

Pengaruh Kemiringan Spindel Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2

Romiyadi, Emon Azriadi

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Kampar
Jl. Tengku Muhammad (KM.2), Bangkinang, 28461
Email : romiyadi@poltek-kampar.ac.id

Abstract

In milling process with spindle slope, the milling process requires energy from milling machine. The greater the spindle slope estimated to be the greater energy required by the milling machine. Therefore, the machining vibration that occurs was estimated to be very big. This study aimed to determine the influence spindle slope to machining vibration in milling machine with variations of feed. This study used Milling Machine Knuth Universal UFM 2 with vertical milling approach. The slope spindle used was 300, 400 and 600. The machining process parameters varied was feed while depth of the cut and spindle speed were constant. The study results show that the greater the spindle slope, the greater the machining vibration on the up milling process and the down milling processes for all spindle slope. Similarly with the influence of feed to machining vibration in milling process. The study results show that the change of feed will give a positive impact to machining vibration on the up milling process and the down milling processes for all spindle slope. For the same spindle slope and depth of cut, the machining vibration on the down milling process is greater than the up milling process.

Key words: Machining vibration, spindle slope, depth of cut, up milling, down milling.

1. Pendahuluan

Proses produksi pembuatan suatu produk manufaktur yang ada didunia hampir seluruhnya memerlukan proses pemesinan (Zulhendri dkk, 2007). Proses pemesinan adalah suatu proses manufaktur dimana proses utamanya adalah melepaskan atau menghilangkan sebagian material dari suatu bahan dasar yang dapat berupa blok atau silinder pejal sehingga memenuhi bentuk dan kualitas yang diinginkan. Selain itu, proses pemesinan ini merupakan salah satu proses manufaktur yang kompleks karena harus mempertimbangkan banyak faktor agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi kualitas yang ditetapkan.

Proses pemesinan frais (milling) merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk pembuatan komponen (Romiyadi dkk, 2012). Proses pemesinan frais sering digunakan untuk membuat komponen yang mempunyai fitur berupa suatu profil dan juga trajectory yang kompleks. Sebagai contoh, proses pemesinan frais sering digunakan dalam pembuatan cetakan (mould) untuk membuat produk-produk dari plastik. Pengoperasian mesin frais tidak terlepas dari para-

meter proses pemesinan. Parameter proses pemesinan terdiri dari kecepatan putaran spindel (spindle speed), kecepatan potong (cutting speed), kedalaman potong (dept of cut), kecepatan pemakanan (feed), gerak makan pergigi (chip load) dan waktu pemotongan. Besar kecepatan putaran spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman potong pada mesin milling dapat dipilih sesuai dengan yang tertera pada mesin frais. Pengaturan besar kecepatan putar dan kedalaman potong tergantung dari pengetahuan dan pengalaman dalam mengoperasikan mesin perkakas (Hernadewita dkk, 2006).

Perubahan kecepatan putaran spindel, kecepatan pemakanan, dan kedalaman potong pada proses frais akan menyebabkan terjadinya perubahan kekasaran permukaan produk yang dihasilkan (Romiyadi dkk, 2012). Kekasaran produk yang terjadi diakibatkan oleh adanya getaran yang timbul pada mesin pada saat mesin itu beroperasi (Hernadewita dkk, 2006). Semakin besar nilai amplitudo getaran, semakin besar pula nilai kekasaran permukaan pada produk yang dihasilkan dan begitu juga sebaliknya (Muas, 2008).

Getaran pemesinan merupakan parameter pemotongan yang tidak dapat dikontrol secara bebas, sebab kebe-

radaannya akan selalu timbul selama proses pemesinan berlangsung (Muas, 2008). Menurut Kalpakjian (2006), getaran pemesinan (machining vibration) merupakan getaran yang timbul selama proses pemotongan berlangsung dan disebabkan sedikitnya oleh dua hal yaitu getaran yang timbul akibat gaya potong dan getaran akibat eksitasi pribadi. Dampak getaran pemesinan yang muncul pada mesin frais sangat besar pengaruhnya. Selain berdampak pada kekasaran permukaan produk yang dihasilkan, getaran yang tinggi pada mesin frais juga bisa menyebabkan keausan pahat dan umur mesin menjadi lebih pendek (Hendra, 2006).

