

DETEKSI KEAUSAN PAHAT END MILL MESIN FREIS MENGGUNAKAN SINYAL SUARA

Yogi K Limbong¹, Feblil Huda²

Laboratorium Konstruksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia
¹yogi.kharisma4751@student.unri.ac.id, ²feblil.huda@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

Wear is the loss of material from the surface of solid objects as a result of mechanical motion. The type of wear that can occur on a machine tool are flank wear and crater wear. Flank wear that occurs on a tool in this case the milling machine can make improper workmanship, damage to the machine, endanger the machine operator, and will cause a decrease in productivity. Observation of the tool condition when not working can be done by measuring using a microscope or measuring the volume of the tool, but this measurement will also reduce the level of production. A system to observe the condition of the tool and detect damage that occurs to the tool and to the working machine is needed to avoid losses that can be caused by tool wear. This system use a microphone as a sensor for the sound signals generated when the engine is working. The signal obtained by the microphone in analog data form is forwarded to the sound card to be converted into digital data. The sound signals were processed by FFT to transfer time domain to frequency domain. The value of magnitude obtained in cutting process with roughing parameters were -40.06 dB at the 1st cut and -37.57 dB at the 33rd cut. magnitude that obtained in cutting process with finishing parameters were -41.51 dB at the 1st cut and -33.98 dB at the 21st cut.

Keywords : Milling, Flank Wear, Sound Signal, Fast Fourier Transform, Spectrogram

1. Pendahuluan

Dalam dunia industri manufaktur, suatu produk harus mengalami proses pengerjaan agar dapat dipasarkan. Salah satu proses yang dilakukan adalah proses pemotongan menggunakan mesin perkakas. Dalam proses pemotongan, akibat deformasi plastis, abrasi, difusi, reaksi termal, dan reaksi kimia, akan mengakibatkan pahat potong secara bertahap mengalami keausan [1]. Keausan pada pahat potong akan mempengaruhi proses dan hasil dari pengerjaan. Keausan pahat potong dapat mengakibatkan berkurangnya kualitas permukaan serta hasil yang tidak akurat [2]. Akibat kerugian dari keausan pahat potong tersebut, maka diperlukan sistem *Tool Condition Monitoring* (TCM) dan *Structure Health Monitoring* (SHM). Sistem SHM memerlukan eksitasi yang diberikan ke struktur dan kemudian responnya diterima oleh mikrofon. Eksitasi dapat berupa laser seperti yang dilakukan oleh Huda dalam penelitian tentang deteksi kelonggaran baut [3] atau suara dalam penelitian Huda tentang deteksi struktur pada membran [4]. Sistem TCM menggunakan suara yang dihasilkan akibat pemotongan sebagai eksitasi yang kemudian digunakan untuk analisa.

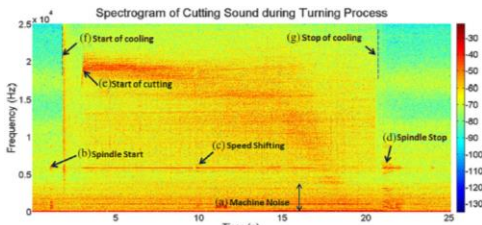
Keausan pahat potong dapat diukur dengan metode langsung seperti *microscopic measurements* dan *volumetric measurements*. Meskipun metode tersebut akurat, namun metode tersebut tidak dapat dilakukan saat mesin bekerja sehingga akan mengurangi produktivitas. Karena itu industri manufaktur membutuhkan sebuah sistem TCM yang

dapat mengamati kondisi pahat potong saat mesin sedang bekerja [5].

Proses perkembangan sistem TCM, telah banyak cara yang direkomendasikan untuk mendeteksi kegagalan pahat potong dengan variasi proses permesinan yang berbeda. Banyak sistem telah dihasilkan yang ditinjau oleh Rehorn [6] menggunakan sistem deteksi yang mahal seperti *force dynamometers* dan *sensor acoustic emission* sehingga tidak sesuai untuk digunakan dalam skala besar. Penelitian menggunakan mikrofon sebagai sensor dilakukan Huda dalam penelitian penggunaan sinyal suara dan mikrofon sederhana untuk mendeteksi kerusakan pada motor induksi [7]. Rafezi pada penelitian tentang analisa sinyal suara dari proses pengeboran menggunakan sinyal domain waktu dan sinyal domain frekuensi untuk mendeteksi keausan pahat menggunakan mikrofon [8]. Sensor berupa mikrofon juga telah digunakan untuk mendeteksi kerusakan motor induksi menggunakan sinyal suara [9]. Penelitian lain dilakukan oleh Karjuni untuk menganalisis keausan pada pahat mesin perkakas [10].

