

Studi implementasi cad/cam pada proses *milling* cnc terhadap kekasaran permukaan dan tingkat kepresisian aluminium 6061

Risdiyanto Edy Saputro¹, Indri Yaningsih², Heru Sukanto²

¹Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta tlp. 0271632163

²Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta tlp. 0271632163
Email korespondensi: masheher@uns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penerapan CAD / CAM terhadap proses penggilingan CNC terhadap kekasaran dan ketelitian permukaan. Spesimen dibuat dengan menggunakan tujuh jenis proses pemotongan. Terdapat face milling, pocket milling, profile milling, slot milling, pengeboran, thread milling dan surface contouring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan CAD / CAM dengan variasi proses pemotongan menghasilkan nilai kekasaran yang lebih rendah daripada tanpa penerapan CAD / CAM. Nilai kekasaran permukaan untuk masing-masing proses pemotongan adalah proses face milling (0,5028 μm ; 0,5132 μm), slot milling (0,664 μm ; 0,6556 μm), profile milling (1,282 μm ; 1,3128 μm), pocket milling (1,3852 μm ; 1,4856 μm) Dan proses pengeboran (1,9944 μm ; 2,1136 μm). Nilai rata-rata dimensi dari pengukuran menunjukkan selisih antara hasil implementasi CAD / CAM dan tanpa implementasi CAD / CAM. Persentase perbedaan panjang dan lebar masing-masing 0,037%; 0,059% untuk profile milling; 0,039%; 0,061% untuk pocket milling; Dan 0,151%; 0,317% untuk pengeboran. Penggunaan statistik penerapan CAD / CAM tidak secara signifikan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan namun memiliki pengaruh signifikan terhadap ketepatan produk dengan tingkat presisi 95%.

Kata kunci: cad/cam, cutting process, surface roughness

Abstract

This research was conducted to find out the influence of the implementation of CAD/CAM for CNC milling process to the surface roughness and precision. Specimens were made by using seven types of cutting process. There are face milling, pocket milling, profile milling, slot milling, drilling, thread milling, and surface contouring. The results showed that the implementation of CAD/CAM with a variation of the cutting process produces roughness value which is lower than without the implementation of CAD/CAM. The surface roughness values for each of the cutting process were face milling process (0.5028 μm ; 0.5132 μm), slot milling (0.664 μm ; 0.6556 μm), profile milling (1.282 μm ; 1.3128 μm), pocket milling (1.3852 μm ; 1.4856 μm) and drilling process (1.9944 μm ; 2.1136 μm). The average value of the dimensions from the measurement showed the difference between the results of the implementation of CAD/CAM and without the implementation of CAD/CAM. The percentage difference in the length and width were respectively 0.037%; 0.059% for profile milling; 0.039%; 0.061% for pocket milling; and 0.151%; 0.317% for drilling. Statistical use of the implementation of CAD/CAM does not significantly affect the value of the surface roughness but it has a significant influence on the precision of the product with a 95% precision level.

Keywords: nano material, hardness, vickers, dynamic cornering stability.

1. Pendahuluan

Perkembangan IPTEK menuntut industri manufaktur harus mampu bersaing dalam beberapa faktor penting, seperti peningkatan kualitas produk, kecepatan proses manufaktur, dan penurunan biaya produksi. Penggunaan sebuah mesin dengan teknologi *Computer Numerical Control (CNC)* menjadi salah satu alternatif dalam sebuah proses. Dalam hal ini, penggunaan teknologi *Computer Aided Design & Computer Aided Manufacture (CAD & CAM)* telah banyak dimanfaatkan dalam proses desain dan manufaktur suatu produk.

Dalam sebuah penelitian, [1] menyatakan bahwa *Computer Aided Manufacture (CAM)* paling erat terkait dengan fungsi dalam teknik manufaktur, seperti proses perencanaan dan kontrol numerik (CNC) bagian pemrograman. Teknologi tersebut dapat melakukan perhitungan numerik dan mensimulasikan secara visual hal-hal yang mungkin terjadi pada proses permesinan yang selanjutnya akan diaplikasikan di lapangan menggunakan mesin CNC.