Pada proses frais dengan pemakanan menyudut seperti pada proses pembuatan V-Block, proses pemakanan yang dilakukan membutuhkan energi atau power yang sangat besar dari mesin frais. Semakin besar sudut pemakanan diperkirakan semakin besar pula energi yang dikeluarkan oleh mesin frais tersebut. Oleh karena itu getaran yang timbul dari pemakanan menyudut pada mesin frais kemungkinan sangat besar.

Getaran pemesinan merupakan parameter pemotongan yang tidak dapat dikontrol secara bebas, sebab keberadaannya akan selalu timbul selama proses pemesinan berlangsung (Muas, 2008). Menurut Kalpakjian (2006), getaran pemesinan (machining vibration) merupakan getaran yang timbul selama proses pemotongan berlangsung dan disebabkan sedikitnya oleh dua hal yaitu getaran yang timbul akibat gaya potong dan getaran akibat eksitasi pribadi.

Mesin perkakas dirancang dengan menggunakan konsep high speed dan high power. Konsep ini menuntut rancangan mesin perkakas harus memiliki kekakuan yang tinggi. Kekakuan tinggi biasanya diikuti dengan volume rancangan mesin perkakas yang besar. Hal ini sangat merugikan karena volume rancangan yang besar membutuhkan jumlah material yang besar juga. Untuk itu dirancang sistem kekakuan mesin perkakas yang lebih kaku dengan menggunakan ribbing. Sehingga getaran mesin perkakas dapat diredam oleh mesin perkakas yang memiliki kekakuan tinggi tapi volumenya tidak besar. Mesin perkakas dirancang dengan memperhatikan aspek kekakuan statik dan dinamik (Hendra, 2006). Misalnya ditinjau dari aspek kekakuan dinamik yaitu deformasi relatif antara pahat dengan benda kerja dan getaran yang timbul karena adanya gaya eksitasi (getaran paksa), gaya eksitasi sesaat (getaran bebas) dan getaran karena adanya getaran eksitasi diri.

Dampak getaran yang muncul pada mesin perkakas sangat besar pengaruhnya. Itu dapat dilihat pada produk yang dihasilkan, umur pahat dan umur mesin perkakas yang digunakan. Getaran yang tinggi akan mengakibatkan kualitas benda kerja menjadi kurang bagus, umur pahat menjadi lebih rendah dan mesin tidak tahan lama. Getaran mesin perkakas berpengaruh terhadap mesin perkakas, kondisi pemotongan, getaran benda kerja dan umur pahat. Pengaruh getaran pada kondisi pemotongan dapat dilihat dari perubahan geram dimana akibat perubahan gaya pemotongan juga menghasilkan perubahan geram (Hendra, 2006).

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
	in/s	mm/s			
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
0.71	28.0		unacceptable		
1.10	45.0				

Class I. Small-sized machines (powered from 0 to 15 kW)

Class II. Medium-sized machines (powered from 15 to 75 kW)

Class III. Large-sized machines (powered > 75 kW) mounted on "Rigid Support" structures and foundations

Class IV. Large-sized machines (powered > 75 kW) mounted on "Flexible Support" structures

Gambar 1. Diagram Level Getaran Mesin Per ISO 10816 (Sumber : Phase II Machine Tools, 2008)

Dalam membicarakan getaran kita harus mengetahui batasan-batasan level getaran yang menunjukkan kondisi suatu mesin, apakah mesin tersebut masih baik (layak beroperasi) ataukah mesin tersebut sudah mengalami suatu masalah sehingga memerlukan perbaikan. Gambar 1 menunjukkan level getaran berdasarkan ISO 10816 terhadap mesin yang diklasifikasikan berdasarkan daya atau power mesin.

2. Bahan dan Metode

Proses pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan di Workshop Politeknik Kampar. Pada penelitian ini dilakukan proses frais pemakanan menyudut dengan kemiringan spindel 30° , 45° dan 60° . Parameter proses pemesinan yang divariasikan adalah kecepatan pemakanan, sedangkan parameter lainnya yaitu kecepatan putaran spindel dan kedalaman potong dibuat konstan.

Fasilitas utama yang digunakan adalah Mesin Frais Universal Knuth UFM 2 dengan pendekatan mesin frais vertikal, *Cutter End Mill* material HSS dengan diameter 16 mm dan jumlah gigi 4 serta *Digital Vibration Tester Meter* Phase II DVM 1000.



