

Abstrak

Perkembangan industri modern di Indonesia terus bertumbuh di tandai dengan laporan pertumbuhan ekonomi yang dipaparkan oleh Kemenprin bahwa pertumbuhan ekonomi Indonesia naik 5.49% pada tahun 2017/2018. Salah satu yang menyumbang pertumbuhan adalah pada industri manufaktur. Dalam dua tahun terakhir industri manufaktur bertumbuh 4.28% - 4.85%. Namun persaingan dalam dunia industri harus diperhatikan mengingat kebutuhan pasar yang terus meningkat. Industri manufaktur berkaitan erat dengan operasi pemesinan salah satunya adalah mesin *milling*. Proses *milling* banyak dipakai untuk pembuatan cetakan, pembuatan pola dan perataan permukaan dengan memakai mesin CNC *milling*. Namun timbul beberapa permasalahan yaitu mendapatkan produk yang baik dengan waktu pemesinan yang relatif singkat. Dalam Produk yang baik ditandai dengan permukaan produk yang halus misalnya produk *bracket*. Aktivitas pemesinan biasanya membuat produk dari olahan logam, salah satunya adalah aluminium. Aluminium dipilih karena sifat tahan korosi dan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Salah satu jenis aluminium yaitu aluminium campuran seri 6 karena memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibanding seri dibawahnya. Maka harus diperhatikan parameter-parameter pemesinan yang dipakai untuk mendapatkan hasil yang baik. Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen dengan CNC *milling* untuk mengetahui parameter yang tepat dalam suatu proses pemesinan untuk mendapatkan produk yang baik sekaligus waktu pemesinan bisa dikurangi dengan memakai metode *Response Surface Methodology* (RSM). Metode RSM dipilih karena memiliki banyak kelebihan diantaranya jumlah sampel lebih sedikit dan keakuratan yang baik dengan respon hasil penelitian berupa tingkat kekasaran (R_a) dan *Material Removal Rate* (MRR). Setelah dilakukan proses pengambilan dan pengolahan data respon optimum untuk tingkat kekasaran sebesar $0,4 \mu m$ (target) dan $MRR = 11,4773 \text{ mm}^3/\text{s}$.

Kata Kunci : CNC *Milling*, Parameter Pemesinan, Tingkat Kekasaran, MRR, *Response Surface Methodology* (RSM)

Abstract

The development of modern industry in Indonesia continues to grow marked by a report on economic growth presented by the Ministry of Industry that Indonesia's economic growth rose 5.49% in 2017/2018. One that contributes to growth is the manufacturing industry. In the last two years the manufacturing industry grew 4.28% - 4.85%. But competition in the industrial world must be considered given the increasing market needs. The manufacturing industry is closely related to machining operations, one of which is the milling machine. The milling process is widely used for mold making, pattern making and surface leveling using CNC milling machines. But some problems arise, namely getting a good product with a relatively short machining time. In products that are well characterized by smooth product surfaces such as bracket products. Machining activities usually make products from processed metals, one of which is aluminum. Aluminum is chosen because of its corrosion resistant and easily shaped properties according to needs. One type of aluminum is a series 6 aluminum alloy because it has better mechanical properties than the series below it. Then the machining parameters used to get good results must be considered. In this study an experiment will be conducted with CNC milling to find out the exact parameters in a machining process to get a good product while the machining time can be reduced using the Response Surface Methodology (RSM) method. The RSM method was chosen because it has many advantages including fewer sample sizes and good accuracy with the response of research results in the form of roughness (Ra) and Material Removal Rate (MRR). After taking the optimum response data processing and processing for roughness level of $0,4\text{ }\mu\text{m}$ (target) and $\text{MRR} = 11,4773\text{ mm}^3/\text{s}$.

