

**Jurnal Politeknik Caltex Riau**<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Analisa Getaran Mesin *Milling* Vertikal 1108 Terhadap Pengaruh Variasi Kedalaman Potong

Jupri Yanda Zaira¹, Agus Wijianto²¹Politeknik Caltex Riau, Departemen Teknik Mesin, email: jupri@pcr.ac.id²Politeknik Caltex Riau, Departemen Teknik Mesin, email: aguswiji@pcr.ac.id

Abstrak

Mesin rotating seperti mesin milling mempunyai motor spindle dan motor feeding yang dapat menimbulkan getaran akibat dari putaran kedua motor tersebut. Selain dari getaran kedua motor tersebut, proses pemakanan benda kerja juga sangat mempengaruhi tingkat getaran yang terjadi. Pada Penelitian ini digunakan mesin milling nomor 1108 yang berada di Laboratorium Mesin Produksi Politeknik Caltex Riau (PCR), dan dilakukan proses pemakanan muka dengan menggunakan tiga variasi kedalaman potong yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm, dengan masing-masing diambil sebanyak 15 data pada kondisi time domain range 4 detik, selain itu cutter yang digunakan adalah cutter end mill diameter 30 mm. Dalam mengetahui tingkat getaran yang terjadi digunakan alat ukur vibration tester type VM – 6370 yang dimiliki oleh Laboratorium Mesin Produksi PCR. Dengan mengetahui getaran terbesar dapat diketahui cara mereduksi getaran melalui calibrasi geometri mesin milling sehingga getaran yang terjadi sesuai dengan standar yang diterima atau kondisi tingkat getaran normal dan tidak menimbulkan kerusakan mesin milling. Hasil getaran yang diperoleh dalam bentuk displacement, velocity, dan acceleration dengan tiga arah pengukuran yaitu arah vertikal, horizontal, dan aksial yang selanjutnya dianalisa sehingga data yang diperoleh dalam bentuk amplitudo. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil getaran berupa amplitudo terbesar pada arah aksial dengan kedalaman potong 1,5 mm sebesar 0,164 mm.

Kata kunci: Getaran, mesin milling, variasi kedalaman potong.

Abstract

Rotating machines such as milling machines have spindle motor and feeding motor which can cause vibrations due to the rotation of the two motors. Apart from the vibrations of the two motors, the workpiece eating process also greatly influences the level of vibration that occurs. In this research, milling machine number 1108 is used in the Caltex Riau Polytechnic Production Laboratory (PCR), and a face feeding process is used using three variations in cutting depth, namely 0.5 mm, 1 mm, and 1.5 mm, with each 15 data were taken in the time domain range of 4 seconds, besides the cutter used was a cutter end mill with a diameter of 30 mm. In knowing the level of vibration that occurs using vibration tester measuring instrument type VM-6370 which is owned by the PCR Production Machinery Laboratory. By knowing the largest vibration, we can know how to reduce vibration through calibrating the geometry of the milling machine so that the vibrations that occur are in accordance with accepted standards or conditions of normal vibration levels and do not cause damage to the milling machine. Vibration results obtained in

the form of displacement, velocity, and acceleration with three measurement directions, namely vertical, horizontal, and aksial direction which are then analyzed so that the data obtained in the form of amplitude. From the research that has been done, it is obtained that the vibration results in the form of the largest amplitude in the aksial direction with a cutting depth of 1.5 mm of feed is 0.164 mm.

Keywords: *Vibration, milling machines, thickness variations*

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi sebagai pendukung kelengkapan sistem mesin *rotating* seperti mesin *milling* konvensional yang mempunyai motor *spindle* dan motor *feeding* menjadi suatu hal tersendiri yang dapat menimbulkan getaran akibat putaran dari kedua motor tersebut. Selain getaran yang dihasilkan dari motor pada saat operasi mesin *milling*, proses pemakanan benda kerja juga akan sangat mempengaruhi tingkat getaran yang terjadi.