Penggunaan *spectrogram* untuk mendeteksi kerusakan dan keausan pada pahat telah dilakukan dalam beberapa penelitian. Penelitian yang menggunakan *spectrogram* adalah penelitian untuk mengamati keausan pahat menggunakan suara spindle pada proses bubut yang dilakukan oleh Seemuang [11]. Penelitian dengan menggunakan metode *spectrogram* juga dilakukan dalam penelitian pengamatan keausan pahat proses bor menggunakan sinyal suara spindle [12]. Hasil dari

pengolahan dengan metode *spectrogram* yang dilakukan oleh Seemuang dapat dilihat pada Gambar 1. *Spectrogram* menunjukkan perbedaan sinyal suara sebelum pemotongan, saat pemotongan, dan sesudah pemotongan. Penggunaan *spectrogram* sudah digunakan untuk mendeteksi fenomena *chatter* pada proses turning [13].



Gambar 1. *Spectrogram* Proses Bubut

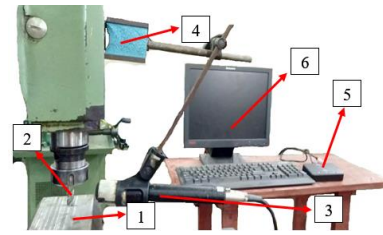
Penelitian ini akan melakukan analisa terhadap perubahan sinyal suara yang dihasilkan oleh mesin freis dengan dua parameter yaitu parameter *roughing* dan *finishing* menggunakan pahat end mill. Pencuplikan sinyal suara dilakukan dengan menggunakan mikrofon standard dan sound card sebagai pengubah sinyal analog mikrofon menjadi sinyal digital. Pengolahan sinyal dilakukan dengan metode FFT dan *spectrogram*.

2. Metodologi

Pahat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat HSS end mill dengan diameter 10 mm 4 gigi merk SOLID dalam kondisi baru dengan asumsi keausan 0 mm. Batas keausan berdasarkan standard ISO 8688-2,1989 yang dikutip dari penelitian Vallejo [14] adalah 0.3mm. Keausan yang diamati merupakan keausan alami yang terjadi akibat proses pemotongan benda kerja. Proses freis dilakukan dengan mesin freis Aciera F3. Material benda kerja yang digunakan adalah AISI 1045. Parameter permesinan pada proses *roughing* adalah kecepatan putar spindle 700 rpm, kecepatan pemotongan 0.56 m/menit, kedalaman aksial 2 mm dan kedalaman radial 3 mm. Parameter permesinan pada proses *finishing* adalah kecepatan putar spindle 1200 rpm, kecepatan pemotongan 0.48 m/menit, kedalaman aksial 1 mm dan kedalaman radial 2 mm. Sensor yang digunakan adalah mikrofon KREZT model K-818. Sinyal suara yang diperoleh kemudian diolah dengan metode *fast fourier transform* dan *Spectrogram* menggunakan perangkat lunak Matlab R2016a.

2.1 Set Up Pengujian

Set up yang digunakan untuk pengambilan data disesuaikan dengan mesin yang akan digunakan. Posisi dari mikrofon diatur agar posisi dan jaraknya tetap terhadap pahat potong. *Set up* pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Set Up* Pengambilan Data

Keterangan :

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Benda kerja | 4. Magnetic stand |
| 2. Pahat end mill | 5. Sound card |
| 3. Mikrofon | 6. PC |

Setelah melakukan pemotongan, keausan pada pahat diukur menggunakan kaca pembesar USB yang dapat dihubungkan ke PC. *Set up* pengukuran keausan pada pahat ditunjukkan pada Gambar 3. Kaca pembesar yang dapat terhubung ke PC berguna untuk menampilkan Gambar dari pahat pada layar PC. Gambar yang diperoleh kemudian diukur menggunakan perangkat lunak Inventor untuk mengukur nilai keausan pahat.



