

repository.ub.ac.id

PENGARUH *FEED RATE* dan *DEPTH OF CUT* DENGAN KONDISI *CHATTER* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN ALUMINIUM AL 6061 PADA PROSES *CLIMB MILLING*

Muhammad Irvan Advandi, Achmad As'ad Sonief, Moch. Agus Choiron
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan M.T. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : advandi19@gmail.com

ABSTRAK

Proses milling adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Dalam penelitian ini proses *milling* menggunakan mesin CNC TU 3A yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *feed rate* dan *depth of cut* dengan kondisi *chatter* terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061 pada proses *climb milling*. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil kekasaran permukaan paling rendah yaitu pada *feed rate* 100mm/min dengan *depth of cut* 0,5mm sebesar 0,68 μ m. sedangkan kekasaran permukaan tertinggi yaitu pada *feed rate* 300 pada *depth of cut* 1,5 sebesar 1,87 μ m. Persamaan regresi untuk kekasaran permukaan yaitu $R_a = -0,044 + 0,002X_1 + 0,610X_2$. Dimana koefisien variabel *feed rate* (X1) sebesar 0,002, yang berarti bahwa apabila nilai X1 naik sebesar 1 poin, maka nilai variabel kekasaran permukaan (Ra) akan mengalami kenaikan sebesar 0,002. Koefisien variabel *depth of cut* (X2) sebesar 0,610, yang berarti bahwa apabila nilai X2 naik sebesar 1 poin, maka nilai variabel kekekasaran permukaan (Y) akan mengalami kenaikan sebesar 0,610. Demikian pula dengan nilai *chatter* yang berbanding lurus dengan hasil kekasaran permukaan. Kata Kunci : *climb milling*, *chatter*, kekasaran permukaan,

ABSTRACT

Milling process is the process of cutting the object by using the appliance piece work with the edges cut the plurality of the rotating. In this research the process of milling machines CNC machine TU 3A which aims to know the influence of feed rate and depth of cut with the condition of the chatters against rudeness aluminum surface on 6061 climb milling process. From the results obtained the most low surface roughness that is on the feed rate 100mm/min with depth of cut 0,5mm of 0,68 μ m. While the highest number of the surface roughness on a feed rate of 300 on the depth of cut 1.5 of 1,87 μ m. The regression equation for the surface roughness is $R_a = -0.044 + 0,002X_1 + 0,610X_2$. Where the variable coefficient feeds rate (X1) of 0,002, which means that when the value of X1 rose by 1 points, then the value of the variables of surface roughness (Ra) will be experiencing an increase of 0,002. The variable coefficient depth of cut (X2) of 0,610, which means that when the value of X2 rose by 1 points, then the value of the roughness' variable surface (Y) will be experiencing an increase of 0,610. Then as well as the value of chatters that in relation to the straight way with the result of the rudeness surface.

Key Words : *climb milling*, feed rate, depth of cut, *chatter*, surface roughness

PENDAHULUAN

Proses pemesinan milling merupakan salah satu operasi pemesinan yang paling umum dan banyak ditemui di dunia industri. Pada proses ini pahat sebagai alat potong bergerak rotasi

terhadap benda kerja. Bengkel-bengkel kecil pun banyak yang memiliki mesin freis untuk proses milling. Proses miling dibedakan atas milling conventional milling dan climb milling. Yang

membedakan proses milling tersebut adalah arah pemanakannya.

Climb milling digunakan dalam banyak aplikasi, misalnya dalam pemotongan titanium, nikel paduan, dan kobalt. Proses ini juga memiliki beberapa kelebihan, yaitu Memiliki umur pahat hingga 50%, Meningkatkan nilai kekasaran permukaan., Pemindahan geram lebih mudah.

Pada climb milling getaran terjadi pada saat proses pemakan benda kerja. Getaran dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu: getaran bebas (free vibration), getaran paksa (forced vibration) dan getaran eksitasi diri (self excited vibration) atau yang biasa disebut dengan *chatter*. Quintana dan Ciurana (2011).