Hasil penelitian yang dilakukan Jupri YZ & Agus Wiji, 2016 perbandingan getaran mesin diesel system *singel-fuel* dengan *dual-fuel* diperoleh adalah hasil simpangan (*displacement*) terbesar terjadi pada arah aksial pemakaian bahan bakar sistem *dual – fuel* titik pengukuran P-03 sebesar 0,186 mm. Untuk hasil kecepatan (*Velocity*) terbesar terjadi pada arah horizontal pemakaian bahan bakar sistem *single – fuel* titik pengukuran P-01 sebesar 2,124 cm/s. Untuk hasil percepatan (*acceleration*) terbesar terjadi pada arah horizontal pemakaian bahan bakar sistem *single – fuel* titik pengukuran P-01 sebesar 7,913 cm/s². Untuk hasil amplitudo terbesar terajadi pada arah horizontal pemakaian bahan bakar sistem *single – fuel* titik pengukuran P-01 sebesar 0,208 mm.

Vibrasi pada mesin *milling* yang mempunyai putaran *spindle* yang tidak sesuai dapat mengakibatkan gelombang elastis pada seluruh komponen mesin *milling* dan juga menimbulkan efek merugikan yang terjadi di sekelilingnya, selain itu kesalahan kedalaman potong pemakanan benda kerja juga dapat terjadinya getaran yang beresiko terhadap kerusakan mesin *milling* tersebut. Jangkauan efek lainnya juga menimbulkan gangguan serius pada kondisi kerja peralatan yang sensitif pada mesin *milling* terutama pada *spindle* mesin, bahkan dapat menimbulkan kerusakan pada mesin *milling* tersebut. Oleh karena itu, untuk mengetahui hal tersebut diperlukan pengujian getaran pada operasi mesin tersebut dengan cara melakukan variasi kedalaman potong proses pemakanan pada benda kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui getaran yang ditimbulkan oleh operasi mesin *milling*, dimana disini akan dilakukan variasi kedalaman potong dari proses pemakanan benda kerja pada proses pemakanan muka dengan tiga variasi kedalaman potong yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm, dengan diameter 30 mm. Dalam mengetahui tingkat getaran yang terjadi digunakan alat ukur getaran yaitu *vibration tester type VM – 6370* yang dimiliki oleh Laboratorium Mesin Produksi Politeknik Caltex Riau. Untuk menguji getaran yang ditimbulkan Posisi probe pada *vibration tester* akan ditempelkan pada kepala mesin *milling* tempat *spindle* mesin yang berputar. Hasil Getaran yang diperoleh dalam bentuk *displacement, velocity, dan acceleration* dengan tiga arah pengukuran yaitu arah aksial, vertikal, dan horizontal, selanjutnya di analisa dengan menghasilkan getaran dalam bentuk amplitudo.

Dari getaran yang timbul dari mesin *milling* yang beroperasi diatasnya akan dapat mengetahui karakteristik getaran (*vibration*) dan dilakukan identifikasi sinyal getaran pada benda kerja yang sedang dilakukan proses pemakanan dengan menggunakan *cutter milling* diameter 30 mm, dan selanjutnya akan dilakukan analisa getaran terhadap operasi mesin *milling* dengan variasi kedalaman potong proses pemakanan benda kerja.

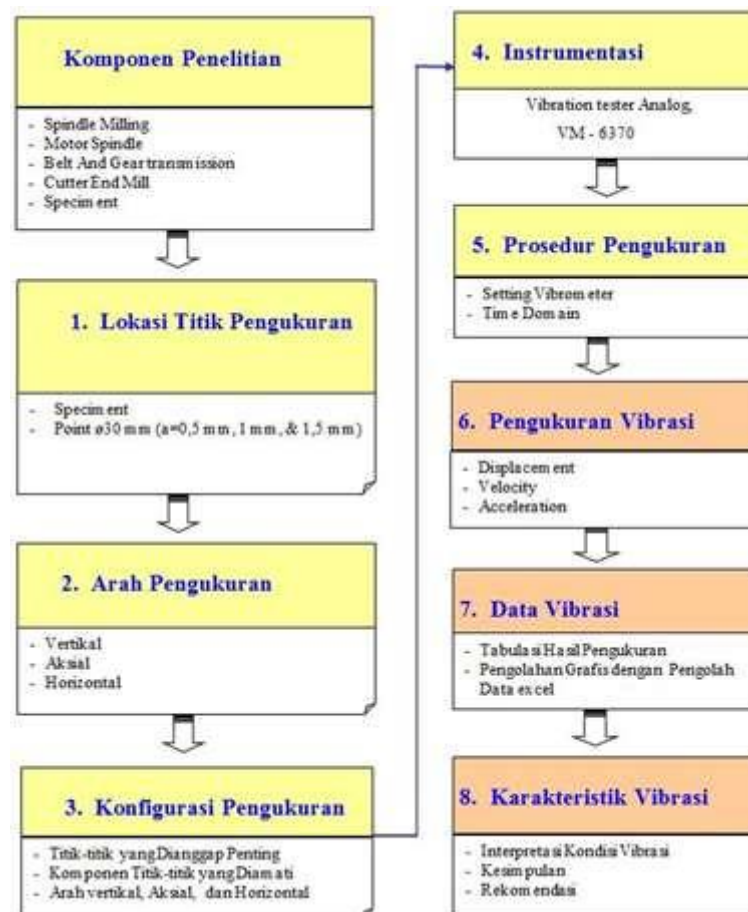
2. Metode Pengukuran dan Pengolahan Data Getaran Domain Waktu (*Time Domain*)