Gambar 3. *Set Up* Pengukuran Aus Pahat

Keterangan :

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Benda kerja | 3. PC |
| 2. Kaca pembesar USB | 4. Kertas milimeter |

2.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian terbagi menjadi dua proses yaitu proses *roughing* dan proses *finishing*. Parameter yang digunakan dalam prosedur ini berdasarkan parameter yang terdapat dalam buku *Process Planning* yang disusun oleh Scallan [15].

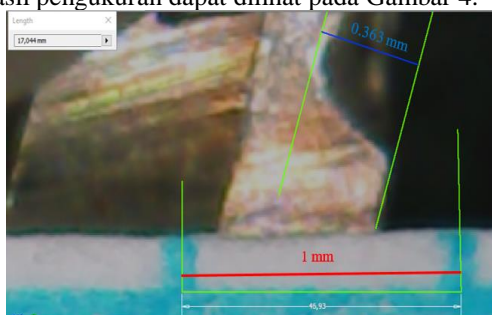
Prosedur yang dilakukan untuk proses *roughing* diawali dengan menempatkan benda kerja pada pencekam mesin freis dan *magnetic stand* pada *milling head*. Mikrofon dipasang pada *magnetic stand* yang sudah dilekatkan pada *milling head* sehingga mengikuti pergerakan pahat saat melakukan pemotongan. Mikrofon dihubungkan dengan PC melalui *sound card*. Pahat end mill dipasang pada spindle mesin freis. Mesin diatur sesuai dengan parameter yang digunakan dalam

proses *roughing* dengan kecepatan putar (n) 700 rpm, kedalaman aksial (a_a) 2 mm, kedalaman radial (a_r) 3 mm, kemudian hidupkan mesin. Sebelum melakukan pencuplikan suara pemotongan, lakukan pencuplikan sinyal suara tanpa pemotongan. Lakukan pencuplikan sinyal suara pemotongan pertama dengan *feed rate* (f_z) 0.2 mm/gigi. Ukur keausan pahat end mill menggunakan kaca pembesar USB. Proses pemotongan benda kerja, pencuplikan sinyal suara, dan pengukuran aus pahat dilakukan berulang hingga keausan mencapai 0.3 mm. Hasil pencuplikan sinyal suara berupa sinyal domain waktu kemudian diolah dengan metode FFT dan *spectrogram*.

Prosedur yang dilakukan untuk proses *finishing* sama dengan prosedur untuk proses *roughing* namun menggunakan parameter yang berbeda. Parameter untuk proses *finishing* menggunakan kecepatan putar (n) 1200 rpm, kedalaman aksial (a_a) 1 mm dan kedalaman radial (a_r) 2 mm. Setelah parameter diatur, hidupkan mesin dan lakukan pencuplikan sinyal suara mesin tanpa pemotongan, kemudian lakukan pencuplikan sinyal suara pemotongan dengan *feed rate* (f_z) 0.1 mm/gigi. Ukur keausan pahat *end mill* menggunakan kaca pembesar USB. Lakukan pemotongan benda kerja, pencuplikan sinyal suara pemotongan, dan pengukuran keausan hingga keausan mencapai 0.3 mm. Hasil pencuplikan sinyal suara berupa sinyal domain waktu kemudian diolah dengan metode FFT dan *spectrogram*.

2.3 Pengukuran Aus Pahat

Pengukuran keausan dilakukan dengan kaca pembesar USB dan kertas milimeter sebagai pembanding untuk skala. Metode pengukuran sama dilakukan oleh Zhou dalam penelitiannya [16]. Hasil dari kaca pembesar USB berupa Gambar yang akan diukur dengan bantuan perangkat lunak Inventor. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.

