

Pengaruh Parameter Kedalaman Potong Terhadap Getaran Mesin Perkakas Pada Proses Up Milling Dan Down Milling Menggunakan Mesin Frais Universal Knuth UFM 2

ROMIYADI^{1*}

¹Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Kampar
Jl. Tengku Muhammad (KM.2), Bangkinang, 28461
*Email : romiyadi@poltek-kampar.ac.id

Abstrak

Pada proses pemesinan menggunakan mesin frais, parameter proses pemesinan yang dapat diatur adalah kecepatan putaran spindel (*spindle speed*), kecepatan pemakanan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Perubahan kecepatan putaran spindel, kecepatan pemakanan, dan kedalaman potong pada proses frais akan mengakibatkan terjadinya perubahan getaran pada mesin frais. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter pemesinan khususnya kedalaman potong terhadap getaran pemesinan yang terjadi pada mesin frais pada proses *up milling* dan *down milling* dengan pergerakan meja arah horizontal (sumbu x) dan arah radial (sumbu y). Pengujian ini menggunakan Mesin Frais Universal Knuth UFM 2. Pada pengujian ini dilakukan variasi terhadap kedalaman potong, sedangkan parameter lainnya yaitu kecepatan putaran spindel dan kecepatan pemakanan dibuat konstan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan kedalaman potong akan memberikan pengaruh positif terhadap getaran mesin frais baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling* untuk pergerakan meja arah horizontal maupun arah radial. Untuk kedalaman potong yang sama, nilai getaran pada proses *down milling* lebih besar dibandingkan pada proses *up milling*. Sementara getaran yang terjadi pada pergerakan meja arah horizontal lebih besar dari pada getaran pada arah radial baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*

Keywords: Getaran Pemesinan, Kedalaman potong, Up milling, Down milling

Pendahuluan

Proses produksi pembuatan suatu produk manufaktur yang ada didunia hampir seluruhnya memerlukan proses pemesinan (Gandjar et al, 2007). Proses pemesinan adalah suatu proses manufaktur dimana proses utamanya adalah melepaskan / 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 (Jaya Suteja et al, 2008). 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 (*depth of cut*), kecepatan pemakanan (*feed*), gerak makan pergi (chip load) dan waktu pemotongan. Besar kecepatan putaran spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman potong pada mesin frais dapat dipilih sesuai dengan yang tertera pada mesin frais. Pengaturan besar kecepatan putaran dan kedalaman potong tergantung dari pengetahuan dan pengalaman dalam mengoperasikan mesin perkakas (Hernadewita et al, 2006).

Perubahan kecepatan putaran spindel, kecepatan pemakanan, dan kedalaman potong pada proses frais akan menyebabkan terjadinya perubahan kekasaran permukaan produk yang dihasilkan. Kekasaran produk yang terjadi diakibatkan oleh adanya getaran yang timbul pada mesin pada saat mesin itu beroperasi (Hernadewita et al, 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.

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 perkaks 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 (power) mesin.

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Vibration Velocity Vrms	Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation
	in/s	mm/s			
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

Metode Penelitian

Proses pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2012 di Workshop Politeknik Kampar. Fasilitas utama yang digunakan adalah Mesin Frais Universal Knuth UFM 2, *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. Digital Vibration Tester Meter Phase II DVM 1000.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- **Pemilihan dan Pemotongan Material Sampel**

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah material Baja Lunak (*Mild Steel*) dengan nilai kekerasan HRC 69 dan nilai kekuatan tarik (*Tensile Strength*) 400 Nmm⁻². Material berbentuk persegi dengan ukuran 50 mm x 50 mm. Material sampel tersebut dipotong sepanjang 80 mm.

- **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 spindel (*spindle speed*) dan kecepatan pemakanan

(*feed*). Parameter kedalaman potong dibuat bervariasi sedangkan parameter lainnya yaitu kecepatan putaran spindel dan kecepatan pemakanan dibuat konstan. Nilai kedalaman potong yang digunakan adalah 0.50 mm, 0.75 mm, 1.00 mm, 1.25 mm dan 1.50 mm. Sedangkan nilai kecepatan putaran spindel yang digunakan adalah 388 rpm dan nilai kecepatan pemakanan yang digunakan adalah 108 mm.min⁻¹.

- **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 spindel berlawanan dengan pergerakan meja) dan *down milling* (putaran spindel searah dengan pergerakan meja). Arah pergerakan meja yang digunakan adalah arah horizontal (sumbu x) dan arah radial (sumbu y)

- **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 kedalaman potong baik untuk proses *up milling* maupun untuk proses *down milling*.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran getaran dilakukan pada proses frais menggunakan metode *up milling* dan *down milling* pada pergerakan meja arah horizontal (sumbu x) dan arah radial (sumbu y). 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 dan tabel 2 dibawah ini.