Penelitian dilakukan dengan proses pemakanan benda kerja pada pemakanan muka dengan tiga variasi kedalaman potong yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm, dan diameter cutter yang digunakan yaitu diameter 30 mm, dimana secara garis besar adalah sebagai berikut.

- Menentukan titik pengukuran pada benda kerja dengan 3 variasi kedalaman potong proses pemakanan benda kerja, dan dengan 3 arah pengukuran yakni arah vertikal, horizontal, dan aksial.
- Melakukan *setting vibration tester* sebagai instrumen pengukur sebelum melakukan pengukuran terhadap respon sinyal vibrasi pada benda kerja saat terjadi proses pemakanan benda kerja, dan selanjutnya dilakukan pengukuran.
- Mengolah data hasil pengukuran dalam bentuk grafik dengan *software* pengolah data excel untuk selanjutnya menginterpretasikan makna grafik yang ditampilkan mengenai kondisi sinyal vibrasi hasil pengukuran vibrasi pada benda kerja.

3. Rancangan dan Skema Pengambilan Data Penelitian

Berikut rancangan penelitian dalam bentuk skematik dan menentukan komponen-komponen yang akan dipasang didalam eksperimen yang akan dibuat.



Gambar 1 Skema Instalasi Sistem, dan Pengukuran Sinyal Vibrasi

Dari gambar 1 dapat dijelaskan beberapa tahapan yang harus dipersiapkan dan dilaksanakan dalam pengambilan data vibrasi pada benda kerja (*Specimen*) saat proses pemakanan muka

(Facing) yaitu persiapan tabel data pengukuran getaran, setting instrumen, dan prosedur pengukuran sinyal getaran. Untuk persiapan tabel data pengukuran getaran yaitu menyiapkan format tabel untuk pencatatan data hasil pengukuran sinyal vibrasi berdasarkan kondisi pengukuran yang telah ditentukan, untuk setting instrumen dilakukan pen-settingan alat pengukur sinyal vibrasi, berupa Vibration tester analog VM - 6370, antara lain:

- a. Memasang/menghubungkan perlengkapan vibration tester, yaitu rangkaian sensor (*vibration pick up*) dengan *cord* dan *metal connector* pada *input connector*.
- b. Memasang sensor pada objek pengukuran, atau bila menggunakan probe, maka sentuhkan ujung sensor pada objek pengukuran tidak terganggu dengan sumber getaran lainnya.



Gambar 2 Proses Setting Mesin Milling

- c. Menentukan pengukuran yang akan dilakukan apakah dengan *frequency overall* atau *frequency analyzer*.
- d. Menentukan unit pengukuran; *displacement* (mm), *velocity* (m/s), dan *acceleration* (m/s²)
- e. Mencatat/merekam angka getaran yang ditunjukkan oleh jarum indikator apabila telah menunjukkan *range* angka yang stabil.



Gambar 3. Vibration Tester VM - 6370

Prosedur pengukuran yang digunakan dalam mendapatkan sinyal getaran pada permukaan benda kerja saat dilakukan proses pemakanan adalah:

