



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS TEMPERATUR PAHAT PADA PROSES
BUBUT BAJA St 40 MENGGUNAKAN
*AIR JET COOLING***

TUGAS AKHIR

**BOEDI PRIONO
L2E 604 197**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
JULI 2011**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : BOEDI PRIONO
NIM : L2E 604 197

Dosen Pembimbing : Rusnaldy, ST, MT, PhD

Jangka waktu : 6 (Enam) bulan

Judul : Analisis Temperatur Pahat pada Proses Bubut
Baja St 40 Menggunakan *Air Jet Cooling*.

Isi Tugas :

1. Melakukan pengujian komposisi kimia paduan untuk mengetahui kadar karbon yang terdapat di dalamnya, mengukur tingkat kekerasan baja St 40 dengan menggunakan *rockweell hardness testers* untuk mengetahui tingkat kekerasan bahan.
2. Besarnya temperatur yang dihasilkan pada waktu proses pemesinan.
3. Optimisasi besarnya tekanan dan posisi penyemprotan *air jet cooling*.
4. Simulasi dengan *Deform 3D* dilakukan untuk proses pemesinan kering, pemesinan dengan *air jet cooling*, dan *cooled air jet cooling*.

Semarang, Juli 2011

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir

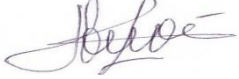


Rusnaldy, ST, MT, PhD

NIP. 19700520199931002

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**




NAMA : BOEDI PRIONO
NIM : L2E_604_197
Tanda Tangan : 
Tanggal : 13 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : BOEDI PRIONO
NIM : L2E 604 197
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Temperatur Pahat Pada Proses Bubut Baja
St 40 Menggunakan *Air Jet Cooling*


Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Rusnaldy, ST, MT, PhD ()
Penguji : Sri Nugroho, ST, MT, PhD ()
Penguji : Ir. Bambang Yuniyanto, MSc ()

Semarang, Juli 2011

Jurusan Teknik Mesin
Ketua,


Dr. Ir. Dipl. -Ing. Berkah Fajar T.K.
NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Boedi Priono
NIM : L2E 604 197
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan Rusnaldy, PhD sebagai pembimbing saya, yang berjudul:

“Analisis Temperatur Pahat Pada Proses Bubut Baja St 40 Menggunakan *Air Jet Cooling*”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya dan Rusnaldy, PhD selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 13 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Boedi Priono)

ABSTRAK

Media pendingin cair seperti dromus pada proses pemesinan yang sekarang ini digunakan masih berbahaya bagi kesehatan operator, terutama bagi kesehatan kulit dan sistem pernapasan. Selain itu, media pendingin cair yang sekarang ini banyak digunakan juga menimbulkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan, seperti: polusi air dan polusi tanah. Dengan alasan inilah maka berbagai media pendingin alternatif berusaha untuk digunakan dengan tujuan untuk meminimalisir atau menghindari penggunaan media pendingin cair. Metode alternatif tersebut antara lain: *minimum quantity lubrication* (MQL), pendinginan menggunakan gas cair, *air jet cooling* dan pemesinan kering. Dari alternatif-alternatif tersebut, proses pemesinan menggunakan *air jet cooling* merupakan yang paling mudah untuk dilakukan. Namun jika dibandingkan dengan proses pemesinan dengan menggunakan dromus, penggunaan dromus masih lebih baik dibandingkan dengan *air jet cooling*. Karena kemampuan media pendingin dromus untuk menyerap panas lebih baik. Sehingga penggunaan *air jet cooling* masih menimbulkan panas yang cukup tinggi. Untuk itu perlu dilakukan analisa temperatur pada pahat.

Pada penelitian ini akan dianalisa pengaruh dari penggunaan *air jet cooling* terhadap temperatur pahat selama proses pemesinan bubut. Untuk melihat dan memprediksi temperatur pahat, penelitian dilakukan dengan metode eksperimental dan simulasi menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan menggunakan *Software Deform 3D*. Temperatur pahat diukur pada kondisi pemesinan kering, pemesinan dengan *air jet cooling*, dan pemesinan menggunakan media pendingin cair. Khusus pada pemesinan dengan *air jet cooling* pengujian dilakukan pada tekanan 0,5 sampai 6 bar dan pada masing-masing tekanan dilakukan pengujian untuk arah *interface* dan *overhead*. Simulasi dengan *Deform 3D* dilakukan untuk proses pemesinan kering, pemesinan dengan *air jet cooling* dan *cooled air jet cooling*. Dari hasil eksperimen dan hasil pemodelan diketahui bahwa penggunaan *air jet cooling* mampu menurunkan temperatur pahat. Pada pemesinan menggunakan *air jet cooling* akan diperoleh temperatur pahat terendah pada tekanan udara 3 bar dan pada arah pendinginan *overhead*.