Pembuatan desain produk dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah *software* berbasis *engineer*

modeling seperti Mastercam, Catia, SolidCAM dan AutoCAD. Setelah proses desain selesai maka proses selanjutnya adalah dengan menggunakan *software* yang dapat mensimulasikan kejadian yang nantinya dilalui suatu produk dalam sebuah proses di mesin CNC. Penggunaan *software* seperti SolidCAM diperlukan dalam menentukan langkah-langkah kerja dalam mesin CNC. Penggunaan *software* CAM dapat membantu mendeteksi kesalahan yang mungkin terjadi dalam sebuah proses.

Penelitian tentang implementasi CAD/CAM terhadap kekasaran permukaan dan tingkat kepresisian perlu dikembangkan. Pengembangan pada penelitian ini meliputi proses pemotongan yaitu antara lain *conventional face milling, slot milling, pocket milling, thread milling, surface contouring, profile milling, dan drilling*. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh dari implementasi CAD/CAM pada hasil akhir proses manufaktur.

2. Metode

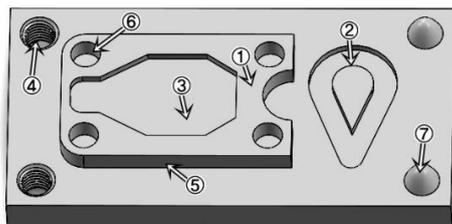
Penelitian ini dilakukan di Lab. Mobil Listrik Nasional Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penelitian ini membandingkan dua metode, yaitu penggunaan implementasi CAD/CAM untuk mendapatkan *NC-Code* dan tanpa implementasi CAD/CAM dengan membuat *NC-Code* secara manual. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium Alloy 6061. Pahat yang digunakan adalah pahat dengan bahan HSS dengan tipe dan diameter pahat sebagai berikut:

1. *Flat endmill* diameter 20mm dan 8mm.
2. *Ball nose endmill* radius 4mm.
3. Pahat *drill* diameter 10mm.
4. Pahat ulir M12.

Parameter permesinan terkontrol (variable terkontrol) yang digunakan, antara lain putaran spindle 2000 rpm, kedalaman pemakanan 1 mm, dan laju pemakanan 71 mm/min.

Tahap awal penelitian ini dimulai dengan studi literatur tentang proses pemesinan *milling*, kemudian dilakukan perencanaan desain spesimen dan simulasi sebelum dilakukan percobaan. Spesimen dibuat mencakup tujuh jenis proses pemotongan. Desain benda kerja ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain penampang benda kerja.

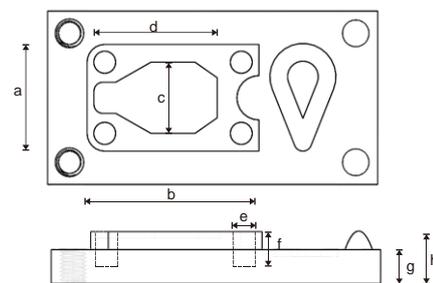
Keterangan:

1. *Conventional face milling,*
2. *Slot milling,*
3. *Pocket milling,*
4. *Thread milling,*
5. *Profile milling,*
6. *Drilling.* Dan
7. *Surface contouring.*

Simulasi percobaan dengan menggunakan *software* Solidcam, dan dari hasil simulasi akan didapat *NC-Code* dengan menggunakan post procesor yang sesuai dengan mesin CNC yang digunakan yaitu tipe MITSUBISHI M-70.

Proses pemesinan dilakukan dengan mesin CNC *milling*. Setelah proses pemesinan selesai dilanjutkan dengan pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan Surface Roughness Tester SJ-201 series. Pada saat pengambilan data, posisi sensor bergerak dengan konstan sesuai dengan sumbu horizontal dan sejajar benda uji (berada pada garis lurus). Posisi pengambilan data kekasaran pada proses *profile* dan *drill* tegak lurus dengan bidang proyeksi dan untuk proses *face milling, pocket* dan *slot* sejajar dengan bidang proyeksi. Panjang sample yang digunakan pada saat mengukur kekasaran adalah 0,8 mm.