- Menetapkan kecepatan putaran motor spindel mesin milling dengan menghitung terlebih dahulu dimana diameter *cutter* yang digunakan adalah 30 mm, dan mencatat data lainya seperti Daya, kapasitas listrik, voltase, dan sebagainya.
- Menetapkan atau menentukan lokasi titik-titik pengukuran pada permukaan benda kerja saat terjadinya proses pemakanan dalam tiga arah pengukuran, yaitu: aksial, vertikal, dan horizontal.
- Mempersiapkan kelengkapan alat ukur, memastikan dapat berfungsi dengan baik dan *men-setting* alat ukur pada titik-titik pengukuran untuk pengukuran langsung.
- Mempersiapkan dan memastikan alat ukur pendukung seperti *stopwatch* bekerja dengan baik.
- Melakukan pengukuran getaran (*displacement* (mm), *velocity* (m/s), dan *acceleration* (m/s²) dengan *time domain*.
- Mencatat atau merekam hasil pengukuran getaran, berupa angka getaran yang ditunjukkan oleh indikator oleh instrumen pengukur.
- Melakukan interpretasi data hasil pengukuran dengan mengolah data untuk mendapatkan tampilan grafiknya menggunakan *software* pengolah data dan menginterpretasikan hasil grafik yang ditampilkan.
- Membuat kesimpulan dan rekomendasi yang dapat dijadikan sebagai kondisi dasar untuk memahami kondisi operasi saat proses pemakanan pada benda kerja.

3.1 Perhitungan

Berikut ini akan dijabarkan perhitungan putaran poros utama mesin milling, dimana diketahui diameter *cutter* (*D*) adalah 30 mm, jenis *cutter* adalah *cutter end mild* berbahan *stainless steel* dan benda kerja uji berbahan *mild steel*, kecepatan potong diambil adalah 27 mm/menit, sehingga putaran poros utama mesin milling dapat diperoleh dari persamaan 1 berikut (Taufiq Rohim, 1993) :

$$n = \frac{v \times 1000}{\pi \times D} \quad (1)$$

$$n = \frac{27 \text{ mm/menit} \times 1000}{3,14 \times 30 \text{ mm}} = 286,62 \text{ rpm}$$

Dari perhitungan diperoleh putaran poros utama mesin milling adalah 286,62 rpm, namun pada papan kontrol mesin milling nomor 1108 tidak ada 286,62 rpm maka diambil adalah angka dibawahnya yang mendekati hasil perhitungan yaitu 250 rpm.

Gerak makan pergigi (*Fz*), didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut dimana diketahui *cutter milling* memiliki gigi (*z*) adalah 6 *flutes*, dan kecepatan makan (*vf*) disamakan dengan kecepatan potong yaitu 27 mm/menit, maka Gerak makan pergigi diperoleh dari persamaan 2 berikut (Taufiq Rohim, 1993) :

$$Fz = \frac{vf}{n \times z} \quad (2)$$

$$Fz = \frac{27 \text{ mm/menit}}{250 \text{ rpm} \times 6 \text{ flutes}} = 0,018 \text{ mm/flutes}$$

Waktu proses pemotongan (*tc*), diketahui dimensi benda kerja yang akan di milling adalah panjang 150 mm, lebar 40 mm, tinggi 40 mm, jarak *start cutter milling* (*lv* ≥ 0), jarak benda yang terpotong (*lw* = 150 mm), jarak akhir *cutter milling* (*ln* = *D*/2 = 15 mm) maka diperoleh waktu proses pemotongan sebagai berikut (Taufiq Rohim, 1993) :

$$tc = \frac{lt}{vf} = \frac{lv+lw+ln}{vf} \quad (3)$$

$$tc = \frac{(0 + 150 \text{ mm} + 15 \text{ mm})}{27 \text{ mm}/\text{menit}} = 6,11 \text{ menit}$$

4. Pengujian dan Analisa

Adapun analisa data hasil pengukuran yang dilakukan yaitu analisa data pada permukaan benda kerja saat proses pemakanan muka (*facing*).



Gambar 4. Proses Pengukuran getaran dengan 3 variasi kedalaman potong (0,5 mm, 1 mm, & 1,5 mm).

4.1 Hasil Pengukuran

Data getaran diambil dengan dengan proses pemakanan benda kerja pada pemakanan muka dengan tiga variasi kedalaman potong yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm, dan diameter *cutter* yang digunakan yaitu diameter 30 mm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1. dengan *range time domain* (4 sec, 8 sec, 12 sec, 16 sec, 20 sec, 24 sec, 28 sec, 32 sec, 36 sec, 40 sec, 44 sec, 48 sec, 52 sec, 56 sec dan 60 sec).

Tabel 1. Hasil rata – rata pengukuran getaran untuk tiga variasi kedalaman potong makan, dan tiga arah pengukuran.

