

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

Romiyadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Kampar  
Jln. Tengku Muhammad KM 2 Bangkinang INDONESIA  
Email : [romiyadi@poltek-kampar.ac.id](mailto:romiyadi@poltek-kampar.ac.id)

*Intisari*—Pada proses milling dengan kemiringan spindel, proses milling membutuhkan energi dari mesin milling. Semakin besar kemiringan spindel diperkirakan semakin besar energi yang dibutuhkan oleh mesin frais. Oleh karena itu getaran pemesinan yang terjadi diperkirakan sangat besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan spindel terhadap getaran pemesinan pada mesin milling dengan variasi kecepatan spindel. Penelitian ini menggunakan Mesin Milling Knuth Universal UFM 2 dengan pendekatan milling vertikal. Kemiringan spindel yang digunakan adalah 30°, 45° dan 60°. Parameter proses pemesinan yang divariasikan adalah kecepatan spindel, sedangkan pemakanan dan kedalaman potong konstan. Hasil studi menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan spindel maka semakin besar pula vibrasi pemesinan pada proses up milling dan down milling untuk semua kemiringan spindel. Begitu pula dengan pengaruh kecepatan spindel terhadap vibrasi pemesinan pada proses milling. Hasil studi menunjukkan bahwa perubahan kecepatan spindel akan memberikan dampak positif terhadap vibrasi pemesinan pada proses up milling dan down milling pada semua kemiringan spindel. Untuk kemiringan spindel dan kecepatan spindel yang sama, getaran pemesinan pada proses milling bawah lebih besar daripada proses milling atas.

*Kata kunci*— Getaran pemesinan, kemiringan spindel, spindel, milling atas, milling bawah

*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 spindle speed. This study used Milling Machine Knuth Universal UFM 2 with vertical milling approach. The slope spindle used was 30°, 45° and 60°. The machining process parameters varied was the spindle speed, while feed and depth of the cut 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 spindle speed to machining vibration in milling process. The study results show that the change of spindle speed 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 spindle speed, the machining vibration on the down milling process is greater than the up milling process.

*Keywords*— Machining vibration, spindle slope, spindle, up milling, down milling

## I. 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 parameter 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 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. 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).

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.

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 $V_{rms}$	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		unacceptable	
0.71	28.0				
1.10	45.0				

Class I. Small-sized machines (powered from 0 to 13 kW)  
 Class II. Medium-sized machines (powered from 13 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)

## II. METODOLOGI PENELITIAN

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



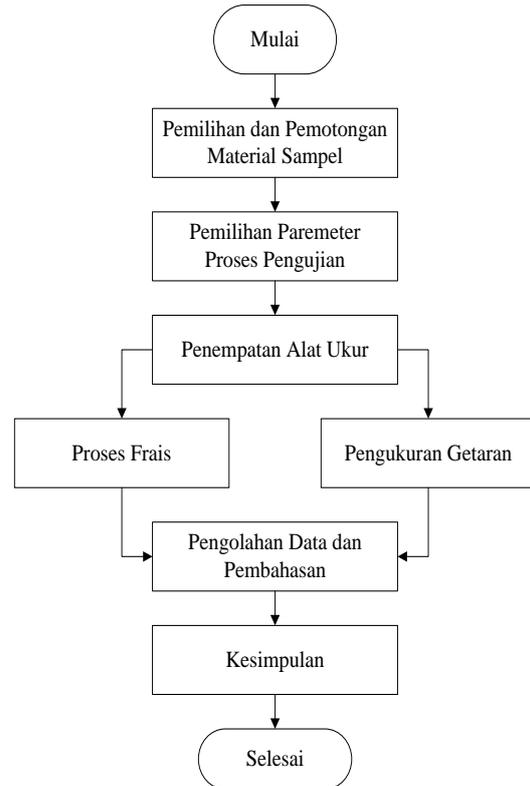
Gambar 3. Cutter Endmill HSS



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

- Pemilihan dan Pematangan 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

- 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 pemesinan yang digunakan adalah kedalaman potong (*depth of cut*),

kecepatan putaran spindle (*spindle speed*) dan kecepatan pemakanan (*feed*) dengan sudut kemiringan spindle adalah 30°, 45° dan 60°.