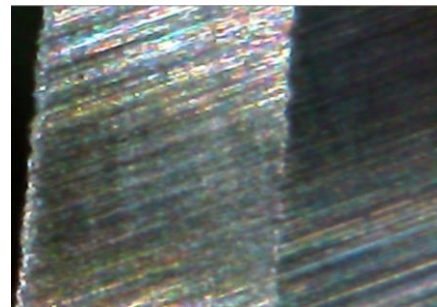


Gambar 4. Pengukuran Menggunakan Inventor

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Hasil yang diperoleh merupakan ukuran keausan pahat pada pemotongan tertentu dan sinyal suara pemotongan. Keausan pahat pada proses *roughing* dapat dilihat pada Gambar 5 dan proses *finishing* dapat dilihat pada Gambar 6.



(a)

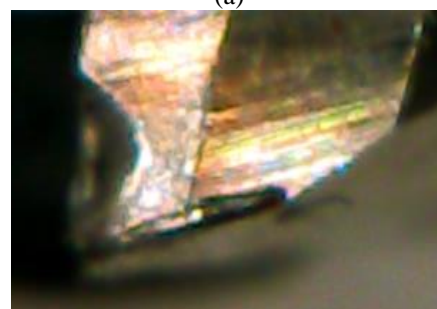


(b)

Gambar 5. Keausan Pahat Proses *Roughing*
(a) Pemotongan ke-1 (b) Pemotongan ke-33



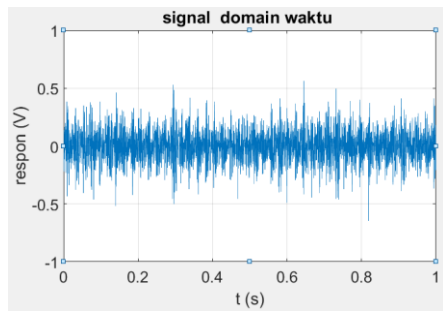
(a)



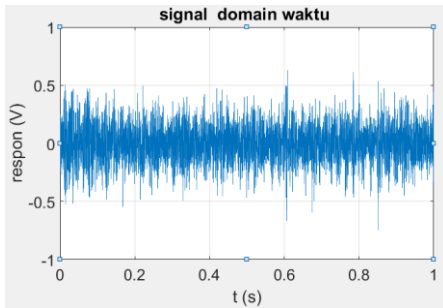
(b)

Gambar 6. Keausan Pahat Proses *Finishing*
(a) Pemotongan ke-1 (b) Pemotongan ke-2

Hasil yang diperoleh setelah melakukan pengambilan data berupa kondisi keausan pahat, sinyal domain waktu, sinyal domain frekuensi, dan *spectrogram*. Hasil yang diperoleh dalam kondisi pahat baru dan kondisi pahat aus. Data yang diperoleh dari proses *roughing* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

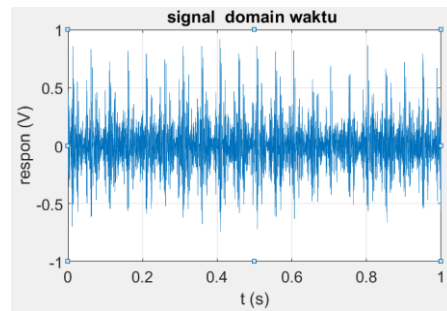


(a)

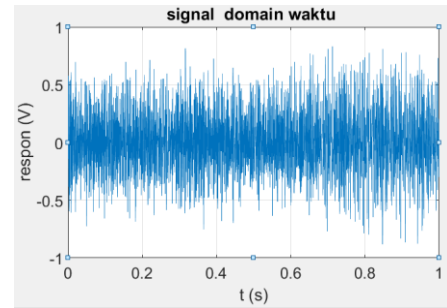


(b)

Gambar 7. Sinyal Domain Waktu Proses *Roughing*
(a) Pemotongan ke-1 (b) Pemotongan ke-33

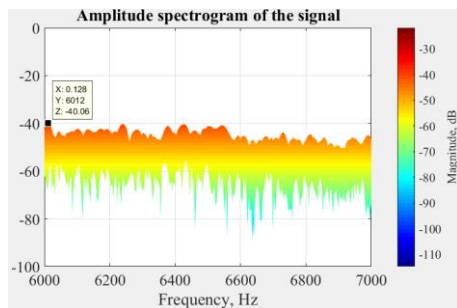


(a)

