

**PENGARUH *SPINDLE SPEED* TERHADAP KEKASARAN
PERMUKAAN ALUMINIUM 6061 PADA PROSES *END MILLING*
DENGAN PEREDAMAN MAGNET PERMANEN**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SADAT

NIM. 125060202111006

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH *SPINDLE SPEED* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN
ALUMINIUM 6061 PADA PROSES *END MILLING* DENGAN PEREDAMAN
MAGNET PERMANEN

SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



SADAT
NIM. 125060202111006

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 19 Januari 2018

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Achmad As'Ad Sonief, MT.
NIP. 19591128 198710 1 001

Dosen Pembimbing II



Ir. Ari Wahjudi, MT.
NIP. 19680324 199412 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi SI



Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

JUDUL SKRIPSI

PENGARUH *SPINDLE SPEED* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN ALUMINIUM 6061 PADA PROSES *END MILLING* DENGAN PEREDAMAN MAGNET PERMANEN

Nama Mahasiswa : Sadat
NIM : 125060202111006
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Produksi

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Dr.Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.
Pembimbing II : Ir. Ari Wahjudi, MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.
Dosen Penguji 2 : Putu Hadi Setyorini, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Rudianto Raharjo, ST., MT.

Tanggal Ujian : 15 Januari 2018
SK Penguji : 116/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Januari 2018

Mahasiswa,

Sadat

NIM. 125060202111006

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat dimudahkan dalam menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul Pengaruh *Spindle Speed* Terhadap Kekasaran Permukaan Alumunium 6061 Pada Proses *End Milling* Dengan Peredaman Magnet Permanen.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan apabila tidak ada bantuan, dukungan, bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., selaku ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
2. Bapak Purnami, ST., MT., selaku sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
3. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT., selaku kepala program studi S1 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc. CSE., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Produksi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
5. Bapak Ir. Suharto, MT., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan pengarahan seputar akademik
6. Bapak Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan dan masukan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
7. Bapak Ir. Ari Wahjudi, MT., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan dan masukan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
8. Bapak Elwin dan Ibu R.Emi.S selaku orang tua yang tidak henti-hentiya memberikan dukungan dan doanya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
9. Kedua adik penulis yaitu Aulya dan Fhatona serta sepupu saya Dini, Vicky, Hary, Panji, Fani, Nadya, Faroq, Putri, Ajeng, Rafi, Sila, Afkar yang selalu memberikan dukungan dan motivasi sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
10. Bapak dan Ibu dosen Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
11. Teman seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini yaitu Aryo dan Ellvan.

12. Pacar dan teman-teman penulis yaitu Priska Putri Fadlilah, Hasbi , Gogon, Noval, Alfian, Aril, Batang dan Isna yang selalu menemani dan membantu untuk menyelesaikan skripsi ini.
13. Sahabat dan teman-teman, Gundala, Cile, Acil, Among, Padang, Dindra, Njung, Kompeng yang selalu menemani penulis dan selalu mengingatkan untuk terus menyelesaikan skripsi ini
14. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang bersifat membangun agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Proses Manufaktur	5
2.3 Proses Permesinan	5
2.4 Mesin <i>Milling</i> CNC	6
2.5 Macam Pemakanan pada Mesin <i>Milling</i>	7
2.6 Arah Pemotongan Mesin <i>Milling</i>	9
2.7 Macam Pemakanan pada <i>End Milling</i>	10
2.7.1 <i>Drilling</i>	10
2.7.2 <i>Reaming</i>	11
2.7.3 <i>Boring</i>	11
2.7.4 <i>Counter-Boring</i>	12
2.7.5 <i>Counter-Sinking</i>	12
2.7.6 <i>Taping</i>	13
2.8 Parameter Pemotongan	13
2.9 Material Benda Kerja	16
2.10 Hubungan Gaya dan Lingkaran Gaya (Teori <i>Merchant</i>)	20
2.11 Getaran dan <i>Chatter</i> pada Proses Permesinan	21