Keywords: CNC Milling, Machining Parameters, Surface Roughness , MRR, Response Surface Methodology (RSM)

Kata Pengantar



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil 'alamin, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang mana selalu kita harapkan syafaatnya di hari kiamat kelak. Tak lupa juga segenap keluarga dan rekan-rekan yang selalu memberikan dukungan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Optimasi Multirespon Parameter Pemesinan CNC *Milling* Dengan Menggunakan Metode *Response Surface Methodology* (RSM) Pada Material Aluminium A6061” guna melengkapi syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana strata satu (S1) Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, tentunya tidak lepas dari banyak pihak yang terlibat dan selalu memberikan dukungan. Maka dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas segala nikmat yang dilimpahkan dan juga Baginda Nabi Muhammad SAW.
2. Ibu Sofiyah (Ibu penulis) dan Alm. Bapak Romli (Ayah penulis) terimakasih atas segala doa yang selalu dipanjatkan, kalianlah alasan utama penulis.
3. Mas Nurul Anwar (Kakak penulis) yang selalu mendukung dan menjadi ayah pengganti penulis yang selalu menasehati penulis jika salah.
4. Nia (Adik penulis) maaf belum bisa menjadi kakak yang baik di keluarga dan selamat kepada sampean karena bulan depan (Agustus 2019) sampean akan segera menikah. Semoga menjadi keluarga yang sakinah, mawadah dan warohmah serta mendapat keridloan dari Allah SWT.

5. Bapak Dr. Rachmad Hidayat, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik sekaligus dosen penguji 1.
6. Bapak Kukuh Winarso, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri
7. Bapak Dr. Sabarudin Akhmad, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Industri.
8. Bapak Heri Awalul Ilhamsah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1.
9. Ibu Ika Deefi Anna, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2.
10. Bapak Anis Arendra, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2.
11. Bapak Dr. Hakam Muzakki, S.T., M.T. selaku dosen penguji 3.
12. Bapak Muallim, S.T., M.T. selaku dosen pembina dalam organisasi.
13. Bapak Umam, S.T. selaku Laboran Laboratorium Sistem Otomasi dan Robotika yang sudah mengajarkan ilmu yang dimiliki.
14. Para senior-senior Laboratorium Sistem Otomasi dan Robotika yang telah banyak mengajarkan ilmunya.
15. Adik- adik asisten Laboratorium Sistem Otomasi dan Robotika yang sudah banyak membantu dalam pengambilan data Tugas Akhir ini.
16. Teman satu angkatan Teknik Industri 2015 “WINNER 15”. Semoga bisa sukses semuanya.
17. Sahabat yang sudah penulis anggap sebagai keluarga “SR Group” yaitu saudara Himawan, Setya, Ropii, Agus, Erik, Rifandi, Bahtiar, Ulul, Faiz, Badru, Yoga, Bustomi dan Fahrizal. Semoga kita bisa sukses bareng.
18. Ada juga grup “Ciwi-Ciwi” yang paling ngerti kondisi “SR Group” sudah sering ngajak ngopi bareng, buka bareng sampai sahur bareng. Terimakasih.
19. Mbak Lilik M.C., S.Psi. yang sudah mengajarkan adiknya toefl sehingga bisa lulus tes toefl.
20. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-satu saya ucapkan banyak terimakasih sudah banyak membantu dalam segala hal.

Penulis menyadari kesempurnaan hanya mutlak milik Allah SWT, maka dari itu dalam segala persiapan sampai penyusunan Tugas Akhir ini penulis berharap dapat dikritik dan diberikan saran untuk lebih baik lagi. Semoga setelah penyusunan Tugas Akhir ini bisa berguna bagi pembaca dikemudian hari. Akhir kata saya sampaikan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bangkalan, 03 Juli 2019

Penulis

Daftar Isi

Cover	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar.....	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Asumsi – Asumsi	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Proses Manufaktur dan Optimasi.....	6
2.2 Mesin Frais (<i>Milling</i>)	7
2.3 <i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	9
2.4 Pahat HSS (<i>High Speed Steel</i>).....	10
2.5 Aluminium 6061	10
2.6 Tingkat Kekasaran (<i>Surface Roughness</i>).....	12
2.7 <i>Material Removal Rate (MRR)</i>	13