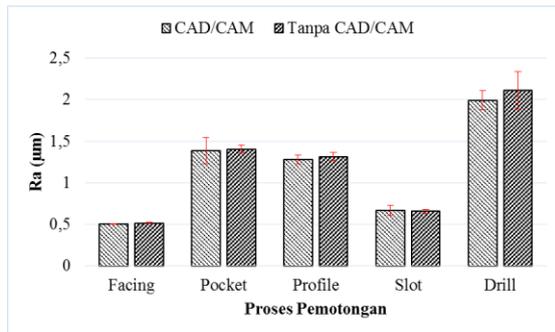
Data dimensi diambil dengan menggunakan Jangka Sorong Digital pada titik-titik ukur yang telah ditentukan. Pengukuran dimensi dilakukan sebanyak 5 kali terhadap 10 benda kerja yang berbeda, masing-masing benda kerja dilakukan 8 kali pengukuran pada posisi berbeda seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Daerah ukur dimensi benda kerja.

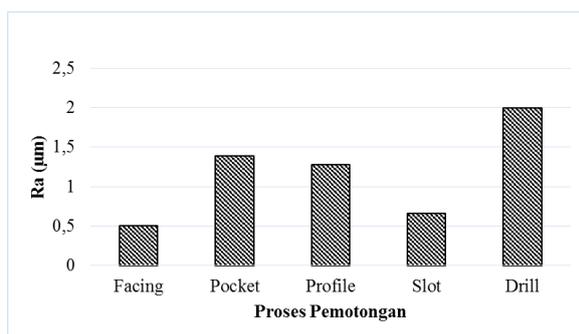
3. Hasil dan Pembahasan

Kekasaran permukaan hasil pengujian pada jenis proses pemotongan *facing, profile, pocket, slot* dan *drill* dengan melibatkan bantuan *software* CAD/CAM dan tanpa melibatkan bantuan *software* CAD/CAM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram perbandingan nilai kekasaran permukaan pengerjaan dengan dan tanpa implementasi *software* CAD/CAM.

Gambar 3 menunjukkan perbedaan nilai kekasaran antara pengerjaan dengan bantuan *software* CAD/CAM dan tanpa bantuan *software* CAD/CAM. Nilai kekasaran permukaan benda kerja dengan implementasi CAD/CAM lebih rendah dibandingkan dengan tanpa implementasi CAD/CAM. Nilai kekasaran untuk setiap proses pemotongan dari nilai kekasaran terendah ke tertinggi secara berurutan adalah proses *facing* (0,5028 µm; 0,5132 µm), proses *slot* (0,664 µm; 0,6556 µm), proses *profile* (1,282 µm; 1,3128 µm), proses *pocket* (1,3852 µm; 1,4856 µm) kemudian proses *drill* (1,9944 µm; 2,1136 µm). Perbedaan ini berkaitan dengan *toolpath/* jalur pemotongannya. Hal ini dikarenakan *software* CAD/CAM merujuk pada jalur pemotongan yang efektif dengan mengoptimalkan pahat. Proses verifikasi pada SolidCAM dilakukan setelah proses pemilihan *toolpath strategy* sehingga program yang telah dibuat terverifikasi dan dapat disimulasikan dengan aman oleh program simulasi yang telah disediakan *software* SolidCAM. Sehingga pada proses dengan menggunakan *software* CAD/CAM dapat dioptimalkan.



Gambar 4. Diagram hubungan antara jenis proses pemotongan dengan kekasaran permukaan hasil implementasi CAD/CAM.

Gambar 4.2 menunjukkan hubungan pengaruh jenis proses pemotongan dan pengaruh implementasi CAD/CAM terhadap besarnya nilai kekasaran permukaan benda kerja. Hasil dari pengujian menunjukkan adanya variasi nilai kekasaran

permukaan dari setiap proses pemotongan. Nilai kekasaran terendah terjadi pada proses pemotongan *facing* yaitu sebesar 0,5028 µm, kemudian proses *slot* 0,6448 µm, kemudian proses *pocket* 1,2136 µm, diikuti oleh proses *profile* 1,4036 µm, dan yang paling tinggi adalah pada proses *drill* 1,9944 µm. Nilai kekasaran permukaan tersebut menunjukkan bahwa tipe pahat dan diameter pahat yang dipakai mempengaruhi nilai kekasaran permukaan.

