

**ANALISIS WAKTU ARAH *PLANAR* DAN SUDUT
PERMUKAAN BIDANG KERJA TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN MATERIAL *FC25* HASIL PEMESINAN
PADA MESIN *CNC MILLING* MENGGUNAKAN *BALLNOSE
ENDMILL***

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat

Memperoleh gelar Strata-1 Teknik Mesin



Diajukan oleh;

NAMA : SUNARNO

NIM : 143010005

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS WAKTU ARAH *PLANAR* DAN SUDUT PERMUKAAN
BIDANG KERJA TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
MATERIAL *FC25* HASIL PEMESINAN PADA MESIN *CNC MILLING*
MENGUNAKAN *BALLNOSE ENDMILL***

Telah diperiksa, disetujui dan dipertahankan di hadapan Dewan Penguji
Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid
Hasyim Semarang

Pada :
Hari : *Rabu*
Tanggal : *15 Agustus 2018*

Pembimbing I



(Dr. S.M. Bondan Respati, S.T., M.T)
NPP. 05.06.1.0153

Pembimbing II

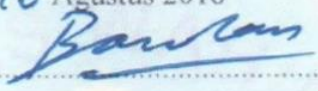
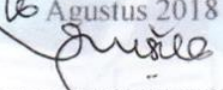
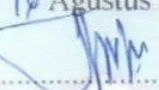


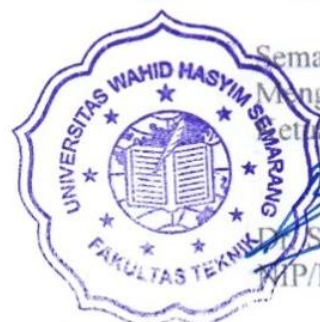
(Rony Wijanarko, S.Kom., M.Kom)
NPP. 05.13.1.0253

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN

Nama Mahasiswa : SUNARNO
 NIM : 143010005
 Judul TA : Analisis Waktu Arah *Planar* dan Sudut Permukaan Bidang Kerja Terhadap Kekasaran Permukaan Material *FC25* Hasil Pemesinan Pada Mesin *CNC Milling* Menggunakan *Ballnose Endmill*

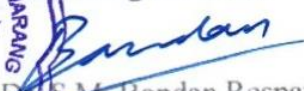
Telah dipertahankan dan direvisi di depan Dewan Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang

1. Penguji 1
 Nama : Dr. S.M. Bondan Respati, S.T., M.T
 Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2018
 Tanda Tangan : 
2. Penguji 2
 Nama : Imam Syafa'at, S.T., M.T
 Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2018
 Tanda Tangan : 
3. Penguji 3
 Nama : Ir. Tabah Priangkoso, M.T
 Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2018
 Tanda Tangan : 
4. Penguji 4
 Nama : Dr. H. Helmy Purwanto, S.T., M.T
 Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2018
 Tanda Tangan : 



Semarang, 20 Agustus 2018

Mengetahui
 Ketua Program Studi


 Dr. S.M. Bondan Respati, S.T., M.T
 NIP/NPP. 05.06.1.0153

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sunarno

NIM : 143010005

Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa Tugas Akhir tidak merupakan jiplakan dan juga bukan dari karya orang lain.

Semarang, April 2018

Yang menyatakan,



(Sunarno)



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Hiduplah seperti engkau mati esok hari, dan belajarlal seolal engkau hidup selamanya (Mahatma Gandhi)
2. Pengetahuan adalah kekuatan yang tidak mengenal batas.
3. Ilmu adalah cahaya.



PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan laporan Tugas Akhir kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendoakan untuk kebaikan anaknya sampai akhir hayat.
2. Istri tercinta Sri Rejeki, S.Kom dan anak-anakku sebagai penyemangat dan memberikan motivasi, dukungan dan doa.
3. Bapak Dr. S.M. Bondan Respati, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Rony Wijanarko, S.Kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan nasihat dan solusi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Helmy Purwanto, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
5. Dosen – dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang atas ilmu yang diberikan dan semoga bermanfaat selamanya.
6. Laboran dan Staff Administrasi Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang atas support dan kerjasamanya.
7. Teman–teman kuliah Jurusan Teknik Mesin atas kerja sama dan motivasi selama masa perkuliahan.
8. Bapak Handy Purnama dan rekan kerja di PT. Tri Sinar Purnama *Foundry* yang memberikan bantuan serta dukungannya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur Alhamdulillah kita panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang diberikan kepada kita semua sehingga masih diberi kesempatan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Sholawat dan salam tidak lupa diberikan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang akan dinanti syafa'atnya dihari akhir nanti.

