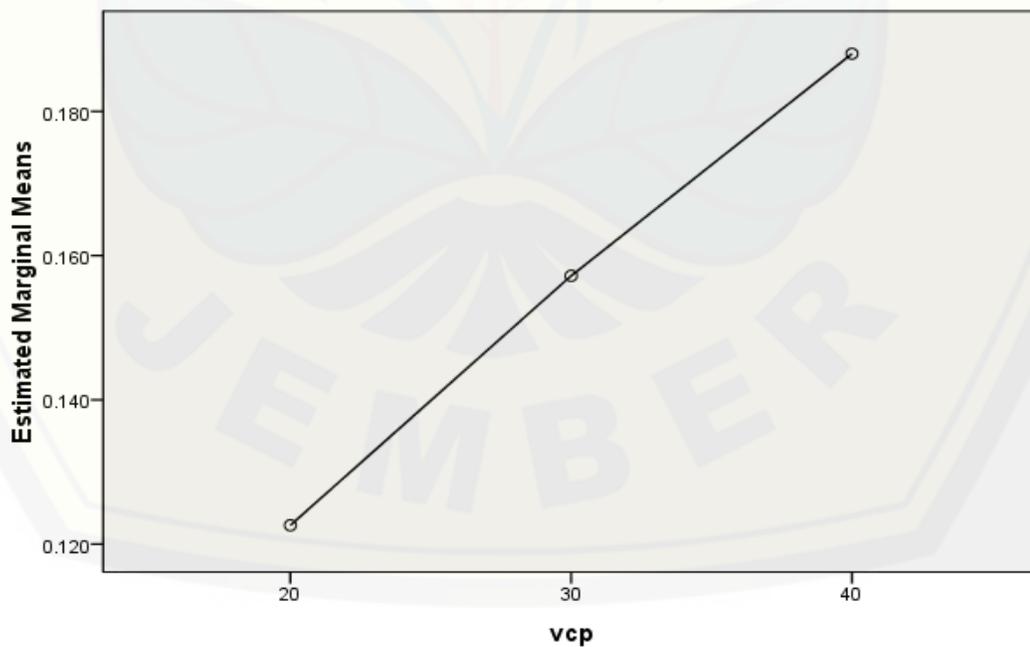
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hasil keausan (VB)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.011 ^a	2	.005	.485	.628
Intercept	.365	1	.365	33.020	.000
Vcp	.011	2	.005	.485	.628
Error	.133	12	.011		
Total	.508	15			
Corrected Total	.143	14			

a. R Squared = .075 (Adjusted R Squared = -.079)

Estimated Marginal Means of hasilVB



- Tabel *One-Way* ANOVA Temperatur disaat Pembubutan dan Grafiknya

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hasil Temperatur (T)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	384.133 ^a	2	192.067	.791	.476
Intercept	54344.949	1	54344.949	223.881	.000
Vcp	384.133	2	192.067	.791	.476
Error	2912.881	12	242.740		
Total	57641.963	15			
Corrected Total	3297.014	14			

a. R Squared = .117 (Adjusted R Squared = -.031)

Estimated Marginal Means of hasilSP