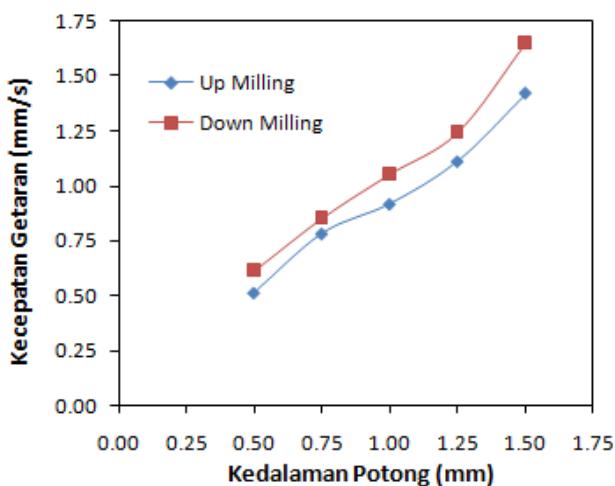
Tabel. 1 Hasil Pengukuran Getaran Arah Horizontal (Sumbu X)

No	N (rpm)	Vf (mm.min ⁻¹)	DOC (mm)	Up Milling			Down Milling		
				V1 (mm.s ⁻¹)	V2 (mm.s ⁻¹)	Vrata-rata (mm.s ⁻¹)	V1 (mm.s ⁻¹)	V2 (mm.s ⁻¹)	Vrata-rata (mm.s ⁻¹)
1	388	108	0.50	0.50	0.53	0.52	0.57	0.66	0.62
2	388	108	0.75	0.77	0.80	0.79	0.82	0.89	0.86
3	388	108	1.00	0.91	0.93	0.92	1.05	1.06	1.06
4	388	108	1.25	1.09	1.14	1.12	1.26	1.23	1.25
5	388	108	1.50	1.31	1.53	1.42	1.44	1.86	1.65

Tabel. 2 Hasil Pengukuran Getaran Arah Radial (Sumbu Y)

No	N (rpm)	Vf (mm.min ⁻¹)	DOC (mm)	Up Milling			Down Milling		
				V1 (mm.s ⁻¹)	V2 (mm.s ⁻¹)	Vrata-rata (mm.s ⁻¹)	V1 (mm.s ⁻¹)	V2 (mm.s ⁻¹)	Vrata-rata (mm.s ⁻¹)
1	388	108	0.50	0.43	0.44	0.44	0.45	0.47	0.46
2	388	108	0.75	0.59	0.56	0.58	0.56	0.62	0.59
3	388	108	1.00	0.63	0.66	0.65	0.69	0.74	0.72
4	388	108	1.25	0.82	0.77	0.80	0.84	0.84	0.84
5	388	108	1.50	0.84	0.85	0.85	0.85	0.92	0.89

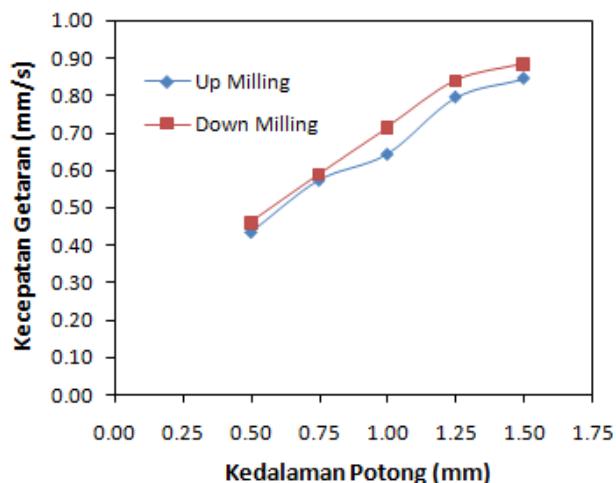
Dari hasil pengukuran yang terlihat pada tabel 1 dan 2, menunjukkan bahwa perubahan kedalaman potong pada proses *up milling* dan proses *down milling* berpengaruh positif terhadap getaran yang terjadi. Semakin besar kedalaman potong yang digunakan, maka semakin besar pula getaran yang terjadi.