2.12	<i>End Mill Cutter</i>	23
2.13	Magnet	24
2.13.1	Magnet Permanen Sebagai Peredam Getaran (<i>Magnetic Damping</i>) .	26
2.14	Kekasaran Permukaan	28
2.15	Kerangka Pemikiran	32
2.16	Hipotesis	34
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Metode Penelitian	35
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.3	Variabel Penelitian	35
3.3.1	Variabel Bebas	35
3.3.2	Variabel Terikat	35
3.3.3	Variabel Terkontrol	35
3.4	Spesifikasi Alat dan Bahan	36
3.4.1	Spesifikasi Alat	36
3.4.2	Bahan	40
3.5	Dimensi Benda Kerja	40
3.6	Skema Penelitian	41
3.7	Prosedur Penelitian	41
3.8	Skema Alur Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Penelitian	45
4.1.1	Data Hasil Penelitian	45
4.2	Grafik dan Pembahasan	46
4.2.1	Grafik dan Pembahasan Pengaruh <i>Spindle Speed</i> terhadap Kekasaran Permukaan pada <i>End Milling</i> dengan Tanpa Menggunakan Magnet dan Menggunakan Magnet	46
4.2.2	Grafik dan Pembahasan Amplitudo Getaran pada <i>End Milling</i> Tanpa Menggunakan Magnet dan <i>End milling</i> dengan Menggunakan Magnet.	47
BAB V PENUTUP		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat mekanis aluminium 6061	18
Tabel 2.2	Angka Kekasaran (<i>ISO roughness number</i>) dan Panjang Sampel Standar ...	33
Tabel 4.1	Data hasil kekasaran permukaan	45

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Dua Cara Mendefinisikan Proses Manufaktur a) <i>Teknical Process</i> dan b) <i>Economic Process</i>	5
Gambar 2.2	Denford <i>Micromill</i> EO1037	6
Gambar 2.3	Sistem Persumbuan Mesin Milling	7
Gambar 2.4	A. <i>Slab Milling</i> , B. <i>Face Milling</i> , C. <i>End Milling</i>	7
Gambar 2.5	<i>Slab Milling</i>	8
Gambar 2.6	<i>Face Milling</i>	8
Gambar 2.7	<i>End Milling</i>	9
Gambar 2.8	<i>Up Milling</i> atau <i>Conventional Milling</i>	9
Gambar 2.9	<i>Down Milling</i> atau <i>Climb Milling</i>	10
Gambar 2.10	<i>Drilling</i>	11
Gambar 2.11	<i>Reaming</i>	11
Gambar 2.12	<i>Boring</i>	12
Gambar 2.13	<i>Counter-Boring</i>	12
Gambar 2.14	<i>Counter-Sinking</i>	13
Gambar 2.15	<i>Tapping</i>	13
Gambar 2.16	Komposisi aluminium 6061	17
Gambar 2.17	Diagram Fasa Aluminium 6061	19
Gambar 2.18	(a) Hubungan Gaya Terhadap Hasil <i>Chip</i> pada <i>Orthogonal Cutting Model</i> (b) Gaya yang Bereaksi terhadap <i>Tool</i>	20
Gambar 2.19	Garis-garis gaya magnet	24
Gambar 2.20	Arah garis-garis gaya magnet	25
Gambar 2.21	Macam-macam magnet permanen (a) magnet neodimium, (b) magnet samarium <i>cobalt</i> , (c) magnet AlNiCo, (d) magnet keramik, (e) magnet Ferit	26
Gambar 2.22	Skema terjadinya prinsip arus eddy	26
Gambar 2.23	(a) Ilustrasi peletakan magnet pada pahat; (b) Pemodelan getaran dan peredaman pada pahat	27
Gambar 2.24	Dimensi magnet permanen	28
Gambar 2.25	Profil Kekasaran Permukaan	29
Gambar 2.26	Kerangka pemikiran Penelitian	34