Proses *facing* memiliki nilai kekasaran permukaan terkecil dari keempat proses pemotongan lainnya, hal ini dikarenakan pada proses *facing* menggunakan pahat berdiameter terbesar yaitu pahat *flat end mill* 20 mm. Secara teoritis nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh geometri pahat dan *feed rate* [2] Karena dalam penelitian ini *feed rate* semua proses pemotongan sama yaitu sebesar 71 mm/menit maka yang membedakan proses *facing* dengan proses yang lain hanya geometri pahat saja. Semakin besar diameter pahat yang digunakan maka semakin kecil nilai kekasaran permukaannya.

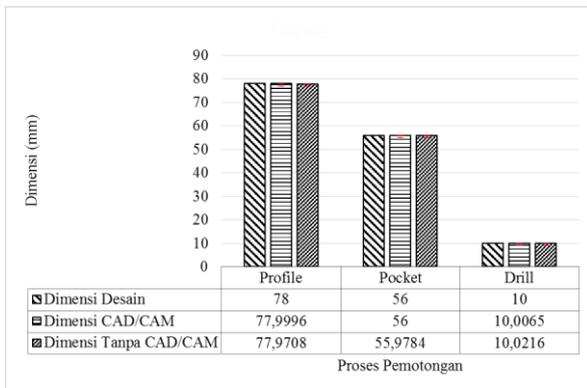
Proses *profile* dan proses *pocket* menggunakan jenis pahat dan diameter pahat yang sama akan tetapi nilai kekasaran permukaan proses *profile* lebih rendah dibandingkan proses *pocket* [3][4]. Pada proses *profile*, bagian pahat yang bersentuhan langsung dengan benda kerja adalah bagian sisi pahat sedangkan pada proses *pocket* yang bersentuhan langsung dengan benda kerja adalah bagian ujung pahat. Bagian sisi pahat yang memiliki sudut ketajaman yang lebih baik maka akan menggores permukaan dengan cepat pada kecepatan tinggi sehingga akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang rendah.

Pada proses pemotongan slot yang menggunakan pahat *ball nose end mill* memiliki nilai kekasaran terendah dibandingkan proses *pocket milling* dan *profile milling*[5]. Perbedaan nilai kekasaran ini dikarenakan radius tepi pahat cenderung menghasilkan geram yang lebih cepat terpisah (tidak *continue*) dan ukuran geram yang terbentuk besar tentunya hal ini tidak mengakibatkan peningkatan kekasaran permukaan. Sedangkan pada proses pemotongan dengan menggunakan pahat *flat endmill* terdapat geram yang menempel pada benda kerja hasil pemotongan dikarenakan pembentukan geram yang kontinyu dan terkadang terbawa oleh pahat sehingga menimbulkan gesekan dengan benda kerja.

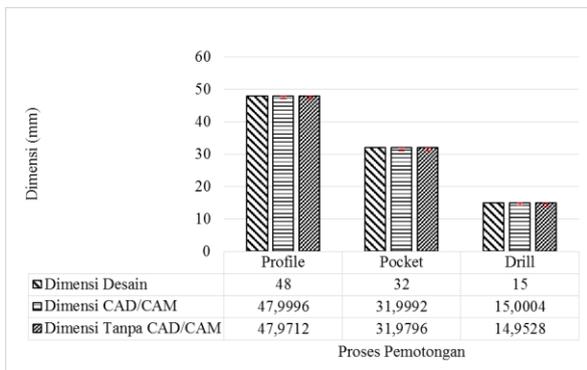
Pada proses *drill* menunjukkan nilai kekasaran tertinggi. Proses *drill* menggunakan pahat dengan 2 mata sayat yang pada dasarnya memiliki dimensi lebih besar pada tiap mata sayatnya. Hal ini disebabkan karena pada proses *drill* melakukan pelubangan secara langsung, sehingga beban tekan yang diterima pahat lebih besar[6]. Selain gaya tekan, faktor lain yang mempengaruhi kualitas permukaan proses *drill* adalah kecepatan potong, gerak makan dan sudut ujung pahat[7]. Pada penelitian ini, terjadi

penumpukan geram pada mata potong pahat. Fenomena ini terjadi karena laju pemakanan yang rendah, serta ketahanan pahat yang sudah menurun.