Parameter kecepatan putaran spindle dibuat bervariasi sedangkan parameter lainnya yaitu kecepatan pemakanan yang digunakan adalah 108 mm/menit dan kedalaman potong yang digunakan adalah 0.5 mm. Sudut kemiringan spindle yang digunakan adalah 30°, 45° dan 60°.

- 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.

- Proses Frais

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

pergerakan meja).

- 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 masing-masing parameter kecepatan pemakanan baik untuk proses *up milling* maupun untuk proses *down milling*.

### III. HASIL PEMBAHASAN

Pengukuran getaran dilakukan pada proses frais menggunakan metode *up milling* dan *down milling*. Pengukuran getaran ini dilakukan sebanyak 2 kali untuk masing-masing kedalaman potong dan nilai yang diambil adalah nilai rata-rata. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1.

No	Sudut	N	Vf	Doc	Up Milling			Down Milling		
					V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Vrata-rata	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Vrata-rata
	t	(rpm)	(m/mnt)	(mm)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)
1	30	148	108	0,5	0,15	0,13	0,14	0,18	0,16	0,17
2	30	288	108	0,5	0,22	0,23	0,23	0,30	0,30	0,30
3	30	388	108	0,5	0,26	0,25	0,26	0,35	0,33	0,34
4	30	535	108	0,5	0,34	0,33	0,34	0,45	0,47	0,46
5	30	720	108	0,5	0,34	0,34	0,34	0,48	0,49	0,49

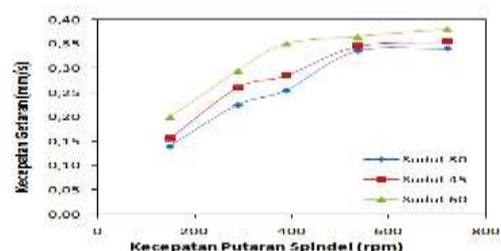
No	Sudut	N	Vf	Doc	Up Milling			Down Milling		
					V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Vrata-rata	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Vrata-rata
	t	(rpm)	(m/mnt)	(mm)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)
1	45	148	108	0,5	0,16	0,15	0,16	0,19	0,17	0,18
2	45	288	108	0,5	0,27	0,25	0,26	0,31	0,32	0,32
3	45	388	108	0,5	0,30	0,27	0,29	0,37	0,36	0,37
4	45	535	108	0,5	0,35	0,34	0,35	0,47	0,46	0,47
5	45	720	108	0,5	0,36	0,35	0,36	0,50	0,49	0,50

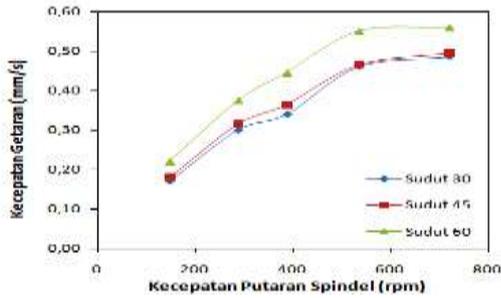
No	Sudut	N	Vf	Doc	Up Milling			Down Milling		
					V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Vrata-rata	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	Vrata-rata
	t	(rpm)	(m/mn t)	(mm)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)
1	60	148	108	0,5	0,20	0,20	0,20	0,21	0,23	0,22
2	60	288	108	0,5	0,30	0,29	0,30	0,37	0,38	0,38
3	60	388	108	0,5	0,35	0,35	0,35	0,43	0,46	0,45
4	60	535	108	0,5	0,37	0,36	0,37	0,56	0,54	0,55
5	60	720	108	0,5	0,36	0,40	0,38	0,56	0,56	0,56

