

Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Getaran Mesin Frais Pada Proses Pemakanan Dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja

Siti Nurul Fitriana^a, Hendri Suryanto^{b*}

^aSekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Jl. Kampus Ronggolawe No.1, Mentul Indah, Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315

*E-mail : hendrie_s@yahoo.com

Tentang naskah:

-di terima, 30 Apr 2021
-direview, 30 Apr 2021
-diterbitkan, 30 Apr 2021

Kata kunci:

Getaran mesin,
Kekasaran permukaan,
Mesin frais, Kecepatan
putaran spindel

Intisari

Proses pemesinan menggunakan mesin frais merupakan proses pemesinan yang banyak digunakan dalam pembuatan suatu produk, namun setiap produk yang telah mengalami proses pemesinan menggunakan mesin frais akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan produk yang berbeda seperti permukaan yang halus atau kasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi kecepatan putaran spindel terhadap kekasaran dan getaran yang dihasilkan, serta mengetahui kecepatan putaran spindel yang optimal agar mendapatkan nilai kekasaran permukaan produk yang kecil pada proses pemesinan frais. Penelitian ini menggunakan material baja SS400. Menggunakan mesin frais universal KNEE-TYPE 57-3C dengan pahat *flat end mill 4 flutes*. Penyayatan *end milling surface* dengan gerak pemakanan *up cut milling*. Variasi kecepatan putaran spindel 178, 310 dan 570 rpm. Kedalaman pemakanan 0,5 mm dan kecepatan pemakanan sebesar 10,5 mm/min pada mesin frais universal. Dari hasil penelitian diperoleh getaran terbesar yaitu 6,3 mm/s terjadi pada kecepatan putaran spindel 570 rpm dengan kecepatan pemakanan 10,5 mm/min. Sedangkan kekasaran permukaan terendah yaitu 1,907 μm terjadi pada kecepatan putaran spindel 178 rpm dengan kecepatan pemakanan 10,5 mm/min.

Abstract

The machining process using a milling machine is a machining process that is widely used in the manufacture of a product, however, each product that has undergone a machining process using a milling machine will produce a different product surface roughness value such as a smooth or rough surface. This study aims to determine the effect of variations in spindle rotation speed on the resulting vibration and the resulting vibration, as well as the optimal spindle rotation speed so that the roughness value on the product surface is small in the milling process. This research uses SS400 steel material. Using KNEE-TYPE 57-3C universal milling machine with 4 flutes flat end mill chisel. End milling surface incision with up cut milling infeed motion. Variation of spindle rotation speed of 178, 310 and 570 rpm. The depth of feed is 0.5 mm and the speed of feeding is 10.5 mm/min in the universal milling machine. From the results of the research, the largest vibration was 6.3 mm/s at a spindle rotation speed of 570 rpm with an infeeding speed of 10.5 mm/minute. While the lowest surface roughness is 1.907 μm occurs at a spindle rotation speed of 178 rpm with an infeeding speed of 10.5 mm/minute.

Keyword:

Machine vibration,
Surface roughness,
Milling machine, Spindle
rotation speed

1. Pendahuluan

Proses pemesinan merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengubah bentuk suatu benda kerja dengan cara membuang sebagian material dari benda kerja agar menjadi produk yang diinginkan dengan menggunakan mesin perkakas. Salah satu proses pemesinan menggunakan mesin perkakas adalah proses pemesinan yang menggunakan mesin frais.

Proses pemesinan menggunakan mesin frais merupakan proses pemesinan yang banyak digunakan dalam pembuatan suatu produk, namun setiap produk yang

telah mengalami proses pemesinan menggunakan mesin frais akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan produk yang berbeda seperti permukaan yang halus atau kasar. Selain itu kekasaran permukaan juga merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas dari produk yang dihasilkan, semakin kecil nilai kekasaran permukaan suatu produk maka semakin baik kualitasnya dan semakin besar nilai kekasaran permukaan suatu produk maka sebaik buruk kualitasnya (Cahyono et al., 2017).

2. Kerangka Teori

2.1. Proses Frais

Pengerjaan proses pemesian dengan mesin frais merupakan proses pemotongan benda kerja yang sangat efektif, karena pisau frais memiliki sisi potong jamak. Jika dibandingkan dengan pisau bubut, maka pisau frais analog dengan beberapa buah pisau bubut lebih efisien.

Kecepatan putaran spindel (*spindle speed*) ditentukan berdasarkan kecepatan potong (Rahdiyanta, 2010:8). Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang dipertimbangkan antara lain jenis bahan yang akan dikerjakan, jenis pahat, diameter pisau, dan hasil kehalusan permukaan yang diinginkan. "Kecepatan potong (V_c) adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik dalam satuan meter pada selubung pisau dalam waktu satu menit" (Widarto, 2008a:196).