3.8	Standar Kekasaran	15
3.9	<i>Desaign of Experiments</i> (DOE)	15
3.10	<i>Respon Surface Methodology</i> (RSM)	16
3.11	<i>Central Composite Desaign</i> (CCD)	19
3.12	Penelitian Terdahulu	21
BAB III.....		23
METODE PENELITIAN		23
3.1	Jenis Penelitian	23
3.2	Variabel Penelitian.....	23
3.3	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	24
3.4	Perhitungan Parameter dan Level	24
3.5	Jenis dan Tipe Data.....	28
3.6	Alat dan Bahan.....	29
3.6.1	Alat.....	29
3.6.2	Bahan.....	30
3.7	Teknik Pengambilan Data.....	31
3.8	Jumlah Data	31
3.9	Rancangan Penelitian.....	31
3.10	Metode Penyelesaian	33
3.11	<i>Flowchart</i>	35
BAB IV		36
HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Pengumpulan Data.....	36
4.2	Uji Normal <i>Kolmogrov – Smirnov</i> (KS)	37
4.2.1	Uji Normal Kekasaran.....	37
4.2.2	Uji Normal MRR.....	38

4.3	Uji <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA)	38
4.3.1	ANOVA Tingkat Kekasaran	39
4.3.2	Fungsi Regresi Tingkat Kekasaran	40
4.3.3	ANOVA <i>Material Removal Rate</i>	40
4.3.4	Fungsi Regresi MRR.....	41
4.4	Hasil <i>Contour</i> dan <i>Surface Plot</i> Respon Tingkat Kekasaran.....	41
4.4.1	Kombinasi Kecepatan Potong (CS) dengan Laju Pemakanan (F) ..	41
4.4.2	Kombinasi Kecepatan Potong (CS) dengan Kedalaman Makan (a)	43
4.4.3	Kombinasi Laju Pemakanan (F) dengan Kedalaman Makan (a)	44
4.4.4	Optimasi Tingkat Kekasaran (Ra).....	45
4.5	Pengujian Asumsi Residual	45
4.5.1	Independensi	46
4.5.2	Keindetikan	46
4.5.3	Uji Normal Residual	47
4.6	Hasil <i>Contour</i> dan <i>Surface Plot</i> <i>Material Removal Rate</i> (MRR)	48
4.6.1	Kombinasi Kecepatan Potong (CS) dengan Laju Pemakanan (F) ..	48
4.6.2	Kombinasi Kecepatan Potong (CS) dengan Kedalaman Makan (a)	49
4.6.3	Kombinasi Laju Pemakanan (F) dengan Kedalaman Makan (a)	50
4.6.4	Optimasi <i>Material Removal Rate</i> (MRR)	51
4.7	Pengujian Asumsi Residual	52
4.7.1	Independensi	52
4.7.2	Keidentikan	53
4.7.3	Uji Normal Residual	53
4.8	Optimasi Multirespon	54
BAB V		56

KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
Daftar Pustaka	57
LAMPIRAN 1	60
LAMPIRAN 2	61
LAMPIRAN 3	62
LAMPIRAN 4	64