Chatter yang terjadi pada pemotongan logam memiliki pengaruh buruk pada surface finish dan keakuratan dimensi benda kerja, umur pahat dan bahkan umur mesin Kovačić (1998). *Chatter* yang terjadi menimbulkan permukaan yang bergelombang, yang menyebabkan proses pemotongan berikutnya mengalami pembebanan yang bervariasi. Dan ketika hal itu terjadi, variasi pembebanan tadi memperburuk getaran yang sudah ada Suhariyono (2008). Dalam keadaan tertentu gerakan pahat terhadap benda kerja dapat mengakibatkan gerakan eksitasi diri dan menghasilkan getaran amplitudo yang melonjak besar. Pada kondisi dengan lonjakan getaran amplitudo inilah kondisi pemrosesan dalam keadaan tidak stabil atau yang disebut dengan *chatter*.

Chatter juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan suatu produk, *chatter* dan kekasaran permukaan dalam proses pemrosesan dipengaruhi oleh parameter pemotongan yaitu *feed rate* dan *depth of cut*. *Depth of cut* yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya *chatter* yang tinggi pula karena pemakanan yang dalam sehingga kekasaran permukaan akan semakin tinggi demikian juga pada *feed*

rate yang tinggi akan berdampak sama terhadap kekasaran permukaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh *depth of cut* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan dan amplitudo dengan proses *climb milling*.

Variabel Penelitian

Variabel bebas

Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- *Depth of Cut* : 0,5, 1, 1,5 mm
- *Feed Rate* : 100, 200, 300 mm/mnt

Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan (R_a).

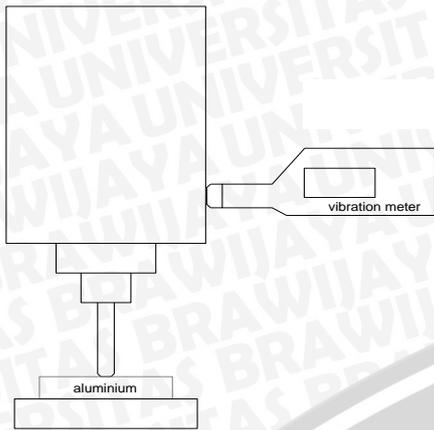
Variabel terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Pemakanan : *Climb milling*
- *Depth of Cut* : 0,5 mm
- Diameter pahat : 10 mm

Prosedur Penelitian

Benda kerja dengan ukuran 100x50 mm dan tebal 15 mm. Dilakukan pemotongan dengan parameter yang sudah ditentukan dan dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surftest Tester* Mitutoyo Sj-301. Data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan *Multiple Regression Linier* dan analisis grafik. Sehingga didapatkan pengaruh *feed rate* dan *depth of cut* pada proses *climb milling* terhadap kekasaran permukaan.



Gambar 1 Skema penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Didapatkan hasil pengukuran kekasaran permukaan pada proses *conventional milling* terhadap parameter pemotongan *spindle speed* dan *feed rate* yang ditunjukkan dalam tabel 2. Pengolahan data menggunakan model regresi berganda (*multiple regression linier*) digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat.

Tabel 1 Hasil uji kekasaran permukaan *ball nose end mill*

No	Depth Of Cut	Feed Rate (mm/menit)	Amplitudo	Kekasaran Permukaan (μm)			
				Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra (rata-rata)
1	0.5	100	0.9	0.63	0.73	0.69	0.68
2		200	1.5	0.61	0.78	0.77	0.72
3		300	2.3	0.86	0.78	0.87	0.84
4	1	100	1.1	0.72	0.77	0.87	0.79
5		200	1.6	0.85	0.79	0.85	0.83
6		300	2.9	1.04	0.96	0.92	0.97
7	1.5	100	1.2	0.96	0.9	0.95	0.94
8		200	2.3	1.01	1.35	1.43	1.26
9		300	3.3	1.87	1.73	2	1.87

Tabel 2 analisa model summary

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.864 ^a	.747	.662	.21615

a. Predictors: (Constant), Feed_Rate, Depth_of_Cut

Berdasarkan tabel di atas diperoleh angka R^2 (R Square) sebesar 0,747 atau 74,7%. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase pengaruh variabel independen (*depth of cut* dan *feed rate*) terhadap variabel dependen (kekasaran permukaan) sebesar 74,7%.