Selain istilah kecepatan potong, terdapat juga istilah kecepatan pemakanan (*feed rate*). Sumbodo (2008: 304) berpendapat bahwa "yang dimaksud dengan kecepatan pemakanan adalah jarak tempuh gerak maju benda kerja dalam satuan milimeter permenit atau *feed* permenit". Hal ini menyatakan bahwa kecepatan pemakanan berbeda dengan kecepatan potong. Kecepatan potong disimbolkan dengan V_c lebih menekankan kepada istilah kecepatan potong yang diijinkan atau distandarkan yang sudah ditetapkan dalam tabel untuk masing-masing jenis bahan. Kecepatan potong yang diijinkan (V_c) digunakan untuk menentukan rpm atau kecepatan putaran mesin. Sedangkan hantaran atau *feed rate* (V_f) lebih menekankan pada pengertian kecepatan laju pemakanan meja frais pada saat melakukan proses penyayatan benda kerja.

Tebal pemakanan dapat disebut juga dengan kedalaman potong. Menurut Rahdiyanta (2010:8) kedalaman potong ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Tebal pemakanan dapat dipilih berdasarkan bahan benda kerja, pisau yang digunakan, mesin, sistem pencekaman, dan kecepatan potong.

2.2. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesian. Munadi (1988: 305)

menjelaskan bahwa permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pahat atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pahat ketika proses pembuatannya. Oleh karena itu, dalam perencanaan serta pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin dan parameter pemesian yang digunakan untuk proses pembuatannya serta berapa biaya yang harus dikeluarkan.

2.3. Getaran

Vibrasi atau getaran adalah gerak bolak balik suatu benda terhadap posisi stasionernya (Arista, 2012). Getaran dapat berupa benturan yang berulang secara kontinyu atau dengan kata lain dapat juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak. Getaran mesin dapat disebabkan oleh adanya variasi oleh sistem penggerak menjadi gaya yang memiliki resultan tidak sama dengan nol atau resultan gaya dengan harga yang berubah-ubah. Kalau semua gaya tersebut mempunyai harga dan arah yang dapat dihitung secara tepat dan akurat maka keseimbangan mesin tersebut akan terjadi sehingga mesin tidak menimbulkan getaran. Kenyataannya, gaya di dalam sebuah mesin selalu berubah, baik harga maupun arahnya, belum lagi ditambah gaya luar sebagai gangguan misalnya dari efek inersia (Karyasa, 2011).

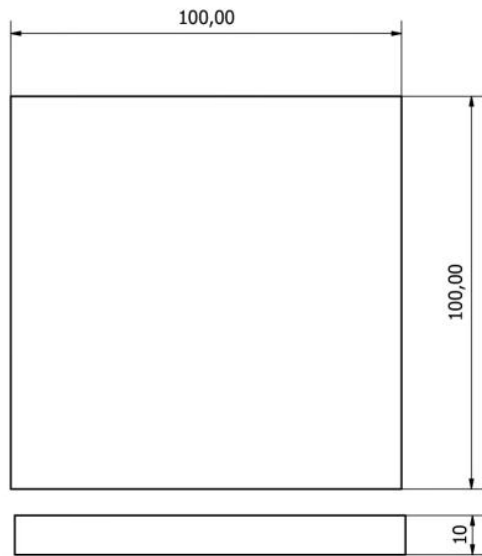
3. Metodologi

Tempat pembuatan spesimen dan proses pemesian frais dilakukan di Workshop Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, tempat pengujian kekasaran dilakukan di Laboratorium Training Centre Universitas Diponegoro Semarang. Sedangkan material yang diteliti pada penelitian ini adalah Baja SS400.

Tahap pembuatan spesimen pengujian meliputi pemotongan spesimen yaitu baja karbon rendah jenis SS400. Langkah – langkah yang dikerjakan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat potong yang digunakan yaitu mesin gergaji besi.
2. Menyiapkan alat ukur jangka sorong dan penggores untuk menandai.
3. Mengukur spesimen uji yaitu baja karbon rendah jenis SS400 dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 70 mm dan tebal 16 mm.

4. Memotong spesimen uji yang sudah diukur dan ditandai dengan penggores dengan gergaji besi.
5. Menghaluskan sisi spesimen uji yang telah dipotong menggunakan gerinda.



Gambar 1. Spesimen Uji

3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan kecepatan potong dan putaran spindle.