Gambar 2. Mesin Frais Universal Knuth UFM 2



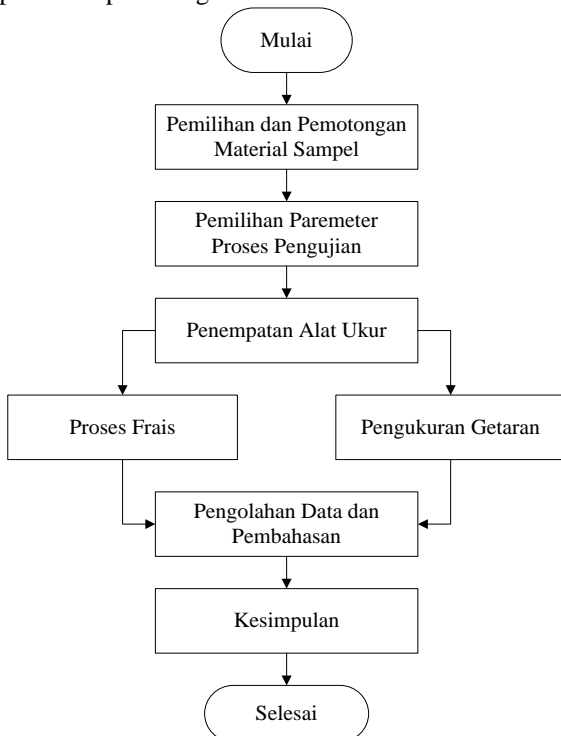
Gambar 3. Cutter Endmil HSS



Gambar 4. Digital Vibration Tester Meter Phase II DVM 1000

(Sumber : Phase II Machine Tools, 2008)

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

2.1. Pemilihan dan Pematongan Material Sampel

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Material Baja Lunak (*Mild Steel*) jenis Plat Strip. Material berbentuk persegi dengan ukuran 65 mm x 15 mm. Material sampel tersebut dipotong sepanjang 100 mm.



Gambar 6. Material Sampel

2.2. Pemilihan Parameter Pengujian

Setelah material sampel tersedia, maka proses selanjutnya adalah memilih parameter apa saja yang digunakan dalam proses pengujian. Parameter getaran yang digunakan pada penelitian ini adalah amplitudo kecepatan getaran (*vibration velocity*). Sedangkan parameter proses pemrosesan yang digunakan adalah kedalaman potong (*depth of cut*), kecepatan putaran spindel (*spindle speed*) dan kecepatan pemakanan (*feed*) dengan sudut kemiringan spindel adalah 30°, 45° dan 60°.

Parameter kecepatan pemakanan dibuat bervariasi sedangkan parameter lainnya yaitu kecepatan putaran spindel dan kedalaman potong dibuat konstan. Nilai kecepatan pemakanan yang digunakan adalah 45 mm/min, 69 mm/min, 108 mm/min, 168 mm/min dan 233 mm/min. Sedangkan nilai kecepatan putaran spindel yang digunakan adalah 388 rpm dan nilai kedalaman potong yang digunakan adalah 0,5 mm. Sudut kemiringan spindel yang digunakan adalah 30°, 45° dan 60°.

2.3. Penempatan Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan adalah Digital Vibration Tester Meter Phase II DVM 1000. Pada saat pengukuran, alat ukur tersebut ditempatkan pada benda kerja. Ketelitian alat ukur 0,01 mm (Phase II Machine Tools, 2008)

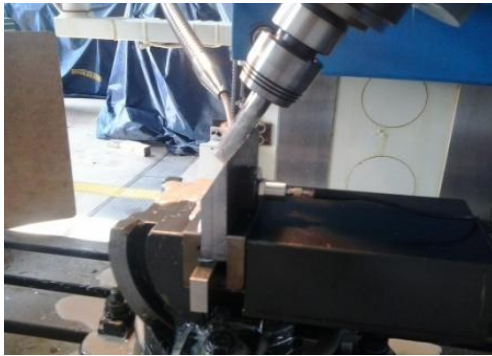
2.4. Proses Frais

Proses frais yang digunakan pengujian ini adalah proses frais jari (*end milling*) dengan menggunakan metode *up milling* (putaran spindel berlawanan dengan pergerakan meja) dan *down milling* (putaran spindel searah dengan pergerakan meja).

2.5. Pengukuran Getaran

Pengukuran dilakukan dengan bantuan 2 orang operator dimana salah satunya bertugas mencatat nilai yang tertera pada alat ukur. Pengukuran getaran dilakukan sepanjang

benda kerja dan pencatatan dimulai saat nilai kecepatan getaran sudah stabil. Pengukuran dilakukan 2 kali pada mesin-mesin parameter kecepatan pemakanan baik untuk proses *up milling* maupun untuk proses *down milling*.