Tabel 3 Anylisis of Variance (ANOVA)

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.827	2	.413	8.850	.016 ^b
	Residual	.280	6	.047		
Total		1.107	8			

a. Dependent Variable: Kekasaran_Permukaan

b. Predictors: (Constant), Feed_Rate, Depth_of_Cut

Anova digunakan untuk mengetahui ada tidak nya pengaruh varibel independen terhadap variable dependen, ditulis dalam bentuk hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Variabel independen X_1 dan X_2 tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Variabel dependen Y.

H_1 : Variabel independen X_1 dan X_2 berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen Y.

Kriteria pengujian :

H_0 diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$

H_1 diterima jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$

Dengan menggunakan tingkat keyakinan 95%, $\alpha = 5\%$, didapatkan dari tabel diatas nilai $df_1 = 2$, dan $df_2 = 6$, maka diperoleh nilai F tabel sebesar 5,14.

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, yaitu $8.850 > 5.14$, maka H_0 ditolak, dapat disimpulkan bahwa *depth of cut* dan *feed rate* berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan.

Tabel 4 hasil uji T

Model	Coefficients ^a		Standardized Coefficients	t	Sig.
	Unstandardized Coefficients				
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-.044	.260		-.171	.870
Feed_Rate	.002	.001	.493	2.399	.053
Depth of Cut	.610	.176	.710	3.456	.014

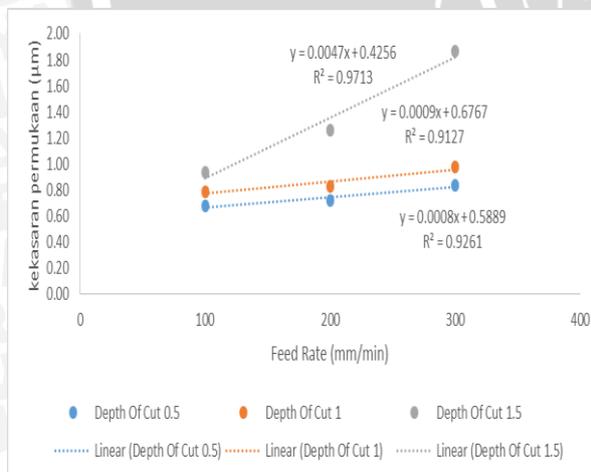
a. Dependent Variable: Kekasaran_Permukaan

Regresi antara *depth of cut* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan menghasilkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = -0,044 + 0,002X_1 + 0,61X_2$$

Berdasarkan persamaan di atas maka:

1. Koefisien variabel *feed rate* (X1) sebesar 0,610, yang berarti bahwa apabila nilai X1 naik sebesar 1 poin, maka nilai variabel kekasaran permukaan (Y) akan mengalami kenaikan sebesar 0,002.
2. Koefisien variabel *depth of cut* (X2) sebesar 0,610, yang berarti bahwa apabila nilai X2 naik sebesar 1 poin, maka nilai variabel kekasaran permukaan (Y) akan mengalami kenaikan sebesar 0,610.



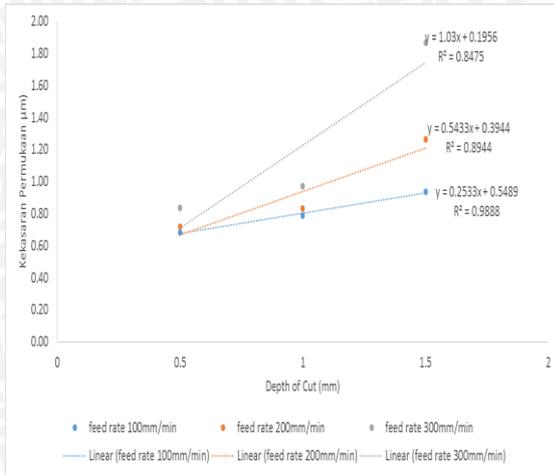
Gambar 2 Grafik Hubungan Antara *Feed Rate* Terhadap Kekasaran Permukaan

Pada gambar 2 merupakan grafik hubungan antara parameter yang digunakan, nilai pada sumbu y menunjukkan angka kekasaran permukaan dipengaruhi oleh sumbu X yaitu variasi *feed rate* (kecepatan pemakanan) dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya *feed*

rate, maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada benda kerja.