Hasil pengukuran yang terlihat pada tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan spindle, semakin besar pula getaran mesin frais yang terjadi baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*. Begitu pula dengan pengaruh perubahan kecepatan putaran spindle terhadap getaran mesin frais. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan spindle 30°, 45° maupun 60°, perubahan kecepatan putaran spindle 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 sudut kemiringan spindle



Gambar 7. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel vs Kecepatan Getaran (*Up Milling*)



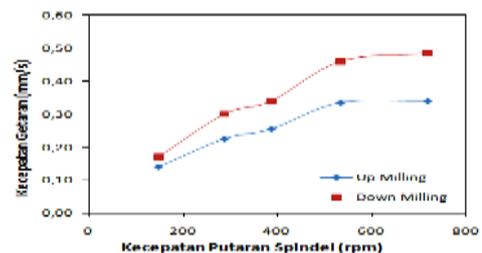
Gambar 8. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel vs Kecepatan Getaran (*Down Milling*)

Gambar 7 dan gambar 8 memperlihatkan hubungan antara kedalaman potong terhadap nilai kecepatan getaran pada proses frais dengan metode *up milling* dan metode *down milling*. Dari grafik terlihat jelas bahwa kecepatan getaran yang terjadi semakin besar seiring dengan semakin besarnya sudut kemiringan spindel yang digunakan. Hal ini terjadi karena pengaruh gaya statis yang terjadi pada 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 pada mesin frais dengan semakin besarnya sudut kemiringan spindel merupakan pengaruh dari besarnya gaya statis yang terjadi pada spindel.

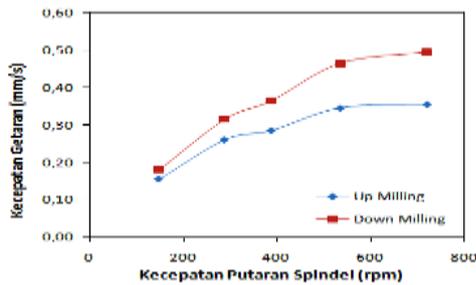
Dari grafik juga terlihat jelas bahwa semakin besar nilai kedalaman potong, maka semakin besar pula nilai kecepatan getaran yang terjadi baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*. Hal ini terjadi karena dengan semakin besar nilai kedalaman potong yang digunakan pada proses frais, maka luas permukaan yang dipotong semakin besar. Hal ini menyebabkan gaya potong yang terjadi pada proses frais semakin besar, sehingga menimbulkan gesekan yang tinggi akibat dari kontak / interaksi yang terjadi pada saat proses pemakanan sehingga mengakibatkan getaran yang terjadi menjadi lebih tinggi. memperlihatkan hubungan antara kecepatan putaran spindel terhadap nilai kecepatan getaran pada proses frais dengan metode *up milling* dan metode *down milling*. Dari grafik terlihat jelas bahwa kecepatan getaran yang terjadi pada proses frais dengan variasi kecepatan putaran spindel semakin besar seiring dengan semakin besarnya sudut pemakanan 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 pemakanan atau semakin besarnya sudut kemiringan spindel merupakan pengaruh dari besarnya gaya statis yang terjadi pada spindel.