Gambar 7. Pengukuran Getaran.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran getaran dilakukan pada proses frais menggunakan metode *up milling* dan *down milling*. Pengukuran getaran ini dilakukan sebanyak 2 kali untuk tiap kecepatan pemakanan dan nilai yang diambil adalah nilai rata-rata. Hasil pengukuran yang terlihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan spindel, semakin besar pula getaran mesin frais yang terjadi baik

pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*. Begitu pula dengan pengaruh perubahan kecepatan pemakanan terhadap getaran mesin frais. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada kemiringan spindel 30° , 45° maupun 60° perubahan kecepatan pemakanan memberikan pengaruh positif terhadap getaran mesin frais. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa getaran mesin frais yang terjadi pada proses *down milling* lebih tinggi dibandingkan dengan getaran pada proses *up milling* untuk semua kemiringan spindel.

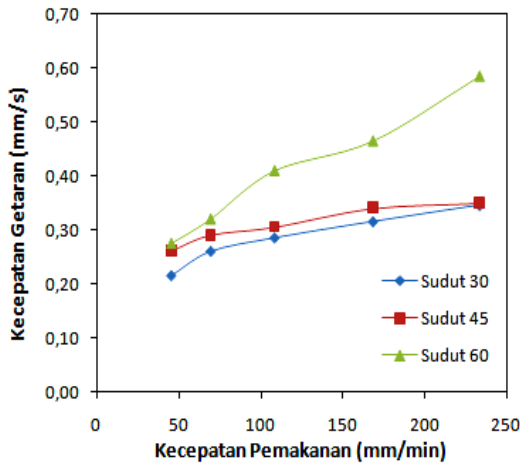
Gambar 8 dan 9 memperlihatkan hubungan kecepatan pemakanan terhadap kecepatan getaran pada proses frais dengan metode *up milling* dan metode *down milling*. Dari grafik terlihat bahwa kecepatan getaran yang terjadi pada proses frais dengan variasi kecepatan pemakanan semakin besar seiring dengan semakin besarnya sudut kemiringan spindel yang digunakan. Hal ini terjadi karena pengaruh gaya statis yang terjadi pada lengan spindel. Menurut ilmu statika struktur, suatu benda atau batang yang dijepit dengan sudut kemiringan tertentu, akan cenderung jatuh ke bawah ke posisi vertikal untuk mencari kesetimbangan akibat adanya gaya gravitasi bumi, sehingga jika benda dijepit dengan sudut kemiringan yang sangat besar, gaya statis yang terjadi pada benda atau batang pada arah vertikal akan semakin besar. Sehingga pada kasus ini, besarnya getaran yang terjadi dengan semakin besarnya sudut kemiringan spindel merupakan pengaruh dari besarnya gaya statis yang terjadi pada spindel.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Getaran