Tabel 2. Kecepatan potong untuk beberapa jenis bahan (Sumbodo, 2008)

Bahan	Cutter HSS (m/min)		Cutter Karbida (m/min)	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja Perkakas	75 - 100	25 - 45	185 - 230	110 - 140
Baja Karbon Rendah	70 - 90	25 - 40	170 - 215	90 - 120
Baja karbon Menengah	60 - 85	20 - 40	140 - 185	75 - 110
Besi Cor Kelabu	40 - 45	25 - 30	110 - 140	60 - 75
Kuningan	85 - 110	45 - 70	185 - 215	120 - 150
Aluminium	70 - 110	30 - 45	140 - 215	60 - 90

Berdasarkan Tabel 2. diatas, bahan baja karbon rendah untuk *cutter* HSS pada pengerjaan kasar kecepatan potong (V_c) sebesar 25-40 m/min. Menentukan kecepatan putaran spindle dengan rumus :

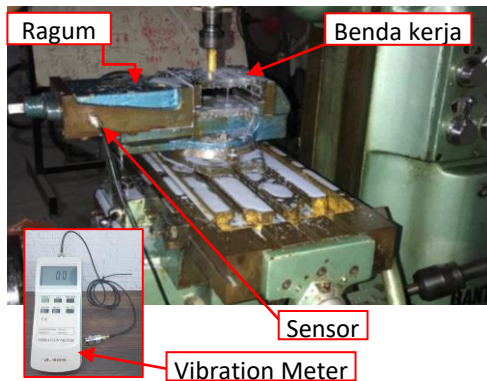
$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \quad (1)$$

Untuk diameter *cutter* $d = 16$ mm, $V_c = 25$ m/min, maka $n = 498$ rpm, untuk $V_c = 40$ m/min, maka $n = 796$ rpm. Menyesuaikan dengan kapasitas mesin frais di workshop STTR cepu maka digunakan variasi kecepatan putaran spindle sebesar 570 rpm, 310 rpm dan 178 rpm. Berdasarkan penentuan putaran spindle yang telah ditentukan, digunakan untuk mencari kecepatan pemakanan (*Feed Rate*) dengan rumus sebagai berikut.

$$V_f = n \times f_z \times z \quad (2)$$

Dalam penelitian ini *cutter* yang digunakan mempunyai jumlah gigi $f_z = 4$. Dengan menggunakan Tabel gerak makan (*feed*) pergigi yang disarankan untuk pahat HSS (Widarto et al, 2008: 216) diperoleh gerak makan pergigi $f_z = 0,004$ untuk jenis *cutter end mill*. Untuk putaran spindle 570 rpm diperoleh $V_f = 9,12$ mm/menit. Untuk mesin frais yang digunakan dalam penelitian ini maka V_f dipilih 10,5 mm/menit.

2. Memasang pisau frais jari (*End Mill Cutter*) pada mesin frais.
3. Mencekam spesimen uji pada ragum mesin frais.
4. Menyayat pada bagian permukaan benda kerja dengan kedalaman 0,1 mm untuk meratakan atau mencari titik awal penyayatan spesimen yang akan diukur.
5. Setting 0 kedudukan pahat dan spesimen uji dengan menggerakkan eretan mesin.
6. Setting mesin sesuai dengan parameter yang telah ditentukan yaitu *feed rate* 10,5 mm/menit, kedalaman pemakanan 0,5 mm dan putaran spindle 570 rpm.
7. Menyiapkan *Vibration Meter* LUTRON VB-8201HA.
8. Tempatkan sensor *Vibration Meter* pada ragum mesin frais (Gambar 2.).
9. Untuk pengukuran kecepatan pilih VEL (dari buku panduan petunjuk alat : untuk industri menggunakan Velocity) dan pilih RMS.



Gambar 2. Penempatan sensor *Vibration Meter*

10. Siapkan pensil dan tabel untuk mencatat hasil getaran.
11. Siapkan cairan pendingin dromus untuk mendinginkan pahat dan benda kerja.
12. Ulangi langkah 1 s/d 9 dengan memvariasikan kecepatan putaran spindel (n) sebesar 310 rpm dan 178 rpm.