Komponen pengukuran kepresisian berdasarkan alat ukur yang digunakan (jangka sorong) antara lain meliputi dimensi panjang, lebar dan tinggi/tebal/kedalaman. Berdasarkan kategori dimensi tersebut, dapat dilihat perbandingan kepresisian antara komponen jenis proses pemotongan dengan implementasi CAD/CAM dan jenis proses pemotongan tanpa implementasi CAD/CAM. Kepresisian hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut ini.



Gambar 5. Diagram perbandingan dimensi panjang pengerjaan dengan dan tanpa implementasi CAD/CAM.



Gambar 6. Diagram perbandingan dimensi lebar pengerjaan dengan dan tanpa implementasi CAD/CAM.

Untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan besarnya tingkat kepresisian antara proses dengan menggunakan bantuan implementasi CAD/CAM dan tanpa bantuan implementasi CAD/CAM akan dilakukan dengan menggunakan analisis statistik dengan metode perbandingan secara tidak berpasangan (*independent comparison*). Langkah yang dilakukan adalah menyusun dimensi ukur dengan titik pengukuran yang sama antara hasil proses dengan menggunakan bantuan implementasi CAD/CAM dan tanpa bantuan implementasi CAD/CAM kedalam satu tabel, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data dimensi ukur untuk daerah ukur a.

Pengukuran	Daerah ukur a	
	1= CAD/CAM	2= Tanpa CAD/CAM
1	47,99	47,97
2	47,99	47,95
3	47,99	47,94
4	48	47,93
5	48	47,92
6	48	48
7	48	47,98
8	48	47,98
9	48	48
10	48,01	47,97
11	48	47,97
12	48	48,01
13	48,01	47,94
14	47,99	47,97
15	48	48,01
16	48	47,93
17	48	47,97
18	48	47,96
19	47,99	47,99
20	47,99	47,98
21	48,01	47,96
22	48	47,96
23	48	48,01
24	48,01	47,99
25	48,01	47,99
Rata-rata	47,9996	47,971

- Mencari Standar deviasi (S) dengan menggunakan persamaan berikut,

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum(x-x_m)^2}{n-1}} \quad ; \quad S_2 = \sqrt{\frac{\sum(x-x_m)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0,033105891)^2}{24}} \quad ; \quad = \sqrt{\frac{(0,127530389)^2}{24}}$$

$$= 0,0068 \quad ; \quad = 0,0260$$

- Mencari varians perbedaan tidak berpasangan (S^2) dengan persamaan berikut:

$$S_1^2 = \frac{\sum(x-x_m)^2}{n-1} \quad ; \quad S_2^2 = \frac{\sum(x-x_m)^2}{n-1}$$

$$= \frac{(0,033105891)^2}{24} \quad ; \quad = \frac{(0,127530389)^2}{24}$$

$$= 0,0000467 \quad ; \quad = 0,0006777$$

- Mencari nilai uji Fisher (F)

H_0 : varians homogen

H_1 : varians tidak homogen

$$F = \frac{\text{Variansterbesar}}{\text{Variansterkecil}}$$

$$= \frac{0,0006777}{0,0000467}$$

$$= 14,839$$

Tingkat keyakinan 95% atau $(1-\alpha) = 95\%$, berarti $\alpha = 5\%$, atau $\alpha=0,05$

Derajat kebebasan (df1) = k-1

$$= 3-1 = 2$$

Derajat kebebasan (df2) = n-k

$$= 25-3 = 22$$

Berdasarkan tabel statistik distribusi diperoleh $F_{tabel} = 3.443$.

Dengan demikian, harga $F_{hitung} = 14,512 > F_{tabel} = 3.443$;

ini berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima; jadi varians tidak homogen.