Laporan Tugas Akhir ini membahas tentang Analisis Waktu Arah *Planar* Dan Sudut Permukaan Bidang Kerja Terhadap Kekasaran Permukaan Material *FC25* Hasil Pemesinan Pada Mesin *CNC Milling* Menggunakan *Ballnose Endmill*. Semoga dengan adanya laporan ini dapat menjadi sarana *tholabulilmi* di kalangan mahasiswa Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim tercinta. Terima kasih untuk Bapak Dr. S.M. Bondan Respati, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Rony Wijanarko, S.Kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam pembuatan laporan, dan juga semua yang terlibat selama proses pembuatan Tugas Akhir ini.

Tentu tidak ada sesuatupun yang sempurna sebagaimana laporan Tugas Akhir ini. Dimohon sumbang saran kepada semua pihak yang telah membaca tulisan ini demi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Akhirnya penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi Almamater Universitas Wahid Hasyim Semarang dan bagi para pembaca pada umumnya. Terima kasih
Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang, April 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN UJIAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
INTISARI	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan masalah.....	3
1.5. Manfaat penelitian	4
 BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	 5
II.1. Tinjauan Pustaka.....	5
II.2. Landasan teori.....	8
II.2.1. Besi Cor	8
II.2.2. Proses pemesinan (<i>machining</i>)	13
II.2.3. Frais (<i>milling</i>)	17
II.2.4. Bagian utama mesin CNC <i>milling</i>	22
II.2.5. Cara pengoperasian mesin CNC	25
II.2.6. Mesin CNC (<i>Computer Numerically Controlled</i>)	27

II.2.7. Jenis Mesin CNC	29
II.2.8. CAD/CAM.....	30
II.2.9. Kekasaran Permukaan.....	33
II.2.10. Parameter Kekasaran Permukaan	35
BAB III METODE	40
III.1. Desain Percobaan.....	40
III.2. Spesimen FC 25	42
III.3. Subyek penelitian.....	42
III.4. Dimensi Benda Kerja dan Alat Potong.....	44
III.5. Tempat pelaksanaan Penelitian.....	44
III.6. Metode pengambilan data	44
III.6.1. Persiapan alat dan bahan	45
III.6.2. Pembuatan spesimen FC25	50
III.6.3. Pengukuran hasil penelitian	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
IV.1. Pengujian lama waktu proses <i>planar</i>	56
IV.1.1. Hasil	56
IV.1.2. Pembahasan	57
IV.2. Pengujian Kekasaran Permukaan.....	63
IV.2.1. Hasil	63
IV.2.2. Pembahasan	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
V.1. Kesimpulan	69
V.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Data nilai <i>Ra</i> (<i>Roughness Average</i>) (Zulhendri, dkk, 2007)	6
Tabel II.2 Hasil data rata-rata pengukuran kekasaran permukaan pada 5 spesimen dengan variasi <i>feeding</i> dan rpm tetap (Zubaidi, 2012)	6
Tabel II.3 Hasil data rata-rata pengukuran kekasaran permukaan pada 5 spesimen dengan variasi rpm dan <i>feeding</i> tetap (Zubaidi, 2012)	7
Tabel II.4 Nilai kekasaran rata-rata dari variasi arah pemakanan terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja (Wahid, dkk, 2016).....	8
Tabel II.5 Bahan untuk konstruksi mesin (Sularso, 1979).....	13
Tabel II.6 Kecepatan potong (<i>Cs</i>) untuk beberapa jenis bahan (Amstead, 1981)..	20
Tabel II.7 Ketidakteraturan suatu profil (konfigurasi penampang permukaan) (Rochim, 2001).....	35
Tabel II.8 Harga kekasaran rata-rata beserta toleransi (Rochim, 2001)	37
Tabel II.9 Harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.....	38
Tabel III.1 Kondisi pemotongan(<i>cutting condition</i>) proses <i>milling</i>	53
Tabel IV.1 Hasil pengujian lama waktu proses variasi <i>planar</i> terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja	56
Tabel IV.2 Hasil simulasi waktu proses variasi arah <i>planar</i> terhadap variasi sudut benda kerja menggunakan <i>software Surf CAM</i>	58
Tabel IV.3 Waktu total proses mesin CNC dan simulasi CAM dengan variasi arah <i>planar</i> terhadap variasi sudut bidang kerja	59
Tabel IV.4. Nilai pergeseran <i>cutting tool</i> dan jumlah langkah proses <i>planar</i>	63
Tabel IV.5. Hasil pengujian kekasaran permukaan dengan arah <i>planar</i> 90°	64
Tabel IV.6. Hasil pengujian kekasaran permukaan dengan arah <i>planar</i> 45°	64
Tabel IV.7. Hasil pengujian kekasaran permukaan dengan arah <i>Planar</i> berputar konstan sumbu Z.....	65
Tabel IV.8. Nilai kekasaran rata-rata dari variasi arah <i>Planar</i> terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja.....	65
Tabel IV.9. Hasil kekasaran permukaan dan waktu yang diperlukan.....	67
Tabel IV.10. Perbedaan penelitian (wahid, dkk, 2016) dengan sekarang.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Tipe pahat yang digunakan <i>flat end</i> , <i>toroid</i> , dan <i>ball-nose</i> (Zulhendri, dkk, 2007).....	5
Gambar II.2 Diagram Keseimbangan Fasa Fe-Fe ₃ C (Callister, 2007).....	9
Gambar II.3. Struktur besi cor putih (Widodo R, 2010)	10
Gambar II.4. Struktur besi cor <i>malleable</i> (Widodo R, 2010).....	11
Gambar II.5. Struktur besi cor kelabu (Widodo R, 2010).....	11
Gambar II.6. Struktur besi cor nodular (Widodo R, 2010)	12
Gambar II.7 Proses bubut (http://staff.uny.ac.id).....	14
Gambar II.8 Proses frais (<i>Milling</i>) (http://staff.uny.ac.id)	14
Gambar II.9 Proses gerinda (https://engineerharry.wordpress.com)	15
Gambar II.10 Proses <i>Ram</i> EDM (<i>Electrode Discharge Machine</i>) (http:// www.header. com)	15
Gambar II.11 Proses Wire EDM (http://www.mercatech.com).....	16
Gambar II.12 Proses <i>drilling</i> dan <i>tapping</i> (http://www.pixgood.com).....	16
Gambar II.13 Proses pemakanan (a) <i>Up milling</i> (b) <i>Down milling</i> (http://www.roytech.co.uk/images/mill7.gif).....	17
Gambar II.14 Beberapa bentuk <i>endmill</i> (www.apiwat.ie.engr.tu.ac.th)	19
Gambar II.15 Meja mesin (<i>sliding bed</i>)	22
Gambar II.16 Motor penggerak utama dan spindel utama (Wahid, dkk 2016)	23
Gambar II.17 <i>Magazine</i>	23
Gambar II.18 <i>Handle</i>	24
Gambar II.19 Pompa cairan pendingin	24
Gambar II.20 Panel kontrol atau pengendali.....	25
Gambar II.21 Sistem <i>absolut</i>	26
Gambar II.22 Sistem <i>incremental</i>	26
Gambar II.23 Mesin Bubut CNC	29
Gambar II.24 Mesin CNC <i>milling</i> GXV 1000	30
Gambar II.25 Contoh profil kekasaran permukaan sebuah benda (Jamari, 2006).33	