Kedalaman potong Pemakanan (mm)	Aksial			Vertical			Horizontal		
	Dis (mm)	Vel (cm/s)	Acc (m/s ²)	Dis (mm)	Vel (cm/s)	Acc (m/s ²)	Dis (mm)	Vel (cm/s)	Acc (m/s ²)
0,5	0,0028	0,2753	7,1333	0,0011	0,1687	6,9867	0,0035	0,1933	4,8600
1	0,0028	0,0041	0,3307	8,8867	0,0007	0,2033	8,1267	0,0043	0,2807
1,5	0,0048	0,3953	9,2133	0,0006	0,2200	7,8933	0,0034	0,2807	6,7733

4.2 Analisa Hasil Pengukuran

Hasil rata – rata pengukuran diatas selanjutnya dianalisa dengan menggunakan persamaan berikut untuk mendapatkan kecepatan sudut (ω), kecepatan sudut fungsi waktu (ωt) dan amplitudo (A) (T. Thomson Wiliam & Lea Prasetya, 1995) :

Displacement (y) :

$$y = A \times \sin \omega t \quad (4)$$

Velocity (\dot{y}) :

$$\dot{y} = A \times \omega \times \cos \omega t \quad (5)$$

Acceleration (\ddot{y}) :

$$\ddot{y} = -A\omega^2 \times \sin \omega t \quad (6)$$

Substitusi persamaan 4 ke persamaan 6 akan didapat:

$$\ddot{y} = -y\omega^2 \quad (7)$$

Tanda negatif menyatakan bahwa arah percepatan berlawanan dengan arah simpangannya. Sehingga didapat frekuensi getaran dalam bentuk kecepatan sudut:

$$\omega = \sqrt{\frac{\ddot{y}}{y}} \quad (8)$$

Amplitudo (A) sebagai harga simpangan maksimum mempunyai harga yang sama pada simpangan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*), sehingga berlaku hubungan :

$$A_1 = A_2 = A_3 \quad (9)$$

Sehingga didapat :

$$\frac{y}{\sin \omega t} = \frac{\dot{y}}{\omega \cos \omega t} = \frac{\ddot{y}}{\omega^2 \sin \omega t} \quad (10)$$

$$\frac{y}{\dot{y}} = \frac{\sin \omega t}{\omega \cos \omega t} \Rightarrow \omega t = \arctan \frac{y\omega}{\dot{y}}$$

Harga-harga y , \dot{y} dan \ddot{y} diperoleh dari hasil pengukuran. Harga tersebut merupakan fungsi dari waktu (*time domain*). Hasil perhitungan tersebut dapat ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan ωt dan amplitudo dari pengukuran pada *time domain* untuk kedalaman potong 0,5 mm

Komponen	Aksial	Vertikal	Horizontal
$\omega=2\pi f$ (rad/s)	1586,710	2559,297	1172,805
$\omega t=2\pi f t$ (rad)	1,633	1,619	2,143
$\sin \omega t$	0,028	0,028	0,037
A (mm)	0,099	0,038	0,094

Tabel 3. Hasil perhitungan ωt dan amplitudo dari pengukuran pada *time domain* untuk kedalaman potong 1 mm

Komponen	Aksial	Vertikal	Horizontal
$\omega=2\pi f$ (rad/s)	1478,258	3407,275	1271,583
$\omega t=2\pi f t$ (rad)	1,818	1,173	1,963
$\sin \omega t$	0,032	0,020	0,034

A (mm)	0,128	0,034	0,126
--------	-------	-------	-------

Tabel 4. Hasil perhitungan ωt dan amplitudo dari pengukuran pada *time domain* untuk kedalaman potong 1,5 mm