- Mencari nilai t_{hitung}

Hipotesis penelitian:

- H_0 = tidak terdapat perbedaan tingkat kepresisian yang signifikan antara proses dengan bantuan Implementasi CAD/CAM dengan proses tanpa implementasi CAD/CAM. ($\mu_1 = \mu_2$).
- H_1 = terdapat perbedaan tingkat kepresisian yang signifikan antara proses dengan Implementasi CAD/CAM dengan proses tanpa implementasi CAD/CAM. ($\mu_1 \neq \mu_2$).

$$\text{Rumus } t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$= \frac{47,9996 - 47,971}{\sqrt{\frac{(25 - 1)0,000467 + (25 - 1)0,000677}{25 + 25 - 2} \left(\frac{1}{25} + \frac{1}{25} \right)}}$$

$$t_{hitung} = 5,280$$

Tingkat keyakinan 95% atau $(1 - \alpha) = 95\%$, berarti $\alpha = 5\%$, atau $\alpha = 0,05$

Derajat kebebasan (df) = $n - 1$
 $= 25 - 1 = 24$

Berdasarkan tabel statistik distribusi diperoleh $t_{tabel} = 1,719$.

Dengan berpedoman pada nilai t -test dengan membandingkan t_{hitung} dengan t_{tabel} dimana dengan $df = 24$ diperoleh angka 1,7109 untuk taraf signifikan 5%. Dengan demikian, harga $t_{hitung} = 5,280 > t_{tabel} = 1,7109$ yang berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara proses dengan implementasi CAD/CAM dengan proses tanpa implementasi CAD/CAM terhadap tingkat kepresisian dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

4. Kesimpulan

Dari data dan analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kekasaran permukaan dengan dan tanpa implementasi CAD/CAM pada setiap proses pemotongan dari nilai kekasaran terendah ke tertinggi secara berurutan adalah proses face milling (0,5028 μm ; 0,5132 μm), slot milling (0,664 μm ; 0,6556 μm), profile milling (1,282 μm ; 1,3128 μm), pocket milling (1,3852 μm ; 1,4856 μm) kemudian proses drill (1,9944 μm ; 2,1136 μm).
2. Nilai rata-rata dimensi hasil pengukuran menunjukkan perbedaan antara hasil implementasi CAD/CAM dengan tanpa implementasi CAD/CAM dengan persentase perbedaan menurut panjang dan lebar secara berurutan adalah 0,037 %; 0,059 % untuk proses profile; 0,039 %; 0,061 % untuk proses pocket; dan 0,151 %; 0,317 % untuk proses drill.
3. Secara statistik penggunaan implementasi CAD/CAM tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan akan tetapi berpengaruh secara signifikan terhadap kepresisian dari produk yang dihasilkan dengan tingkat keyakinan 95%

Daftar Pustaka

- [1] E. A. Nasr & A. K. Kamrani, (2007). *Computer-Based Design and Manufacturing : An Information-Based Approach*. New York: Library of Congress Control Number: 2006932032.
- [2] L. Chen, (2008). *Study on Prediction of Surface Quality in Machining Process*. Beijing: Journal of Materials Processing Technology 205 (2008) 439–450.
- [3] S. Lubis, & S. A. Yanuari, (2014). *Pengaruh Parameter Pemotongan Pada Proses Side Milling dan Face Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Logam*. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara.
- [4] B. Armunanto, (2001). *Teknik Pengukuran (Metrologi Industri)*. Surakarta: ATMI PRESS.
- [5] F. M. Fakhruddin, S. A. As'ad & Purnami. (2013). *Pengaruh Parameter dan Perbedaan Proses Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pemotongan End Mill*. Malang: Jurnal Skripsi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- [6] R. Dubovska, J. Jambor & J. Majerik (2011). *Implementation of CAD/CAM system CATIA V5 in Simulation of CNC Machining Process*. Procedia Engineering 69: 638 – 645.
- [7] B. Setyono, (2014). *Pengaruh Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium Up dan Down Milling CNC TU-3A*. Surabaya: Jurnal IPTEK Vol 18 No.1 Mei 2014.