Gambar II.26 Keterbatasan alat ukur untuk menjangkau lembah terdalam (Bhushan, 2001)	34
Gambar II.27 Parameter Kekasaran Permukaan (Rochim, 2001).....	36
Gambar III.1 Diagram alir desain percobaan	41
Gambar III.2 Dimensi spesimen	42
Gambar III.3 Arah pemakanan (a) searah 90° (b) searah 45° (c) Berputar konstan sumbu Z	43
Gambar III.4 Sudut permukaan bidang kerja diukur dari sumbu X pada bidang XZ	43
Gambar III.5 <i>End mill guhring solid carbide</i> nomer 3895 diameter 12 mm	45
Gambar III.6. <i>Guhring Ballnose Solid Carbide</i> nomer 3359 diameter 8 mm	46
Gambar III.7. <i>Parallel pad</i>	46
Gambar III.8. <i>Tool holder</i> BT 40	47
Gambar III.9. <i>Collet Type</i> ER 32	47
Gambar III.10. <i>Z Setter</i>	48
Gambar III.11. <i>Wrench Collets ER</i>	48
Gambar III.12. Jangka sorong	49
Gambar III.13 Palu lunak	49
Gambar III.14 T100 <i>Surface Roughness Tester</i>	50
Gambar III.15 Dimensi pola	50
Gambar III.16 Ukuran proses <i>rough milling</i>	52
Gambar III.17 Tampilan aplikasi CAD/CAM <i>SurfCam Velocity 3.0 B357</i>	53
Gambar III.18. Peta pengukuran kekasaran	54
Gambar IV.1 Diagram lama waktu proses variasi <i>planar</i> terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja	57
Gambar IV.2. Diagram simulasi waktu proses variasi arah <i>planar</i> terhadap variasi sudut benda kerja menggunakan <i>software Surf CAM</i>	58
Gambar IV.3. Diagram waktu total proses mesin CNC dan simulasi CAM dengan variasi arah <i>planar</i> terhadap variasi sudut bidang kerja	59
Gambar IV.4. Pergeseran <i>cutting tool</i> dan langkah proses arah <i>planar</i> 90°	61
Gambar IV.5. Pergeseran <i>cutting tool</i> dan langkah proses arah <i>planar</i> 45°	61