Kata kunci: *air jet cooling*, pemodelan proses pemesinan, media pendingin, pemesinan ramah lingkungan

ABSTRACT

Cutting fluid such as dromus used in machining processes has negative health effect on operators especially for skin and respiratory system. In addition, a liquid cooling medium which is now widely used also cause hazardous to environment, such as water pollution and soil pollution. Because of these reasons, a various alternative cooling media is used in order to minimize or avoid the use of cooling media. The alternative methods of cooling systems for machining process are Minimize Quantity Lubrication (MQL), liquid gas cooling, air jet cooling and dry machining. From these alternatives, the machining process using air jet cooling is the easiest method to do. But, the cutting tool temperature is still high.

In this study, cutting temperature of machining process using air jet cooling was analysed. Analysis in this study use two method. The methods are experimental and Finite Element Method (FEM) simulation using Deform 3D Software. Cutting tool temperatures were measured on dry machining, wet machining and machining using air jet cooling with pressure of 0.5 until 6 bar and two position of cooling directions of interface and overhead. Simulation using Deform 3D was carried out for dry machining, machining using air jet cooling and wet machining. From the experiment and simulation results, shown that optimal cutting condition was achieved at pressure of 3 bar and the position of cooling direction of overhead.

Keywords: air jet cooling, machining modeling, cutting fluids, green machining

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

**“Lakukan yang terbaik untuk setiap pekerjaan dan
selalu bersyukur apa yang kamu dapatkan”**

Dengan penuh hormat:

**Tugas sarjana ini saya persembahkan untuk
Ayahanda Sulari dan Ibunda Wastini yang tercinta**

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Rusnaldy, ST, MT, PhD selaku dosen pembimbing atas bimbingan, saran dan pemikiran yang sangat berguna bagi penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Paryanto, ST, MT dan Herman Saputro, SPd, MT yang sudah banyak membantu dalam pelaksanaan pengujian dan penulisan Laporan Tugas Akhir.
3. Kepada teman-teman angkatan 2004 dan kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu kelancaran pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis sadar bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Segala kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan dimasa yang akan datang akan sangat dihargai. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Semarang, 13 Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.2.1 Tujuan Penelitian	3
1.2.2 Manfaat Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode yang Digunakan	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6

2.1 Proses Pemotongan Logam	6
2.2 Proses Pemesinan Bubut	8
2.2.1 Mesin Bubut Konvensional	8
2.2.2 Mesin Bubut CNC	12
2.3 Temperatur Pada Proses Pembubutan	14
2.4 Pahat Pada Proses Pembubutan	18
2.6 Media Pendingin Pada Proses Bubut	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Pengujian Secara Eksperimental	24
3.1.1 Peralatan Pengujian	24
3.1.1.1 Mesin Bubut	24
3.1.1.2 <i>Thermocouple</i>	24
3.1.1.3 <i>Tachometer</i>	26
3.1.1.4 Rangkaian Sistem Pendingin Udara	26
3.1.2 Material Penelitian	27
3.1.2.1 Material Benda Kerja	27
3.1.2.2 Pahat Yang Digunakan Dalam Proses Pembubutan ...	28
3.1.3 Proses Pengujian	29
3.1.3.1 Desain Eksperimen	29
3.1.3.2 Metode Pengukuran Temperatur Pahat	30
3.2 Pemodelan Pemesinan Dengan Metode Elemen Hingga	30
3.3 Diagram Alir Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Pengukuran Temperatur Pahat Pada Proses Pengujian	34

4.2 Temperatur Pahat Hasil Pemodelan Menggunakan Metode Elemen Hingga	39
4.2.1 Hasil Pemodelan Pemesinan Kering	40
4.2.2 Hasil Pemodelan Pemesinan Menggunakan <i>Air Jet Cooling</i> ..	41
4.2.3 Hasil Pemodelan Pemesinan Menggunakan Udara Dingin (<i>Cooled-Air Jet Cooling</i>)	44
4.3 Optimisasi Pendinginan Menggunakan <i>Air Jet Cooling</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN-LAMPIRAN	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengukuran Temperatur Pahat	53
Lampiran 2 Tabel Nilai Pr , Nu , Re dan h Pada <i>Overhead Air Jet Cooling</i> .	54
Lampiran 3 Tabel Nilai Pr , Nu , Re dan h Pada <i>Cooled-overhead Air Jet Cooling</i>	55
Lampiran 4 Spesifikasi Mesin Bubut EMCO Maier Maximat V13	56
Lampiran 5 Pahat TNMG 160404 FG CT 3000.....	57
Lampiran 6 Spesifikasi Thermocouple KW06-283	58
Lampiran 7 Hasil Uji Komposisi Material St 40	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Perkembangan penggunaan media pendingin dalam proses pemesinan	2
Gambar 2.1	<i>Stess zone</i> pada proses pemotongan logam	7
Gambar 2.2	Mesin bubut konvensional	8
Gambar 2.3	Geometri dan gaya pemotongan pada proses bubut	9
Gambar 2.4	Parameter-parameter proses bubut	11
Gambar 2.5	Mesin bubut CNC	13
Gambar 2.6	Diagram blok pengoprasian mesin CNC	14
Gambar 2.7	Distribusi temperatur pahat pada pemotongan logam	15
Gambar 2.8	Distribusi temperatur pahat, geram dan benda kerja pada proses pemotongan logam	16
Gambar 3.1	Mesin bubut EMCO Maier Maximat V13	24
Gambar 3.2	Termometer KW06-283	25
Gambar 3.3	<i>Tachometer</i> seri Portex 2234A	26
Gambar 3.4	Rangkaian sistem pendinginan menggunakan <i>air jet cooling</i>	26
Gambar 3.5	Baja St 40 sebagai spesimen pengujian	27
Gambar 3.6	Standarisasi kode <i>insert</i>	28
Gambar 3.7	Arah penyemprotan media pendingin	29
Gambar 3.8	Posisi pemasangan <i>thermocouple</i> pada pahat	30
Gambar 3.9	Pemodelan proses bubut pada <i>Software Deform 3D v5.0</i>	31
Gambar 3.10	Diagram alir penelitian	32
Gambar 4.1	Perbandingan temperatur pahat pada proses pemesinan kering,	