Pada grafik diatas didapatkan hasil proses pemakanan *depth of cut* 0,5mm dengan nilai kekasaran permukaan pada *feed rate* 100mm/menit sebesar 0,68µm, sedangkan pada *feed rate* 200mm/menit nilai kekasarannya sebesar 0,72µm, dan *feed rate* 300mm/menit memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 0,84µm. Pada grafik proses pemakanan *depth of cut* 1,5mm dengan nilai kekasaran permukaan pada *feed rate* 100mm/menit sebesar 0,79µm, sedangkan pada *feed rate* 200mm/menit nilai kekasarannya sebesar 0,83µm, dan *feed rate* 300mm/menit memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 0,97µm. Pada grafik *depth of cut* 1,5mm nilai kekasaran permukaan pada *feed rate* 100mm/menit sebesar 0,94µm, sedangkan pada *feed rate* 200mm/menit nilai kekasarannya sebesar 1,26µm, dan *feed rate* 300mm/menit memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 1,87µm.

Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya *feed rate* pada proses milling. Semakin tinggi *feed rate* maka kekasaran permukaan benda kerja semakin meningkat, dari pengukuran nilai kekasaran diatas nilai *feed rate* berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pemakanan *milling* dikarenakan adanya perubahan luas penampang *chip*. Jika *feed rate* semakin besar maka luas penampang *chip* yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini disebabkan karena gesekan yang ditimbulkan semakin besar. Besarnya gesekan akan menyebabkan deformasi yang ditimbulkan besar. Deformasi yang diakibatkan kecepatan pemakanan mengakibatkan benda kerja semakin kasar.



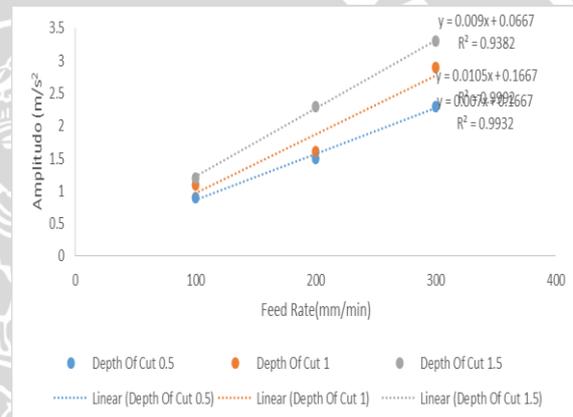
Gambar 3 Grafik Hubungan Antara *Depth of Cut* Terhadap Kekasaran Permukaan

Pada gambar 3 merupakan grafik hubungan antara parameter yang digunakan, nilai pada sumbu Y menunjukkan angka kekasaran permukaan dipengaruhi oleh sumbu X yaitu variasi *depth of cut* (kedalaman pemakanan) dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya *depth of cut*, maka akan mempengaruhi kekasaran permukaan pada benda kerja.

Pada grafik diatas didapatkan hasil proses pemakanan *feed rate* 100mm/menit dengan nilai kekasaran permukaan pada *depth of cut* 0,5mm sebesar 0,68µm, sedangkan pada *depth of cut* 1mm nilai kekasarannya sebesar 0,79µm, dan *depth of cut* 1,5mm memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 0,94µm. Pada grafik proses pemakanan *feed rate* 200mm/menit dengan nilai kekasaran permukaan pada *depth of cut* 0,5mm sebesar 0,72µm, sedangkan pada *depth of cut* 1mm nilai kekasarannya sebesar 0,83µm, dan *depth of cut* 1,5mm memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 1.26µm. Pada grafik *feed rate* 300mm/menit nilai kekasaran permukaan pada *depth of cut* 0,5mm sebesar 0,84µm, sedangkan pada *depth of cut* 1mm nilai kekasarannya sebesar 0,97µm, dan *depth of cut* 1,5mm memiliki nilai kekasaran permukaan sebesar 1,87µm.

Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya *depth of cut* pada proses milling. Semakin tinggi

depth of cut maka kekasaran permukaan benda kerja semakin meningkat, dari pengukuran nilai kekasaran diatas nilai *depth of cut* berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pemakan milling dikarenakan adanya perubahan luas penampang chip sehingga gaya pemotongan pun berubah. Jika *depth of cut* semakin besar maka luas penampang chip yang dihasilkan akan meningkat yang mengakibatkan gaya pemotongan semakin besar. Hal ini disebabkan karena gesekan yang ditimbulkan semakin besar. Besarnya gesekan akan menyebabkan deformasi yang ditimbulkan besar. Karena gaya pemotongan yang terjadi semakin besar maka benda kerja semakin kasar.