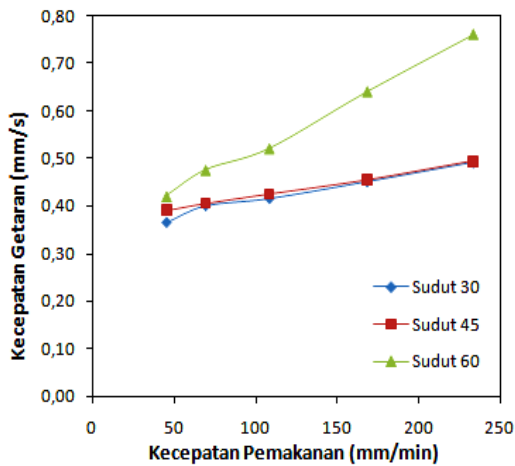
No	Θ ($^{\circ}$)	N (rpm)	Vf (m/mnt)	DOC (mm)	Up Milling			Down Milling		
					V ₁ (mm/s)	V ₂ (mm/s)	Vrata-rata (mm/s)	V ₁ (mm/s)	V ₂ (mm/s)	Vrata-rata (mm/s)
1	30	388	45	0,50	0,20	0,23	0,22	0,36	0,37	0,37
2	30	388	69	0,50	0,27	0,25	0,26	0,38	0,42	0,40
3	30	388	108	0,50	0,29	0,28	0,29	0,40	0,43	0,42
4	30	388	168	0,50	0,32	0,31	0,32	0,45	0,45	0,45
5	30	388	233	0,50	0,36	0,33	0,35	0,51	0,47	0,49
No	Θ ($^{\circ}$)	N (rpm)	Vf (m/mnt)	DOC (mm)	Up Milling			Down Milling		
					V ₁ (mm/s)	V ₂ (mm/s)	Vrata-rata (mm/s)	V ₁ (mm/s)	V ₂ (mm/s)	Vrata-rata (mm/s)
1	45	388	45	0,50	0,26	0,26	0,26	0,38	0,40	0,39
2	45	388	69	0,50	0,28	0,30	0,29	0,40	0,41	0,41
3	45	388	108	0,50	0,29	0,32	0,31	0,42	0,43	0,43
4	45	388	168	0,50	0,33	0,35	0,34	0,46	0,45	0,46
5	45	388	233	0,50	0,35	0,35	0,35	0,50	0,49	0,50
No	Θ ($^{\circ}$)	N (rpm)	Vf (m/mnt)	DOC (mm)	Up Milling			Down Milling		
					V ₁ (mm/s)	V ₂ (mm/s)	Vrata-rata (mm/s)	V ₁ (mm/s)	V ₂ (mm/s)	Vrata-rata (mm/s)
1	60	388	45	0,50	0,28	0,27	0,28	0,41	0,43	0,42
2	60	388	69	0,50	0,33	0,31	0,32	0,48	0,47	0,48
3	60	388	108	0,50	0,41	0,41	0,41	0,51	0,53	0,52
4	60	388	168	0,50	0,47	0,46	0,47	0,65	0,63	0,64
5	60	388	233	0,50	0,58	0,59	0,59	0,75	0,77	0,76

Keterangan :

- Θ = Sudut Kemiringan Spindel
- N = Kecepatan Putaran Spindel
- Vf = Kecepatan Pemakanan
- DOC = Kedalaman Potong
- V₁ = Kecepatan Getaran Pengujian ke 1
- V₂ = Kecepatan Getaran Pengujian ke 2



Gambar 8. Grafik Hubungan Kecepatan Pemakanan vs Kecepatan Getaran (Up Milling)

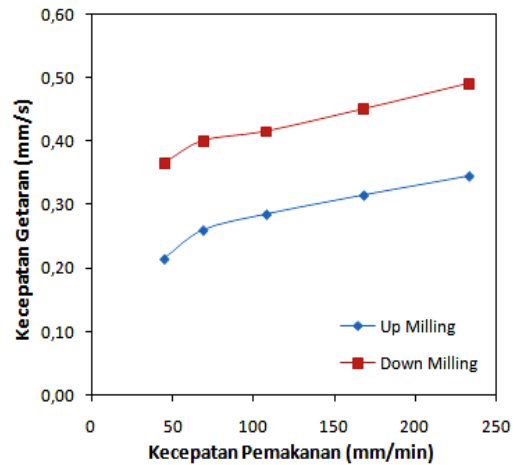


Gambar 9. Grafik Hubungan Kecepatan Pemakanan vs Kecepatan Getaran (Down Milling)

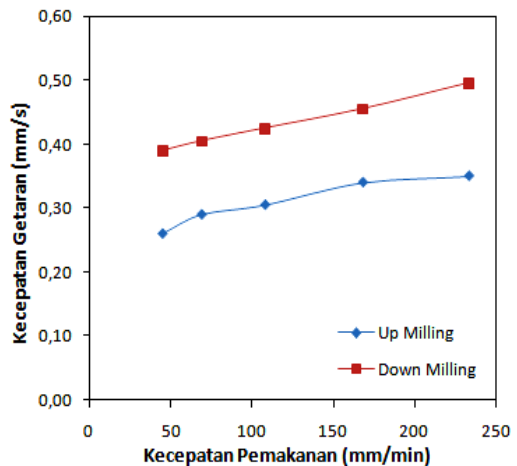
Dari grafik juga terlihat jelas bahwa semakin besar nilai kecepatan pemakanan, maka semakin besar pula nilai kecepatan getaran yang terjadi baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*. Hal ini terjadi karena dengan semakin besar nilai kecepatan pemakanan yang digunakan pada proses frais menyebabkan gaya potong yang terjadi pada proses frais semakin besar, sehingga menimbulkan gesekan yang tinggi akibat dari kontak atau interaksi yang terjadi pada saat proses pemakanan dengan kecepatan pemakanan yang tinggi dan mengakibatkan getaran yang terjadi menjadi lebih tinggi.