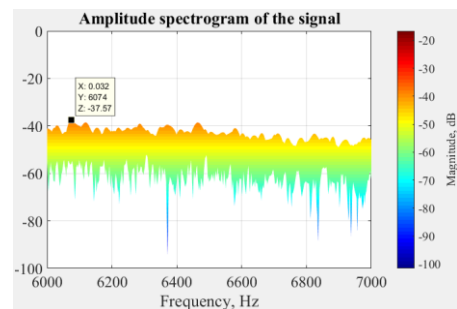


(b)

Gambar 9. Sinyal Domain Waktu Proses *Finishing*
(a) Pemotongan ke-1 (b) Pemotongan ke-21

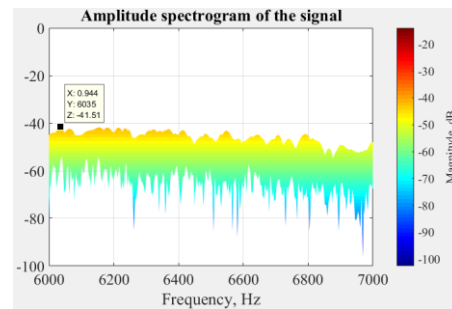


(a)

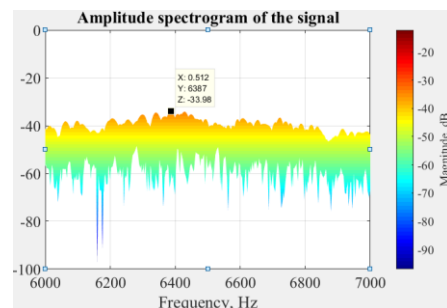


(b)

Gambar 8. *Spectrogram* Proses *Roughing*
(a) Pemotongan ke-1 (b) Pemotongan ke-33



(a)



(b)

Gambar 10. *Spectrogram* Proses *Finishing*
(a) Pemotongan ke-1 (b) Pemotongan ke-21

Data yang diperoleh dari proses *finishing* dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Hasil yang diperoleh merupakan sinyal suara pemotongan dengan kondisi pahat baru dan aus.

3.2 Pembahasan

Pengujian pada pahat end mill dalam proses *roughing* dan *finishing* menghasilkan sinyal dalam domain waktu. Pengujian pahat dilakukan dalam kondisi normal dan aus. Pengamatan dalam bentuk

domain waktu sulit dilakukan sehingga perlu dilakukan pengolahan menggunakan metode *spectrogram*. Pengamatan pada metode *spectrogram* dilakukan pada frekuensi 6000 Hz – 7000 Hz karena sinyal suara dibawah 5000 Hz merupakan sinyal suara mesin [6,9,10]. Proses *roughing* dilakukan dengan kecepatan putar spindel 700 rpm dan *feed rate* 0.2 mm/gigi terhadap benda kerja baja karbon sedang AISI 1045. Sinyal pada proses pemotongan *roughing* menunjukkan nilai respon pada pemotongan ke-1 sebesar -40.06 dB dengan nilai keausan dari 0 mm sampai 0.033 mm. Nilai respon pahat dengan kondisi aus yaitu pada pemotongan ke-33 sebesar -37.57 dB dengan nilai keausan dari 0.277 mm sampai 0.304 mm.

Proses *finishing* 1200 rpm dengan *feed rate* 0.1 mm/gigi terhadap benda kerja yang sama dengan proses *roughing* yaitu baja karbon sedang AISI 1045. Sinyal pada proses pemotongan *finishing* menunjukkan nilai respon pada pemotongan ke-1 sebesar -41.51 dB dengan nilai keausan 0 mm sampai 0.047 mm. Nilai respon pahat dengan kondisi aus yaitu pada pemotongan ke-21 sebesar -33.98 dB dengan nilai keausan 0.246 mm sampai 0.303 mm.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa mikrofon dapat digunakan sebagai sensor pencuplikan sinyal suara yang dihasilkan oleh mesin dan pahat *end mill* saat melakukan pemotongan. Pengolahan sinyal suara dengan metode *spectrogram* menunjukkan perbedaan sinyal suara mesin tanpa pemotongan dan dengan pemotongan. Nilai dari *magnitude* pada *spectrogram* mengalami kenaikan seiring dengan proses pemotongan dan penambahan ukuran aus pada pahat.