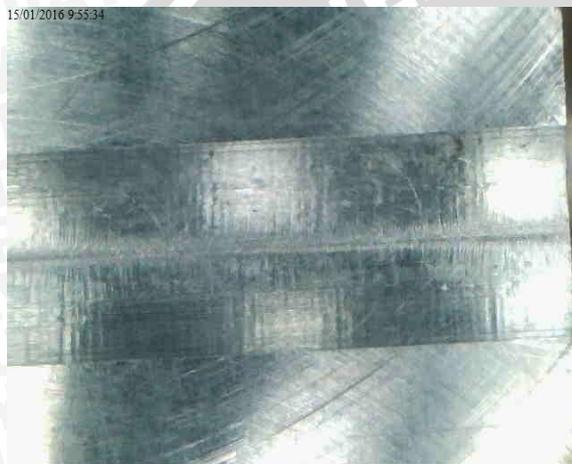
Gambar 4 Grafik Hubungan Antara *Depth of Cut* dan *Feed Rate* Terhadap Amplitudo

Pada gambar 4 merupakan grafik hubungan antara parameter yang digunakan, nilai pada sumbu Y menunjukkan nilai amplitudo yang dipengaruhi oleh sumbu X yaitu variasi *feed rate* (kecepatan pemakanan) dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya *feed rate*, maka akan mempengaruhi besarnya amplitudo.

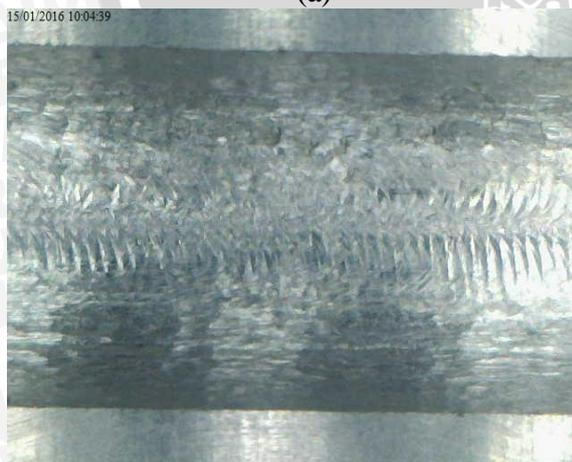
Pada grafik diatas didapatkan hasil proses pemakanan *depth of cut* 0,5mm dengan nilai amplitudo terkecil pada *feed rate* 100mm/menit sebesar 0,9 m/s² dan terbesar pada 300mm/menit dengan nilai amplitudo sebesar 2,3m/s². Pada grafik proses pemakanan *depth of cut* 1mm dengan nilai nilai amplitudo terendah yaitu pada *feed rate* 100mm/menit sebesar

1,1m/s², sedangkan amplitudo terbesar pada *feed rate* 300mm/menit memiliki nilai amplitudo sebesar 2,9m/s². Pada grafik *depth of cut* 1,5mm nilai amplitudo terendah pada *feed rate* 100mm/menit sebesar 1,2m/s², sedangkan nilai amplitudo terbesar pada *feed rate* 300mm/menit memiliki nilai amplitudo sebesar 3,3m/s².

Pada grafik dapat dilihat semakin tinggi *depth of cut* dan *feed rate* maka amplitudo getaran juga semakin besar. Hal ini dikarenakan pada saat *depth of cut* semakin besar maka beban dan gaya yang diperlukan juga semakin besar pula. *Depth of cut* dan *feed rate* yang semakin besar maka gaya pemotongan semakin besar.