Gambar 10, 11 dan 12 memperlihatkan hubungan antara kecepatan pemakanan terhadap nilai kecepatan getaran pada proses frais dengan sudut kemiringan spindle 30^0 , sudut kemiringan spindle 45^0 dan sudut kemiringan spindle 60^0 . Dari grafik terlihat jelas bahwa nilai kecepatan getaran yang terjadi pada proses *down milling* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kecepatan getaran yang terjadi pada proses *up milling*. Hal ini disebabkan karena pada proses *down milling* cenderung menghasilkan pemakanan yang tebal karena putaran spindle searah dengan pergerakan meja. Hal ini mengakibatkan pemakanan yang terjadi selalu disaingi dengan laju

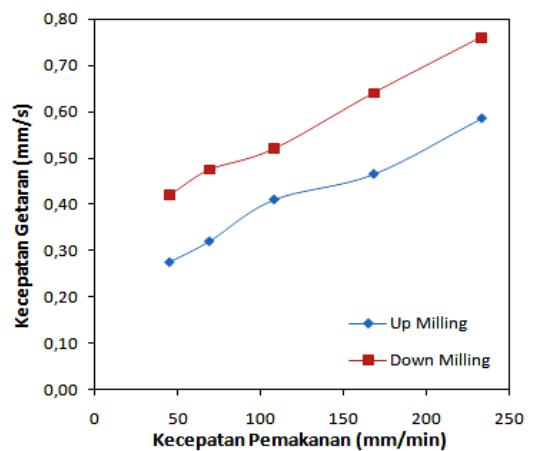
pemakanan, sehingga menghasilkan geram yang lebih besar dan kasar. Selain itu pada proses *down milling* meja cenderung tertarik oleh *cutter* akibat dari putaran spindle yang yang searah dengan pergerakan meja.



Gambar 10. Grafik Hubungan Kecepatan Pemakanan vs Kecepatan Getaran (Kemiringan Spindel 30^0)



Gambar 11. Grafik Hubungan Kecepatan Pemakanan vs Kecepatan Getaran (Kemiringan Spindel 45^0)



Gambar 12. Grafik Hubungan Kecepatan Pemakanan vs Kecepatan Getaran (Kemiringan Spindel 60^0)

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan spindel, semakin besar pula getaran mesin frais yang terjadi baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*. Begitu pula dengan pengaruh perubahan kecepatan pemakanan terhadap getaran mesin frais. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kemiringan spindel 30°, 45° maupun 60°, perubahan kecepatan pemakanan akan memberikan pengaruh positif terhadap getaran mesin frais. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa getaran mesin frais yang terjadi pada proses *down milling* lebih tinggi dibandingkan dengan getaran pada proses *up milling* untuk semua kemiringan spindel.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DITLITABMAS), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas Hibah Penelitian Desentralisasi – Penelitian Dosen Pemula yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

Daftar Pustaka

Romiyadi., Azriadi, E. 2012. Pengaruh Parameter Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Perkakas Pada Proses Up Milling Dan Down Milling Menggunakan Mesin Frais Universal

Knuth UFM 2. *Proseding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi ke 7*. 15 Desember 2012. Yogyakarta.

Muas, M. 2008. Pengaruh Getaran Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin VMC-200. *Jurnal Sinergi*. 6(1):33-32

Hendra. 2006. Pengukuran Sinyal Getaran Pada Mesin Bubut Gallic 16N Dengan Menggunakan Multy-channel Spectrum Analyzer. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(2):99-105

Zulhendri, Kiswanto, G., Yazmendra, R. 2007. Pengaruh Tipe pahat dan Arah Pemakanan Permukaan Berkontur Pada Pemesinan Milling Awal Dan akhir Terhadap Kekasaran Permukaan. *Jurnal Teknik Mesin*. 4(1):15-22

Hernadewita, Hendra, Herman. 2006 Analisis Pengaruh Kondisi Pemotongan Benda Kerja (Panjang penjuluran Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin Bubut Gallic 16N. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(1):55-61

Kalpakjian S, Steven R. Schmid. 2006. *Manufacturing, Engineering And Technology*. Edisi 5. Pearson Education, Inc.

Phase II Machine Tools, Inc. 2008. *Digital Vibration Tester Model No. DVM 1000 : Operation Manual*. New Jersey : Phase II Machine & Tool, Inc.