Nilai *magnitude* pada frekuensi 6000 Hz – 7000 Hz yang diperoleh pada proses pemotongan dengan parameter *roughing* adalah -40.06 dB pada pemotongan ke-1 dan -37.57 dB pada pemotongan ke-33. *Magnitude* yang diperoleh pada proses pemotongan dengan parameter *finishing* untuk masing-masing kondisi keausan adalah -41.51 dB pada pemotongan ke-1 dan -33.98 dB pada pemotongan ke-21. Kenaikan *magnitude* pada frekuensi pemotongan dapat diartikan sebagai bertambahnya besar keausan pada pahat.

5. Daftar Pustaka

- [1]. Rochim Taufiq. 1993. Teori & Teknologi Proses Pemesinan. Bandung.
- [2]. Ghosh N, Ravi YB, Patra A, Mukhopadhyay S, Paul S, Mohanty AR, Chattopadhyay AB. 2007. Estimation of Tool Wear During CNC Milling Using Neural Network-Based Sensor Fusion. *Mech Syst Signal Process* 21(1):466–479
- [3]. Huda, F., Kajiwaru, I., Hosoya, N. and Kawamura, S. (2013), “Bolted Joint Loosening Detection by Using Laser

- Excitation” *Health Monitoring of Structural and Biological Systems* 8695(0): 869531.
- [4]. Huda, F., Kajiwaru, I. and Hosoya, N. (2014). “Vibration Test and Health Monitoring of Membrane Structure Using Non-contact Laser Excitation.” *Health Monitoring of Structural and Biological Systems* 9064(0): 90640U.
- [5]. Madhusudana C, Kumar Hemantha, Narendranath S. 2017. Face milling tool condition monitoring using sound signal. *Int J Syst Assur Eng Manag.* DOI 10.1007/s13198-017-0637-1.
- [6]. Rehorn G. Adam, Jiang Jin, Orban E. Peter. 2004. State-of-the-Art Methods and Result in Tool Condition Monitoring : a Review. *Int J Adv Manuf Technol* (2005) 26: 693–710 . DOI 10.1007/s00170-004-2038-2
- [7]. Huda, F., Anggriawan, A. and Rusli M. (2019), “The Using of Sound Signal and Simple Microphone to Detect Damages in Induction Motor”, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 539 (2019). Doi: 10.1088/1757-899X/539/1/012034
- [8]. Rafezi Hamed, Akbari Javad. 2012. Time Domain and Frequency Spectrum Analysis of Sound Signal for Drill Wear Detection. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, Vol. 4, No. 5.
- [9]. Anggriawan, A., Huda F. (2018), “Deteksi Kerusakan Motor Induksi Dengan Menggunakan Sinyal Suara”, *Jom FTEKNIK Volume 5 No.1 April 2018*
- [10]. Karjuni., Huda F. (2018), “Analisis Keausan pada Pahat Mesin Perkakas Menggunakan Sinyal Suara”, *Jom FTEKNIK Volume 5 Edisi 1 Januari s/d Juni 2018*
- [11]. Seemuang N, McLeay T, Slatter T. 2016. Using Spindle Noise to Monitor Tool Wear in a Turning Process. DOI 10.1007/s00170-015-8303-8
- [12]. Charoenprasit S, Seemuang N. 2018. Monitoring Tool Wear in Drilling Process Using Spindel Noise Features. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* Vol. 7, No. 5, September 2018
- [13]. Darman, Huda F. (2018), “Deteksi Fenomena Chatter Pada Proses Turning Menggunakan Sinyal Suara”. *Jom FTEKNIK Volume 5 Edisi 2 Juli s/d Desember 2018*
- [14]. Vallejo J, Morales Rubén dan Alique J. 2008. On-line Cutting Tool Condition Monitoring in Machining Processes Using Artificial Intelligence. I-Tech, Vienna, Austria.
- [15]. Scallan Peter. 2002. *Process Planning*. Elsevier Science & Technology Books. ISBN : 0750651296

- [16]. Zhou Jun-Hong, Pang Chee Khiang, Zhao Wei, Lewis Frank. 2011. Wear Monitoring Using Acoustic Emissions by Dominant-Feature Identification. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 60, No. 2