Gambar 4. Grafik Kedalaman Potong Vs Kecepatan Getaran (Arah X)

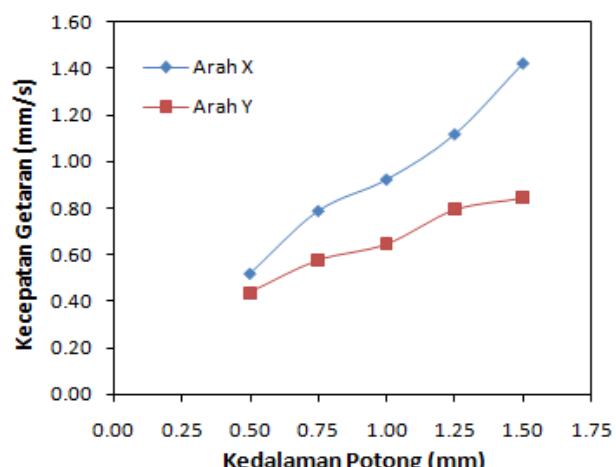
Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara kedalaman potong terhadap nilai amplitudo kecepatan getaran pada proses frais dengan pergerakan meja arah horizontal (arah x). Dari grafik terlihat bahwa semakin besar nilai kedalaman potong, maka semakin besar pula nilai kecepatan getaran yang terjadi. Hal ini terjadi karena dengan semakin besar kedalaman potong yang digunakan pada proses frais menyebabkan gaya potong yang terjadi pada proses frais semakin besar, sehingga menimbulkan gesekan yang tinggi akibat dari kontak / interaksi yang terjadi pada saat proses penyayatan benda kerja dengan kedalaman potong yang besar dan mengakibatkan getaran yang terjadi menjadi lebih tinggi. Sementara itu, nilai amplitudo kecepatan getaran pada proses *down milling* lebih tinggi dari pada nilai amplitudo kecepatan getaran 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 membuat pemakanan yang terjadi selalu disaingi dengan laju pemakanan, sehingga menghasilkan gerak 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.



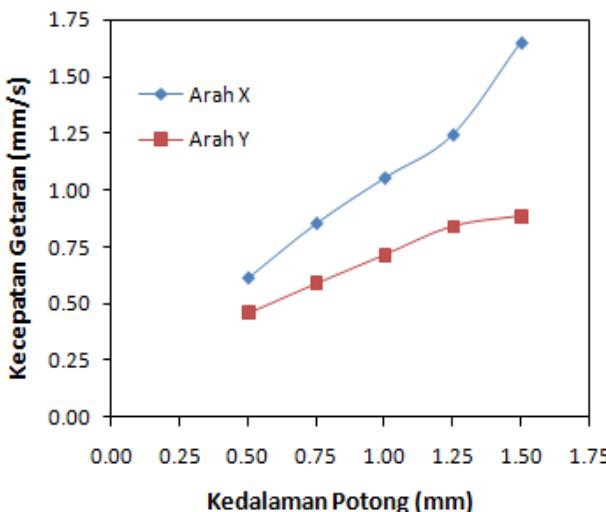
Gambar 5. Grafik Kedalaman Potong Vs Kecepatan Getaran (Arah Y)

Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara kedalaman potong terhadap nilai amplitudo kecepatan getaran pada proses frais dengan pergerakan meja arah radial (arah y). Pada pergerakan arah radial ini, hubungan yang terjadi sama dengan hubungan pada pergerakan meja arah horizontal, dimana semakin besar nilai kedalaman potong, maka semakin besar pula nilai kecepatan getaran yang terjadi baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*.



Gambar 6. Grafik Kedalaman Potong Vs Kecepatan Getaran (Up Milling)

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara kedalaman potong terhadap nilai amplitudo kecepatan getaran pada proses frais dengan menggunakan metode *up milling*. Pada kasus ini, pergerakan meja arah horizontal (arah x), mempunyai nilai amplitudo kecepatan getaran yang lebih tinggi bahkan sangat tinggi / dominan dibandingkan dengan nilai amplitudo kecepatan getaran pada pergerakan meja arah radial (arah y). Hal ini terjadi karena adanya pengaruh lengan meja yang panjang yang searah dengan pergerakan meja arah horizontal, sehingga pada saat pergerakan meja arah horizontal, meja mesin ikut bergetar karena tingkat kekakuan meja yang kurang akibat posisi lengan meja yang searah dengan pergerakan meja. Sedangkan pada pergerakan meja arah radial getaran yang terjadi lebih kecil karena pada pergerakan meja arah radial, meja lebih stabil dan lebih kaku karena posisi meja tegak lurus terhadap pergerakan meja.