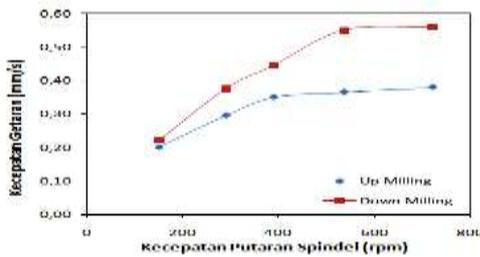
Dari grafik juga terlihat jelas bahwa semakin besar nilai kecepatan putaran spindel, maka semakin besar pula nilai kecepatan getaran yang terjadi. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya (Romiyadi, 2012), dimana pada penelitian tersebut dilakukan proses frais dengan pemakanan mendatar pada mesin yang sama yaitu mesin Frais Universal Knuth UFM 2. Tetapi fenomena ini sungguh sangat berbeda dengan fenomena yang umum terjadi. Pada umumnya kenaikan kecepatan putaran spindel akan mengakibatkan nilai kecepatan getaran yang semakin kecil. Hal itu pernah dilakukan oleh Amelia (2008), Nur Ichlas (2011) pada mesin bubut dan Muas (2008) pada mesin frais CNC Vertikal. Jenis mesin frais yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis mesin frais universal yang bisa berfungsi sebagai mesin frais vertikal dan mesin frais horizontal. Pada penelitian ini mesin frais universal Knuth UFM 2 difungsikan sebagai mesin frais vertikal. Jika dilihat dari konstruksi mesin, mesin frais universal ini menyerupai mesin frais horizontal dimana spindel utamanya sejajar dengan meja dan posisi motor penggerak spindel terletak pada badan mesin bagian belakang. Sedangkan pada mesin frais vertikal, spindel utamanya tegak lurus terhadap meja dan posisi motor penggerak terletak di bagian atas mesin dan terhubung langsung dengan spindel mesin sehingga sistem transmisi penggerak spindel sangat sederhana dan tidak terlalu rumit. Pada mesin frais universal yang difungsikan sebagai mesin frais vertikal, kepala spindel utama mesin frais tersebut yang sejajar dengan meja dilepas dan digantikan dengan kepala spindel yang tegak lurus terhadap meja, sehingga posisi antara motor penggerak dengan kepala spindel terlalu jauh. Oleh karena itu, sistem transmisinya sangat kompleks dan rumit, sehingga pada saat proses pemakanan benda kerja, energi dari motor penggerak banyak yang hilang oleh sistem transmisi dan yang sampai ke spindel tidak begitu besar dan kalah dengan gaya potong yang terjadi pada proses pemakanan benda kerja. Akibatnya getaran yang timbul pada saat proses pemakanan benda kerja tidak bisa diredam secara maksimal oleh gaya dari putaran spindel. Semakin tinggi kecepatan putaran spindel, semakin banyak pula energi yang hilang sehingga semakin tinggi pula getaran terjadi.



Gambar 9. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel vs Kecepatan Getaran (Kemiringan Spindel 30°)



Gambar 10. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel vs Kecepatan Getaran (Kemiringan Spindel 45°)



Gambar 11. Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Spindel vs Kecepatan Getaran (Kemiringan Spindel 60°)

Gambar 9, gambar 10 dan gambar 11 memperlihatkan hubungan antara kecepatan putaran spindel terhadap nilai kecepatan getaran pada proses frais dengan sudut pemakanan 30°, sudut pemakanan 45° dan sudut pemakanan 60°. 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 spindel 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 spindel yang searah dengan pergerakan meja.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian 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* untuk semua sudut kemiringan spindel. Begitu pula dengan pengaruh perubahan kecepatan putaran spindel terhadap getaran mesin frais. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan kecepatan putaran spindel memberikan pengaruh positif terhadap getaran mesin frais

untuk semua sudut kemiringan spindel. 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 dan untuk semua kecepatan putaran spindel.

#### REFERENSI

- Romiyadi, Dwianda, Y., 2012. Pengaruh Parameter Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Getaran Mesin Perkakas Pada Proses Up Milling Dan Down Milling Menggunakan Mesin Frais Universal Knuth UFM 2. *Jurnal Sawit Indonesia*. 2(2):1-5
- Amelia. 2008. Studi Pengaruh Kedalaman Pemakanan Terhadap Getaran Dengan Menggunakan Mesin Bubut Chien Yeh CY 800 Gf. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin-VII*. Bandung.
- Ichlas, N. 2011. Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Getaran Mesin Perkakas. *Jurnal Poli Rekrayasa*. 6(2):112-118
- 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 Multychannel 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 penjuruan 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.