

ABSTRAK

Sustainable manufacturing merupakan suatu konsep pada proses manufaktur untuk menciptakan suatu produk yang bernilai ekonomis juga kualitas baik. Konsep yang dimiliki *Sustainable manufacturing* ini juga menunjang ketersediaan sumber daya dimasa mendatang karena mengurangi dampak lingkungan, sosial dan ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter pemesinan CNC *milling* yang optimal dalam meminimasi emisi karbon dan meningkatkan kualitas pada produk *hand guard* menggunakan material Alumunium tipe 6061. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Respon Surface Methodology* (RSM) dengan jenis rancangan *Central Composite Design* (CCD) untuk mengetahui parameter yang optimal dalam optimalisasi respon yaitu emisi karbon (kgCO_2) dan kekasaran permukaan (μm). Rancangan *Central Composite Design* (CCD) yang digunakan pada metode RSM dibutuhkan 20 data eksperimen. Berdasarkan hasil *Analysis Of Varians* (ANOVA) mengungkapkan bahwa dari kombinasi parameter faktor yaitu laju kecepatan (f) paling signifikasi terhadap respon kekasaran permukaan. Selanjutnya kombinasi parameter faktor yaitu kedalaman potong (a) paling signifikasi terhadap respon emisi karbon. Nilai kombinasi parameter dari masing masing respon kekasaran permukaan sebesar $38,1315(\mu\text{m})$, kemudian emisi karbon sebesar $1,0537 (\text{kg CO}_2)$. Kemudian kombinasi parameter yang dilakukan secara simultan dalam penelitian ini dihasilkan kecepatan potong (V_c) sebesar $85,4133 \text{ mm/min}$, laju pemakanan (f) sebesar $0,2241 \text{ min/rev}$, kedalaman potong (mm) sebesar $0,6963 \text{ mm}$.

Kata kunci: *Sustainable manufacturing*, Optimasi, Alumunium 6061, Kekasaran Permukaan, Emisi Karbon, *MasterCAM X5*.

ABSTRACT

Sustainable manufacturing is a concept in the manufacturing process to create a product that has economic value as well as good quality. The concept of sustainable manufacturing also supports the availability of future resources because it reduces environmental, social and economic impacts. This study aims to determine the optimal CNC milling machining parameters for minimizing carbon emissions and improving the quality of hand guard products using aluminum type 6061. The method used in this study uses Response Surface Methodology (RSM) with Central Composite Design (CCD) design. To determine the optimal parameters in optimizing the response, namely carbon emissions (kgCO₂) and surface roughness (μm). The Central Composite Design (CCD) design used in the RSM method requires 20 experimental data. Based on the results of the Analysis Of Variance (ANOVA) it was revealed that from the combination of factor parameters, namely the velocity (f) the most significant response to surface roughness. Furthermore, the factor combination parameter, namely the depth of cut (a), is the most significant for the carbon emission response. The parameter combination value of the response of each surface roughness is 38.1315 (μm), then carbon emissions are 1.0537 (kg CO₂). Then the combination parameters were carried out simultaneously in this study resulting in a cutting speed (Vc) of 85.4133 mm/minute, feed rate (f) of 0.2241 minutes/rev, depth of cut (mm) of 0.6963 mm.

Kata kunci: *Sustainable manufacturing, Optimization, Aluminum 6062, Surface Roughness, Carbon Emissions, MasterCAM X5.*

DAFTAR ISI

COVER	
SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sustainable Manufacturing.....	6
2.2 Emisi Karbon	7
2.3 Kualitas	10
2.4 Hand guard	12
2.5 MasterCAM X5.....	13
2.6 CAD/CAM	13
2.7 CNC Milling.....	14
2.8 Alumunium 6061	18

2.9	Desain Eksperimen.....	20
2.10	Respon Surface Methodology (RSM).....	21
2.11	Penelitian Terdahulu	24
BAB 3	METODE PENELITIAN	27
3.1	Langkah-langkah penelitian.....	27
3.2	Jenis Penelitian.....	29
3.3	Variabel Penelitian.....	29
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.4.1	Tempat penelitian.....	29
3.4.2	Waktu penelitian	29
3.5	Peralatan dan Bahan Penelitian.....	30
3.5.1	Peralatan penelitian	30
3.5.2	Bahan penelitian.....	34
3.6	Menentukan jumlah data	34
3.6.1	Menentukan level faktor	34
3.6.2	Penentuan data variabel terikat	35
3.7	Rancangan Eksperimen.....	35
3.8	Analisis Data RSM.....	36
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Tahapan Pengambilan Data.....	38
4.2	Pengolahan Data.....	42
4.2.1	Pengolahan data kekasaran permukaan.....	42
4.2.2	Pengolahan data emisi karbon.....	49
4.2.3	Hasil Kombinasi Parameter Optimal	54
4.3	Pembahasan hasil penelitian	55
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1	Kesimpulan	57