Gambar 3.1	Mesin <i>Milling TU CNC-3A</i>	36
Gambar 3.2	<i>Surface Roughness Tester SJ-210</i>	37
Gambar 3.3	<i>End Mill</i> diameter 6 mm	37
Gambar 3.4	<i>Vibration Meter</i>	38
Gambar 3.5	<i>Height Gauge</i>	39
Gambar 3.6	<i>Neodymium Magnet</i>	39
Gambar 3.7	Aluminium 6061	40
Gambar 3.8	Desain dan dimensi benda kerja (satuan mm)	40
Gambar 3.9	Skema penelitian	41
Gambar 4.1	Grafik data pengaruh <i>spindle speed</i> terhadap kekasaran permukaan pada <i>end milling</i> dengan tanpa menggunakan magnet dan menggunakan magnet	46
Gambar 4.2	Grafik simpangan getaran yang terjadi pada <i>spindle speed</i> 700 rpm pada proses <i>end milling</i> tanpa menggunakan magnet dan menggunakan magnet	48
Gambar 4.3	Foto mikro hasil proses <i>end milling</i> pada <i>spindle speed</i> 700 rpm (a) tanpa magnet (b) dengan magnet	49
Gambar 4.4	Grafik simpangan getaran yang terjadi pada <i>spindle speed</i> 900 rpm pada proses <i>end milling</i> tanpa menggunakan magnet dan menggunakan magnet	49
Gambar 4.5	Foto mikro hasil proses <i>end milling</i> pada <i>spindle speed</i> 900 rpm (a) tanpa magnet (b) dengan magnet	50
Gambar 4.6	Grafik simpangan getaran yang terjadi pada <i>spindle speed</i> 1100 rpm pada proses <i>end milling</i> tanpa menggunakan magnet dan menggunakan magnet	51
Gambar 4.7	Foto mikro hasil proses <i>end milling</i> pada <i>spindle speed</i> 1100 rpm (a) tanpa magnet (b) dengan magnet	52

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Data Hasil Kekasaran Permukaan pada <i>Spindle Speed</i> 700 rpm pada Proses <i>End Milling</i> Tanpa Menggunakan Magnet
Lampiran 2	Data Hasil Kekasaran Permukaan pada <i>Spindle Speed</i> 900 rpm pada Proses <i>End Milling</i> Tanpa Menggunakan Magnet
Lampiran 3	Data Hasil Kekasaran Permukaan pada <i>Spindle Speed</i> 1100 rpm pada Proses <i>End Milling</i> Tanpa Menggunakan Magnet
Lampiran 4	Data Hasil Kekasaran Permukaan pada <i>Spindle Speed</i> 700 rpm pada Proses <i>End Milling</i> Dengan Menggunakan Magnet
Lampiran 5	Data Hasil Kekasaran Permukaan pada <i>Spindle Speed</i> 900 rpm pada Proses <i>End Milling</i> Dengan Menggunakan Magnet
Lampiran 6	Data Hasil Kekasaran Permukaan pada <i>Spindle Speed</i> 1100 rpm pada Proses <i>End Milling</i> Dengan Menggunakan Magnet
Lampiran 7	Sampel Data Simpangan Getaran pada <i>Spindle Speed</i> 700 rpm
Lampiran 8	Sampel Data Simpangan Getaran pada <i>Spindle Speed</i> 900 rpm
Lampiran 9	Sampel Data Simpangan Getaran pada <i>Spindle Speed</i> 1100 rpm
Lampiran 10	Tampilan <i>Software Labview</i> 2013
Lampiran 11	Gambar Benda Kerja Hasil Proses <i>End Milling</i>
Lampiran 12	Foto Mikro Hasil Proses <i>End Milling</i>
Lampiran 13	Uji Besar Medan Magnet

RINGKASAN

SADAT, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2017, *Pengaruh Spindle Speed Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 pada Proses End Milling dengan Peredaman Magnet Permanen*, Dosen Pembimbing: Achmad As'ad Sonief, Ir.,MT.,Dr dan Ari Wahjudi, Ir.,MT.