(a)



(b)

Gambar 5 perbesaran benda kerja aluminium hasil proses proses pemesinan (a) *depth of cut* 0,5 *feed rate* 100 (b) *depth of cut* 1,5 *feed rate* 300

Pada gambar 5 merupakan perbandingan hasil kekasaran permukaan pada *depth of cut* dan *feed rate* yang berbeda. *Chatter* dan kekasaran permukaan memiliki hubungan yang berbanding lurus. *Chatter* yang terjadi pada saat proses pemesinan dapat menurunkan kualitas permukaan benda kerja. Dari gambar 5 dapat dilihat perbandingan hasil pemesinan amplitudo terendah dan tertinggi. Perbedaannya bisa dilihat dari guratan yang terjadi pada daerah hasil pemesinan. Pada amplitudo rendah guratan yang terjadi lebih sedikit jika dibandingkan dengan amplitudo tinggi. Hal ini terjadi karena adanya perubahan gerakan meja lebih cepat dan gesekan yang terjadi antara benda kerja dengan pahat lebih besar, maka meja mesin *milling* menerima beban yang besar. Seiring dengan meningkatnya nilai amplitudo maka nilai kekasaran permukaan juga akan semakin meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data dari penelitian yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Feed rate* dan *depth of cut* mempunyai pengaruh yang positif (berbanding lurus) terhadap kekasaran permukaan aluminium yaitu semakin tinggi *feed rate* dan *depth of cut* maka kekasaran permukaan aluminium semakin besar.
2. *Feed rate* dan *depth of cut* mempunyai pengaruh yang positif (berbanding lurus) terhadap amplitudo getaran yaitu semakin tinggi *feed rate* dan *depth of cut* maka amplitudo getaran semakin besar.
3. *Chatter* dalam proses pemotongan memiliki pengaruh besar terhadap amplitudo, semakin tinggi *chatter* maka amplitudo getaran semakin besar.
4. Persamaan regresi untuk kekasaran permukaan aluminium dalam menentukan nilai parameter pemotongan yaitu :

$$R_a = -0,044 + 0,002X_1 + 0,610X_2$$

Dengan :

$$X_1 = \text{Feed Rate (mm/menit)}$$

$X_2 = \text{depth of cut (mm)}$

$R_a = \text{Kekasaran Permukaan } (\mu\text{m})$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya, Apris Yudi, Achmad As'ad Sonief, Rudianto Raharjo. 2015. Pengaruh Spindle Speed, Feed Rate dan Jumlah Mata Pahat Ball Nose End Mill Terhadap Kekasaran Permukaan Alumunium Pada Proses Conventional Milling. Jurnal Mahasiswa Mesin. Malang: Universitas Brawijaya.
- [2] Budiardo, Wahyu, Endi Sutikno, Erwin Sulisty. 2014. Pengaruh Cutting Speed dan Depth of Cut Kondisi Chatter Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Proses Bubut. Jurnal Teknik Mesin. Malang : Universitas Brawijaya
- [3] Boothroyd, Geoffrey. 1989. *Fundamentals of Machining And Machine Tools*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [4] Hammada Abbas, Yafet Bontong Yusran Aminya, Nasaruddin Azis, Syahrir Arief. 2013. Pengaruh Parameter Pemotongan Pada operasi Pemotongan Milling Terhadap GETARAN Dan Tingkat Kekasaran Permukaan (Surface Roughness). Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII).
- [6] Imran. 2013. Batas Stabilitas Chatter Terhadap Perubahan Sudut Geram Pada Proses Bubut. Jurnal Inovtek Volume 3: 63-74.
- [7] Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Jakarta: Higher Education Development Support Project.
- [8] Romiyadi, Emon Azriadi. 2013. Pengaruh Kemiringan Sspindel Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Frais Universal KNUTH UFM 2. Seminar Nasional: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. XIII: 79-85.
- [9] Schwartz, M.M. 1997. *Composite Material: Properties, nondestructive testing and repair*. Prentice Hall Ptr.
- [10] Tata Surdia & Shinroku Saito. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [11] Thomson, William T. dan Professor Emeritus. 1995. *Theory of Vibrations with Applications*. Newyork. Chapman & Hill.
- [12] Tegar, Muchmmad Lazuardhy, Endi Sutikno, Erwin Sulisty. 2013. Pengaruh Feed Motion Kondisi Chatter Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Proses Bubut. Jurnal Mahasiswa Mesin. Malang: Universitas Brawijaya.
- [13] Vierk, Robert K. 1995. *Analisis Getaran*. Cetakan I. Terjemahan Dicky Rezady Munaf. Bandung: PT Eresco.
- [14] Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan*. Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [15] Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan*. Jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.