3.2 Pengukuran Getaran Proses Pemesinan Frais

Langkah pengujian getaran mesin frais sekaligus langkah pemesinan dengan tahap sebagai berikut:

1. Setting otomatis eretan memanjang (sumbu X) untuk menggerakkan meja mesin frais berlawanan dengan putaran spindel (metode *up milling*) untuk melakukan proses pemakanan.
2. Nyalakan mesin frais dengan menekan tombol power.
3. Tekan tombol *Record* pada *Vibration Meter* LUTRON VB-8201HA saat pahat sudah menyentuh benda kerja untuk mulai melakukan perekaman hasil pengukuran getaran mesin frais yang timbul akibat proses pemakanan.
4. Amati getaran yang terjadi dan selalu memberikan cairan pendingin agar pahat tidak panas. Proses ini dilakukan oleh 2 orang operator, dimana salah satu operator mengoperasikan mesin dan operator lain mengamati pengukuran getaran pada layar *vibration meter*.
5. Matikan mesin frais setelah proses frais selesai. Tekan tombol *recall* untuk mengetahui hasil nilai minimal dan maximal pengukuran getaran, kemudian catatlah hasil pengukuran tadi.
6. Ulangi langkah 1 s/d 5 untuk pengujian spesimen berikutnya dengan

parameter kecepatan putaran spindel 310 rpm dan 178 rpm.



Gambar 3. Proses Pemesinan Frais

3.3 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Setelah spesimen uji dibuat pada proses pemesinan kemudian diukur kekasaran permukaannya untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kecepatan putaran spindel terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan. Langkah yang harus dilakukan yaitu:

1. Persiapkan alat ukur kekasaran permukaan.
2. Beri tanda panjang sampel yang akan diukur disetiap spesimen uji.
3. Kalibrasi alat uji.
 - Siapkan precision roughness specimen dan calibration stage.
 - Buka menu Calibration Measurement.

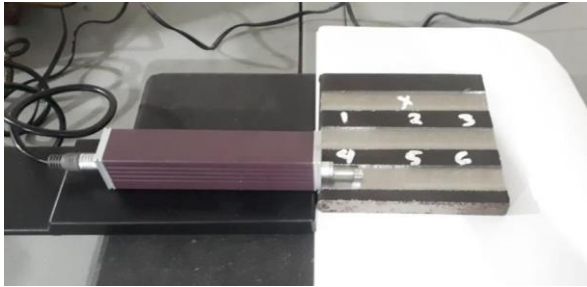


Gambar 4. *Calibration stage* (Laboratorium Metrologi Industri Undip)

- Masukkan nilai awal precision roughness specimen ke SJ-210.
- Tempatkan SJ-210 pada calibration stage dengan benar.
- Tekan tombol [START/STOP], kemudian akan muncul Measurement Waveform Display.
- Setelah stylus berhenti bergerak dan hasil kalibrasi muncul, hasil akan terbaca. Jika nilai yang didapatkan

$\pm 0,009 \mu\text{m}$ dari nilai awal, tekan tombol [RED] (Update). Namun jika berbeda, ganti titik pengukuran dan ulangi langkah 5 hingga nilai yang didapatkan sesuai.

4. Letakan alat uji dengan ketinggian yang sama dengan spesimen uji.
5. Kemudian tekan tombol START.
6. Catat pada tabel hasil yang tertera pada *Surface Roughness Tester*.
7. Lakukan cara yang sama untuk spesimen uji berikutnya.

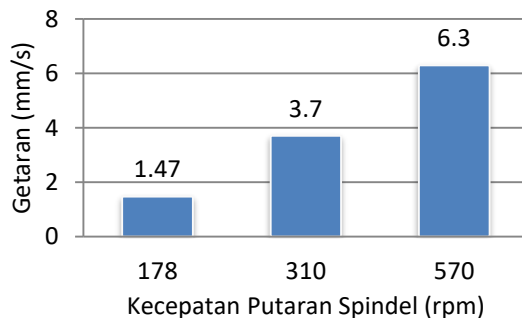


Gambar 5. Pengujian Kekasaran Permukaan (Sumber : Laboratorium Training Centre Universitas Diponegoro Semarang)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengukuran Getaran

Hasil pengukuran getaran disajikan pada grafik Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Getaran

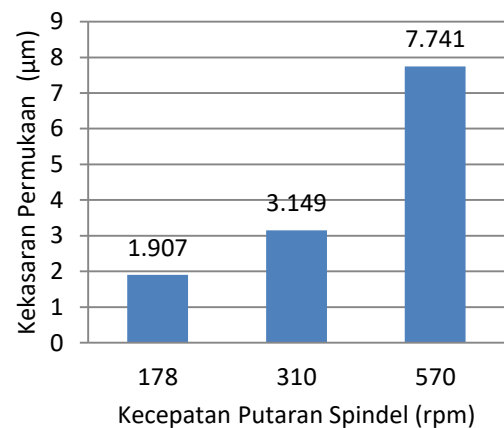
Pada diagram diatas menunjukkan pada kecepatan putaran spindel 178 rpm memiliki kecepatan getaran sebesar 1,47 mm/s. Pada kecepatan putaran spindel 310 rpm memiliki kecepatan getaran sebesar 3,7 mm/s. Pada kecepatan putaran spindel 570 rpm memiliki kecepatan getaran sebesar 6,3 mm/s.