5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tiga pilar keberlanjutan.....	6
Gambar 2. 2 Batasan umum dari mesin berbasis CNC sistem	8
Gambar 2. 3 Mesin CNC Milling GSK 218MC.....	15
Gambar 2. 4 Sistem koordinat Mesin CNC TU-3A.	15
Gambar 2. 5 Skema pergerakan koordinat Mesin CNC TU-3A.	16
Gambar 2. 6 <i>Central Composite Desain</i>	23
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian.....	27
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Eksperimen	28
Gambar 3. 3 Mesin CNC Milling GSK 218MC.....	31
Gambar 3. 4 Pahat flat end mill HSS ukuran 10 mm	32
Gambar 3. 5 <i>Surface Roughnes Tester Mitutoyo SJ-301</i>	33
Gambar 3. 6 Jangka Sorong	33
Gambar 3. 7 Aluminium 6061.....	34
Gambar 4. 1 <i>Hand guard</i> sepeda motor	39
Gambar 4. 2 Uji Independensi kekasaran permukaan.....	43
Gambar 4. 3 Uji keidentikan data kekasaran permukaan.....	43
Gambar 4. 4 Uji normalitas data kekasaran permukaan.....	44
Gambar 4. 5 <i>Contour plot</i> kekasaran permukaan oleh kecepatan potong dan laju pemakanan....	46
Gambar 4. 6 <i>Surface plot</i> kekasaran permukaan oleh kecepatan potong dan laju pemakanan.....	46
Gambar 4. 7 <i>Contour plot</i> kekasaran permukaan oleh kecepatan potong dan kedalaman potong	47
Gambar 4. 8 <i>Surface plot</i> kekasaran permukaan oleh kecepatan potong dan kedalaman potong.	47
Gambar 4. 9 <i>Contour plot</i> kekasaran permukaan oleh kedalaman potong dan laju pemakanan ..	48
Gambar 4. 10 <i>Surface plot</i> kekasaran permukaan oleh kedalaman potong dan laju pemakanan..	48
Gambar 4. 11 Uji Independensi CO ₂ /kg.....	49
Gambar 4. 12 Uji keidentikan data CO ₂ /kg.....	50
Gambar 4. 13 Uji kenormalan data CO ₂ /kg.....	50
Gambar 4. 14 <i>Contour plot</i> CO ₂ /kg oleh kecepatan potong dan laju pemakanan	52
Gambar 4. 15 <i>Surface plot</i> CO ₂ /kg oleh kecepatan potong dan laju pemakanan	52
Gambar 4. 16 <i>Contour plot</i> CO ₂ /kg oleh kecepatan potong dan kedalaman pemakanan.....	53
Gambar 4. 17 <i>Surface plot</i> CO ₂ /kg oleh kedalaman pemakanan dan kecepatan potong.....	53
Gambar 4. 18 <i>Contour plot</i> CO ₂ /kg oleh kedalaman potong dan laju pemakanan.....	54

Gambar 4. 19 Surface plot CO ₂ /kg oleh kedalaman potong dan laju pemakanan.....	54
Gambar 4. 20 D-optimally respon	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor emisi pembangkit listrik	9
Tabel 2. 2 <i>Energy consumption of cutting tool manufacturing</i>	10
Tabel 2. 3 Harga kekasaran (R_a) dan angka kelas kekasaraan	12
Tabel 2. 4 Kecepatan potong untuk beberapa jenis bahan	17
Tabel 2. 5 Laju pemakanan (<i>feeding</i>) per gigi untuk HSS	17
Tabel 2. 6 Sifat sifat mekanik paduan AI 6061	19
Tabel 2. 7 Urutan pengkodean Alumunium 6061	19
Tabel 2. 8 Jenis paduan Alumunium	19
Tabel 2. 9 Macam perlakuan panas	20
Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian	30
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mesin CNC GSK 218MC	31
Tabel 3. 3 Parameter dan level pengujian	34
Tabel 3. 4 Rancangan Eksperimen	35
Tabel 4. 1 Desain eksperimen matrik <i>Central Composite Design</i>	38
Tabel 4. 2 Data kekasaran permukaan.....	40
Tabel 4. 3 Data emisi karbon.....	41
Tabel 4. 4 Data ANOVA Kekasaran permukaan	45
Tabel 4. 5 Data ANOVA Emisi Karbon.....	51