Dalam industri manufaktur proses permesinan logam menjadi faktor penting untuk menunjang kualitas akhir produk, namun ada salah satu kendala yang harus dihadapi, yaitu getaran permesinan yang terjadi pada pahat (*machine tool*) atau disebut juga *chatter*. *Chatter* pada proses permesinan disebabkan oleh kontak langsung dari pahat dengan permukaan material atau benda kerja. Pada proses permesinan *milling*, getaran yang timbul disebabkan oleh gaya pemotongan yang terjadi secara periodik. Peningkatan fenomena *chatter* mengakibatkan hasil permukaan benda kerja yang kasar dan bergelombang bahkan sampai terjadinya perubahan geometri secara signifikan yang tidak diinginkan. Salah satu metode *chatter control* adalah menggunakan medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen yang dipasang didekat pahat *milling*. Medan magnet dapat mereduksi amplitudo *chatter* sehingga dapat meningkatkan kualitas dari permukaan produk dan menghasilkan geram yang lebih seragam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar *spindle speed* pada proses *end milling* dengan penggunaan magnet permanen untuk *chatter control* terhadap kekasaran permukaan Aluminium 6061. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode *experimental*. Variasi *spindle speed* yang digunakan adalah 700 rpm, 900 rpm, dan 1100 rpm *feed rate* dan *depth of cut* yang konstan yaitu 40 mm/menit dan 0,6 mm. Proses permesinan dilakukan dalam dua kondisi yaitu tanpa menggunakan magnet permanen dan dengan menggunakan magnet permanen. Untuk mengukur nilai amplitudo getaran pada penelitian ini digunakan alat *vibration meter* dan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan pada penelitian ini digunakan alat *surface roughness tester*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *spindle speed* digunakan, maka nilai kekasaran permukaan (R_a) yang dihasilkan akan semakin menurun. Nilai kekasaran permukaan tertinggi dihasilkan pada proses *end milling* tanpa menggunakan magnet sebesar $0,49525 \mu\text{m}$ pada *spindle speed* 700 rpm, sedangkan nilai kekasaran terendah dihasilkan pada proses *end milling* tanpa menggunakan magnet sebesar $0,44825 \mu\text{m}$ pada *spindle speed* 1100 rpm. Namun dengan menggunakan magnet permanen pada proses *end milling*, nilai kekasaran permukaan lebih rendah dibandingkan tanpa menggunakan magnet. Dari analisis data amplitudo menunjukkan bahwa adanya pengaruh penggunaan magnet yang menghasilkan medan magnet saat proses pemakanan dapat meredam getaran atau *chatter* yang terjadi. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh *magnetic damping* yang terjadi pada pahat. Nilai amplitudo mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya nilai *spindle speed*. Sehingga *magnetic damping* yang terjadi dapat menurunkan nilai amplitudo yang dihasilkan beserta nilai kekasarannya, dimana dapat disimpulkan bahwa penggunaan medan magnet dapat meredam getaran yang terjadi pada proses *end milling* sehingga bisa mereduksi nilai kekasaran permukaan.

Kata kunci: *End Milling*, Kekasaran permukaan, *Spindle speed*, Magnet Permanen, *Chatter*.

SUMMARY

SADAT, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya,, December 2017, *Effect of the Spindle Speed on Surface Roughness of Aluminium 6061 in End Milling Process with Permanent Magnet Damping*, Academic Supervisor: Achmad As'ad Sonief, Ir.,MT.,Dr and Ari Wahjudi, Ir.,MT.

In the manufacturing industry the metal machining process becomes an important factor to support the final quality of the product, but there is one obstacle that must be faced, it called the mechanical vibration that occurs in the tool or also called chatter. The chatter on the machining process is caused by the direct contact of the chisel with the surface of the material or workpiece. In the process of milling machining, the vibration caused by the cutting force that occurs periodically. The increase in chatter phenomenon results in a rough and undulating surface of the workpiece even to the occurrence of undesired significant geometry changes. One method of chatter control is to use a magnetic field generated by a permanent magnet mounted near a chisel milling. The magnetic field can reduce the amplitude of the chatter so as to improve the quality of the surface of the product.

This study to determine the effect of spindle speed on end milling process with use of permanent magnet for chatter control on surface roughness of Aluminum 6061. The method used in this research is experimental method. Spindle speed variations used are 700 rpm, 900 rpm, and 1100 rpm, then feed rate and depth of cut are constant of 40 mm / min and 0.6 mm. The machining process is done in two conditions without using permanent magnet and by using permanent magnet. To measure the vibration amplitude value in this study used vibration meter and to measure the surface roughness value in this research used surface roughness tester.

The results is indicate that the higher the spindle speed is used, the resulting surface roughness value (Ra) will decrease further. The highest surface roughness value on end milling process without using magnet is 0,49525 μm at spindle speed 700 rpm, while lowest roughness value on end milling process without using magnet is 0,44825 μm at spindle speed 1100 rpm. However, by using a permanent magnet in the end milling process, the surface roughness value is lower than without using a magnet. Analysis of amplitude shows that the effect of using magnets that produce magnetic fields during the process of feeding can reduce the vibration or chatter that occurs. This is due to the effect of magnetic damping that occurs on the chisel. The amplitude value decreases as the spindle speed increases. So the magnetic damping that occurs can decrease the resulting amplitude value and its roughness value, where it can be collected that the use of magnetic field can reduce the vibration that occurs in the end milling process so that it can reduce the value of surface roughness.

Keywords: *End Milling, Surface Roughnees, Spindle speed, Permanent Magnets, Chatter.*