Dari hasil pengukuran yang terlihat menunjukkan bahwa perubahan kecepatan putaran spindel pada *face milling* berpengaruh terhadap getaran

yang terjadi. Semakin besar kecepatan putaran spindel yang digunakan, maka semakin besar pula getaran yang terjadi. Hal tersebut dikarenakan gaya potong yang terjadi pada proses frais semakin besar, sehingga menimbulkan gesekan yang tinggi akibat dari interaksi yang terjadi pada saat proses pemakanan. Berdasarkan Gambar 2.7 diagram level getaran mesin per ISO 10816, getaran yang dihasilkan dari pengukuran ini sebesar 1,47 s/d 6,3 mm/s menunjukkan bahwa mesin dalam kondisi yang diizinkan beroperasi untuk waktu terbatas.

4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Hasil pengukuran kekasaran permukaan disajikan pada grafik Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Diagram Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan

Pada gambar diatas menunjukkan pada kecepatan putaran spindel 178 rpm memiliki nilai kekasaran permukaan Ra sebesar 1,907 μm . Pada kecepatan putaran spindel 310 rpm memiliki nilai kekasaran Ra sebesar 3,149 μm . Pada kecepatan putaran spindel 570 rpm memiliki kekasaran Ra sebesar 7,741 μm .

Dari hasil pengukuran yang terlihat menunjukkan bahwa perubahan kecepatan putaran spindel pada *face milling* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan yang terjadi. Semakin besar kecepatan putaran spindel yang digunakan, maka semakin besar pula kekasaran permukaan yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan gaya potong yang terjadi pada mesin frais semakin

besar, sehingga kekasaran permukaan meningkat.

5. Simpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan data-data hasil penelitian, maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa pengaruh variasi kecepatan putaran spindle pada proses *face milling* terhadap getaran dan kekasaran permukaan baja SS400 adalah sebagai berikut :

1. Semakin besar kecepatan putaran spindle semakin besar getaran yang dihasilkan saat proses penyayatan
2. Semakin tinggi putaran spindle, maka tingkat/nilai kekasaran permukaan akan semakin besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak workshop Jurusan Teknik Mesin STT Ronggolawe Cepu dan segenap pihak terkait sehingga penelitian Tugas Akhir ini bisa diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Abbas, H. et al., (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) & Lomba Rancang Bangun Mesin* Universitas Lampung.
- Cahyono, A.H, et al., (2017) 'Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel dan Kedalaman Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan Stainless Steel AISI 304 pada Proses Frais Konvensional dengan Metode Taguchi'
- Ghozali, M. (2016) 'Analisis Putaran Spindel, Kecepatan Pemakanan Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Getaran Benda Kerja Proses Milling CNC'
- Yudistira M.T., dkk. (2014) 'Pengaruh Parameter Pemotongan Menggunakan Pahat End Mill Pada Proses Climb Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon Rendah' *Jurnal Teknik Mesin*, Universitas Brawijaya Malang.
- Mujiono, (2016) 'Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel dan Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 pada Proses End Milling Surface'
- Rahdiyanta, D. (2010) *Buku 3 Proses Frais (Milling)*. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Seprianto, D., & Rizal, S. (2009) 'Analisa Pengaruh Perubahan Ketebalan Pemakanan, Kecepatan Putar Mesin, Kecepatan Pemakanan (Feeding) Frais Horizontal Terhadap Kekasaran Permukaan Logam', *Jurnal Austenit*, 1, 1-6.
- Seprianto, Dicky, and Syamsul Rizal. (2009) 'Analisa Pengaruh Perubahan Ketebalan Pemakanan, Kecepatan Putar pada Mesin, Kecepatan Pemakanan (Feeding) Frais Horizontal Terhadap Kekasaran Permukaan Logam', *AUSTENIT* 1.01.
- Sumbodo, W. et al. (2008) *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.
- Widarto, dkk. (2008) *Teknik Permesinan*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Zulhendri, Kiswanto. "G., dan Rosa, Y., (2007) 'Pengaruh Tipe Pahat Dan Arah Pemakanan Permukaan Berkontur pada Pemesinan Milling Awal dan Akhir Terhadap Kekasaran Permukaan', *Jurnal Teknik Mesin* 4.1 (2007).