	<i>air jet cooling</i> dan basah	35
Gambar 4.2	Temperatur pahat pada proses pemesinan menggunakan <i>air jet cooling</i>	36
Gambar 4.3	Temperatur udara keluaran pada sistem <i>air jet cooling</i>	37
Gambar 4.4	Kecepatan aliran <i>air jet cooling</i>	38
Gambar 4.5	Hasil pemodelan pemesinankering menggunakan <i>Deform 3D</i> v5.0	40
Gambar 4.6	Distribusi temperatur pahat pada pemesinan kering menggunakan <i>Deform 3D v5.0</i>	41
Gambar 4.7	Mekanisme pemodelan pada <i>overhead air jet cooling</i>	42
Gambar 4.8	Temperatur pahat antara hasil simulasi <i>Deform 3D v5.0</i> dan hasil eksperimen	43
Gambar 4.9	Ilustrasi gambar <i>Ranque-Hilsch vortex tube</i>	45
Gambar 4.10	Distribusi temperatur pahat hasil proses pemodelan menggunakan <i>Deform 3D</i> pada tekanan udara 3 bar	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Desain Eksperimen	29
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Rata-Rata Temperatur Pahat	34
Tabel 4.2 Perbandingan Temperatur Pahat Hasil Pemodelan dan Hasil Eksperimental Pada Pemesinan Kering	40
Tabel 4.3 Temperatur Pahat Maksimum Hasil Pemodelan <i>Deform 3D</i> <i>v5.0</i>	47

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	
ALE	<i>Arbitrary Lagrangian Eulerian</i>	
FEM	<i>Finite Element Method</i>	
HRA	<i>Hardness Rockwell A</i>	
ISO	<i>International Standard Organizaton</i>	
MQL	<i>Minimum Quantity Lubrication</i>	
2D	<i>Two Dimension</i>	
3D	<i>Three Dimension</i>	

LAMBANG	Nama	Satuan
A	Luas penampang geram	[mm ²]
A	Luas penampang perpindahan panas	[m ²]
a	Kedalaman potong pahat (<i>depth of cut</i>)	[mm]
b	Lebar pemotongan	[mm]
c_w	Panas spesifik benda kerja	[J/g.K]
d	Diameter benda kerja	[mm]
d_o	Diameter benda kerja sebelum pembubutan	[mm]
d_m	Diameter benda kerja setelah pembubutan	[mm]
D_h	Diameter hidrolik	[mm]
f	<i>feed</i>	[mm/rev]
F_f	<i>Feed force</i>	[N]
F_r	<i>Radial force</i>	[N]
F_t	<i>Tangential force</i>	[N]
h	Koefisien perpindahan kalor konveksi	[W/m ² .°C]
k	Konduktivitas termal	[W/m.°C]
k_s	Kalor spesifik	[N/mm ²]
κ_r	Sudut potong utama	[deg]

l_t	Panjang pemotongan	[mm]
n	Putaran spindel	[rpm]
Nu	Bilangan Nusselt	[-]
Pr	Bilangan Prandtl	[-]
Q	Kalor per menit	[J/min]
q	Laju perpindahan kalor	[W]
Q_c	Panas yang terbawa geram	[J/min]
Re	Bilangan Reynolds	[-]
T_w	Temperatur dinding	[°C]
T_f	Temperatur fluida	[°C]
T_f	Temperatur film	[°C]
t_c	Waktu pemotongan	[min]
u	Kecepatan udara	[m/s ²]
v_c	Kecepatan potong	[m/min]
v_f	Kecepatan pemakanan	[m/min]
Z	Kecepatan penghasiian geram	[mm ³ /min]
α	<i>Rake angle</i>	[deg]
φ	Sudut bidang geser	[deg]
ρ	Berat jenis	[kg/m ²]
λ_s	Sudut kemiringan pahat	[deg]
π	<i>phi</i>	[-]
ΔQ_c	Kenaikan temperatur geram	[K]