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Logam penyusun aluminium A6061 (Wicaksana, et al., 2016).....	11
Tabel 2.2 Karakteristik sifat Aluminium (Surdia & Saito, 1999)	11
Tabel 2.3 Jenis aluminium paduan (Surdia & Saito, 1999)	12
Tabel 2.4 Tabel standar kekasaran ISO 1302.....	15
Tabel 2.5 Penelitian terdahulu.....	21
Tabel 3.7 <i>Gant chart</i> alur penelitian	24
Tabel 3.8 Parameter <i>spindle speed</i> , <i>feedrate</i> dan <i>dept of cut</i> beberapa logam sesuai dengan anjuran dari perusahaan (Sumber : Nachi Cutting Tools katalog).	25
Tabel 3.9 Parameter sayatan per gigi logam aluminium (Arinanda, et al., 2015)	27
Tabel 3.10 Perumusan faktor dan level awal.	28
Tabel 3.11 Spesifikasi ProMill 8000.....	29
Tabel 3.12 Spesifikasi komputer.....	30
Tabel 3.13 Parameter pemesian desain CCD.	32
Tabel 3.14 Matriks pengambilan data CCD.....	32
Tabel 4.15 Hasil eksperimen.....	36
Tabel 4.16 Hasil uji ANOVA respon Ra	39
Tabel 4.17 Hasil uji ANOVA respon MRR.....	40

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Grafik pertumbuhan industri manufaktur 2 tahun terakhir (Kemenprin, 2018)	1
Gambar 2.2 Jenis mesin frais (Yanuar, et al., 2014)	7
Gambar 2.3 Jenis teknik perautan benda kerja (Yanuar, et al., 2014)	8
Gambar 2.4 Penampakan <i>surface roughness</i> (Sugiantoro, et al., 2014)	12
Gambar 2.5 Proses pemakan benda kerja (Yanuar, et al., 2014)	14
Gambar 2.6 Model orde I RSM (Myers, et al., 2008)	17
Gambar 2.7 Model orde II RSM (Myers, et al., 2008)	17
Gambar 2.8 <i>Central Composite Design</i> (Myers, et al., 2008)	18
Gambar 2.9 <i>Box Benkhen Design</i> (Myers, et al., 2008)	18
Gambar 2.10 Rancangan CCD (Negrete, 2014)	19
Gambar 3.11 <i>Surface roughness tester</i> Multitoyo	29
Gambar 3.12 Pahat HSS-Co 8% dengan 4 gigi (Sumber : Nachi Cuting Tool Katalog)	30
Gambar 3.13 Benda kerja Aluminium A6061	30
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> penelitian	35
Gambar 4.14 Hasil uji normal respon Ra	37
Gambar 4.15 Hasil uji normal respon MRR	38
Gambar 4.16 <i>Contour plot</i> kecepatan potong vs laju pemakanan	42
Gambar 4.17 <i>Surface plot</i> kecepatan potong vs laju pemakanan	42
Gambar 4.18 <i>Contour plot</i> kecepatan potong vs kedalaman makan	43
Gambar 4.19 <i>Surface plot</i> kecepatan potong vs kedalaman makan	43
Gambar 4.20 <i>Contour plot</i> laju pemakanan vs kedalaman makan	44
Gambar 4.21 <i>Surface plot</i> laju pemakanan vs kedalaman makan	44
Gambar 4.22 <i>Optimization plot</i> Ra	45
Gambar 4.23 Uji independensi residual Ra	46
Gambar 4.24 Sebaran data uji residual Ra	47
Gambar 4.25 Uji normal residual Ra	47
Gambar 4.26 <i>Contour plot</i> kecepatan potong vs laju pemakanan	48
Gambar 4.27 <i>Surface plot</i> kecepatan potong vs laju pemakanan	49

Gambar 4.28 <i>Contour plot</i> kecepatan potong vs kedalaman makan.....	49
Gambar 4.29 <i>Surface plot</i> kecepatan potong vs kedalaman makan.....	50
Gambar 4.30 <i>Contour plot</i> laju pemakanan vs kedalaman makan.....	50
Gambar 4.31 <i>Surface plot</i> laju pemakanan vs kedalaman makan.....	51
Gambar 4.32 <i>Optimization plot</i> MRR.....	51
Gambar 4.33 Uji residual MRR	52
Gambar 4.34 Sebaran data uji residual MRR.....	53
Gambar 4.35 Uji normal residual MRR.....	54
Gambar 4.36 Optimasi dua respon.....	55