Gambar 7. Grafik Kedalaman Potong Vs Kecepatan Getaran (Down Milling)

Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara kedalaman potong terhadap nilai amplitudo kecepatan getaran pada proses frais dengan menggunakan metode *down milling*. Pada kasus ini, hubungan yang terjadi sama dengan hubungan yang terjadi pada proses frais menggunakan metode *up milling* dimana semakin besar nilai kedalaman potong, maka semakin besar pula nilai kecepatan getaran yang terjadi baik pada pergerakan meja arah horizontal (arah x) maupun pada pergerakan meja arah radial (arah y).

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan kedalaman potong akan memberikan pengaruh positif terhadap getaran mesin frais baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling* untuk pergerakan meja arah horizontal maupun arah radial. Untuk kedalaman potong yang

sama, nilai getaran pada proses *down milling* lebih besar dibandingkan pada proses *up milling*. Sementara getaran yang terjadi pada pergerakan meja arah horizontal lebih besar dari pada getaran yang terjadi pada arah radial baik pada proses *up milling* maupun pada proses *down milling*.

Referensi

Amelia. Studi Pengaruh Kedalaman Pemakanan Terhadap Getaran Dengan Menggunakan Mesin Bubut Chien Yeh CY 800 Gf. Proseding Seminar Nasional Teknik Mesin-VII : Bandung. Institut Teknologi Nasional-Bandung (2008)

Ichlas, N. Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Getaran Mesin Perkakas. Jurnal Poli Rekayasa, Vol. 6(2):112-118 (2011)

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

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

Pudji, I. Aditya, S.N. Muhamad K.I. Analisis Getaran Pada Generator Magnet Permanen 1 KW Hasil Rancang Bangun Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik. Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology, Vol. 1(1):19-26 (2010)

Arko, D. Arsi, A. Rusman, R. Erikson, S. Monitoring Vibration Of A Model Of Rotating Machine. Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology. Vol. 2(1):52-56 (2011)

Ahmad Yusran, A. Analisis Spektrum Getaran Pada Kerusakan Bantalan Rol Dengan Variasi Pembebanan. Proseding Seminar Nasional Teknik Mesin-IX : Palembang. Universitas Sriwijaya (2010)

Gandjar, K. Danardono, A.S. Slamet, W. Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kualitas Permukaan Baja DF-3 (AISI 01) Yang Dikeraskan. Jurnal Teknologi, Vol. 3:185-192 (2005)

Alfatih, H. Studi Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Up Dan Down Milling Dengan Pendekatan Vertical Milling. Jurnal Media Mesin, Vol. 11(1):37-42 (2010)

Zulhendri. Gandjar, K. Yazmendra, R. Pengaruh Tipe pahat dan Arah Pemakanan Permukaan Berkontur

Pada Pemesinan Milling Awal Dan akhir Terhadap Kekasaran Permukaan. Jurnal Teknik Mesin. Vol, 4(1):15-22 (2007)

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

Vorasri, M. Jirapattarasilp, K. Kaewkuekool, K. The Effect of High-speed Milling on Surface Roughness of Hardened Tool Steel. World Academy of Science, Engineering and Technology. Vol, 59:469-472 (2011)

Krar, S.F. Gill, A. R. Smid, P. Technology Of Machine Tools, 6th Edition. Mc Graw Hill Companies, Inc (2005)

Kalpakjian, S. Steven, R.. Schmid. Manufacturing, Engineering And Technology, 5th Edition. Pearson Education, Inc (2005)

Taufiq Rochim. Teori & Teknologi Proses Pemesinan. Bandung : Proyek HEDS (1993)

Taufiq Rochim. Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan, Buku 1. Penerbit ITB. Bandung (2007)

Rakhit, A.K. Machine Tool Vibration : Its Effect on Manufactured Surfaces. Proceeding of the fourth Canadian Congress of Applied Mechanics, 463-464. (2007)

Anonim. Vibrasi's Blog : Sedikit Pengetahuan Tentang Vibrasi. Diakses 10 Juni 2012 dari <http://vibrasi.wordpress.com> (2009)

Anonim. Used Vibration. Diakses 18 Juli 2012 dari <http://usedvibration.com> (2008)

Anonim Metal Cutting Processes 2-Milling. Diakses 10 Juni 2012 dari <http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/handout.htm> : Hong Kong Polytechnic University (2007)

Anonim. Engineers Handdbok : Reference Tables – Hardness Conversion Table – Brinell, Rockwell. Diakses 25 Juni 2012 dari <http://engineershandbook.com> (2006)

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

[Knuth Machine Tools, Inc]. UFM 2 : Operating Instruction. Knuth Machine Tools, Inc.