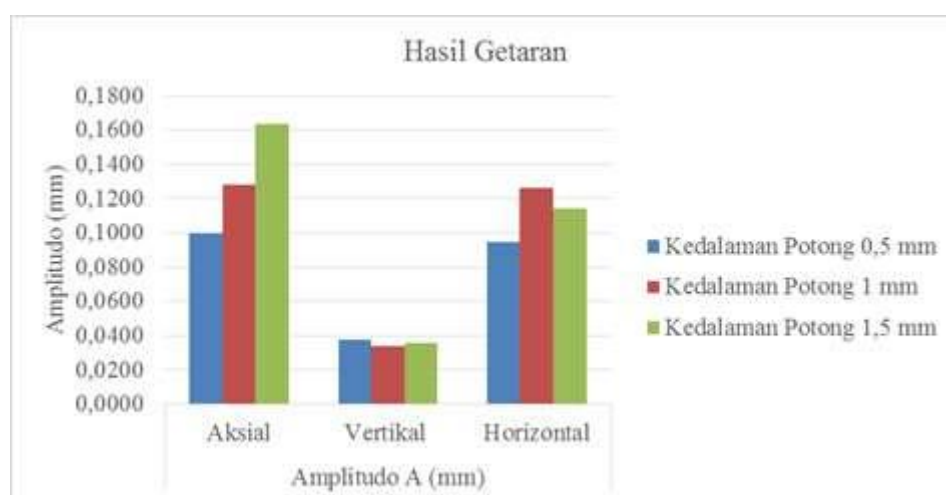
Komponen	Aksial	Vertikal	Horizontal
$\omega=2\pi f$ (rad/s)	1385,4402	3530,3198	1411,4379
$\omega t=2\pi f t$ (rad)	1,682	1,016	1,710
$\sin \omega t$	0,0294	0,0177	0,0298
A (mm)	0,164	0,036	0,114

Selanjutnya tabel 2, 3, dan 4 dibandingkan untuk mengetahui tingkat getaran terbesar dalam bentuk amplitudo, perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 5 berikut :

Tabel 5. Amplitudo hasil perbandingan dari 3 variasi kedalaman potong 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm dengan 3 arah pengukuran (aksial, vertikal, dan horizontal)

Kedalaman Potong	Aksial	Vertikal	Horizontal
0,5 mm	0,099 mm	0,038 mm	0,094 mm
1 mm	0,128 mm	0,034 mm	0,126 mm
1,5 mm	0,164 mm	0,036 mm	0,114 mm

Selanjutnya tingkat getaran dalam bentuk Amplitudo dari tabel 5 dapat dijabarkan dalam bentuk *Colum Chart* pada gambar 5.



Gambar 5. Tingkat getaran dalam bentuk amplitudo hasil perbandingan dari 3 variasi kedalaman potong 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm dengan 3 arah pengukuran (aksial, vertikal, dan horizontal)

Dari gambar 5 terlihat amplitudo terbesar terjadi pada pemakanan dengan tebal pemakanan 1,5 mm pada arah aksial yaitu sebesar 0,164 mm. Getaran terbesar yang terjadi akibat proses

pergerakan *linier cutter milling*, dan akurasi geometri mesin milling yang sudah kurang presisi selain itu penguncian kepala mesin milling yang kurang kuat sehingga terjadinya getaran besar terhadap arah aksial selain itu putaran *cutter milling* juga sangat menentukan getaran yang terjadi.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa data yang diperoleh, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Terlihat amplitudo terbesar terjadi pada pengukuran getaran dengan kedalaman potong 1,5 mm pada arah aksial yaitu sebesar 0,164 mm.
- b. Terlihat amplitudo terkecil terjadi pada pengukuran getaran dengan kedalaman potong 1 mm pada arah vertikal yaitu sebesar 0,034 mm.
- c. Getaran terbesar yang terjadi akibat proses pergerakan linier cutter milling, akurasi geometri mesin *milling*, dan penguncian kepala mesin *milling* yang kurang kuat dan putaran *cutter milling*.

Daftar Pustaka

- [1] Rochim, Taufiq, “Teori & Teknologi Proses Permesinan”, FT-ITB, 1993.
- [2] William, T. Thomson, Lea Prasetya, “Teori Getaran dan Penerapan”, Erlangga, Edisi Kedua, Jakarta, 1995.
- [3] Zaira. JY, “*Rancang Bangun dan Uji Simulasi Vibrasi Fondasi Mesin Untuk Pompa Sentrifugal*” Jurnal Elektronika Industri Volume 1 Tahun 2008 Politeknik Caltex Riau hal 48 -58, ISSN: 2085-0794, 2008.
- [4] Wijianto. A, Zaira. JY, Jaenudin. J, “*Pengaruh Gas Hydrogen Yang Dihasilkan Dari Kaleng Bekas Pada Getaran Dan Kebisingan Engine Diesel Dual Fuel*” Jurnal Elementer, tahun 2016, Politeknik Caltex Riau, ISSN: 2443-4167 /E-ISSN: 2460-5263, 2016.