Gambar IV.6. Pergeseran <i>cutting tool</i> dan langkah proses arah <i>planar</i> berputar konstan sumbu Z.....	62
Gambar IV.7. Diagram perbandingan nilai R_a antara variasi arah <i>Planar</i> terhadap variasi sudut permukaan bidang kerja	66



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A SPESIFIKASI ALAT POTONG	73
A.1. Spesifikasi <i>End mill guhring solid carbide</i> no. 3895 dia 12 mm	73
A.2. Spesifikasi <i>Ballnose Solid Carbide</i> no. 3359 dia 8 mm	74
LAMPIRAN B SPESIFIKASI ALAT UKUR	75
B.1. Spesifikasi TR 100 <i>Surface Roughness Tester</i>	75
B.2. Sertifikat Kalibrasi TR 100 <i>Surface Roughness Tester</i>	76
LAMPIRAN C HASIL PENGUJIAN SPESIMEN FC25	77
C.1. Hasil uji tarik material FC25	77
C.2. Hasil uji komposisi material FC25	78
LAMPIRAN D SIMULASI WAKTU PROSES	79
D.1. Hasil waktu proses mesin CNC	79
D.2. Hasil simulasi waktu dari proses software CAM	79
D.3. Hasil kekasaran permukaan bidang kerja	84
LAMPIRAN E PROGRAM CNC	87
E.1. Contoh program CNC	87
E.2. Program kode G	92
E.3. Program kode M	93

DAFTAR NOTASI

Lambang	Definisi	Satuan
C	Karbon	
C_s	Kecepatan potong (<i>Cutting Speed</i>)	m/mnt
D	Diameter pemotong	mm
f	Kecepatan pemakanan (<i>feeding</i>)	mm/mnt
f_o	Kecepatan pemakanan	mm/put
f_z	Kecepatan pemakanan	mm/gigi
l	Panjang (<i>length</i>)	mm
n	Putaran Spindel / alat potong	rpm
R_a	<i>Roughness Average</i>	μm
R_t	Kekasaran perata	μm
R_t	Kekasaran total	μm
Z	Jumlah mata potong	
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>	
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>	
CNC	<i>Computer Numerically Controlled</i>	
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>	
EDM	<i>Electrode Discharge Machine</i>	
JIS	<i>Japanese Industrial Standards</i>	

INTISARI

Lama waktu saat proses produksi merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu perusahaan untuk memprediksi jumlah produksi yang akan dihasilkan dalam periode tertentu. Nilai sebuah produk dapat diindikasikan salah satunya adalah kualitas permukaan. Proses finishing pemesinan mempunyai kualitas kehalusan yang berbeda dengan metode proses yang berbeda pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa waktu dan kekasaran permukaan material FC25 hasil pemesinan CNC milling. Metode penelitian yang digunakan dengan memberikan variasi arah planar searah 45° , 90° dan berputar konstan sumbu Z dengan variasi sudut permukaan bidang kerja 0° , 30° , 45° dan 60° . Increment 0,3 mm berputar pada 7962 rpm, feeding 1115 mm/menit dan feed depth 0,4 mm. Pengujian waktu proses planar menggunakan kontrol pengendali siemens sinumerik 828D dan pengujian kekasaran menggunakan TR 100 Surface Roughness Tester. Dihasilkan perbedaan waktu proses pemesinan dengan simulasi software sebesar 112 detik (waktu pemesinan meningkat 4.9%). Waktu proses pemesinan paling lama 242 detik pada sudut bidang kerja 0° dengan arah planar berputar konstan sumbu Z dan waktu paling cepat 119 detik pada sudut bidang kerja 30° dengan arah planar berputar konstan sumbu Z. Arah planar 90° dan 45° semakin besar sudut bidang kerja maka semakin menurun waktu yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan arah planar berputar konstan sumbu Z, semakin besar sudut benda kerja semakin meningkat waktu yang dihasilkan. Nilai kekasaran paling rendah $0,74 \mu\text{m}$ pada sudut bidang kerja 0° dengan arah planar 90° dan hasil nilai kekasaran paling tinggi $3,21 \mu\text{m}$ pada sudut bidang kerja 60° dengan variasi arah planar 90° , kekasaran permukaan arah planar 90° dan 45° , semakin besar sudut benda kerja maka semakin besar nilai kekasarannya, berbanding terbalik dengan arah planar berputar konstan sumbu Z, semakin besar sudut benda kerja maka semakin menurun nilai kekasarannya.

Kata kunci : arah planar, ballnose endmill, CNC milling, FC25, kekasaran permukaan.