



Analisa Getaran Mesin Milling 1217 Horizontal Terhadap Pengaruh Variasi Kedalaman Potong Pada Proses Pembuatan Roda Gigi

Jupri Yanda Zaira¹, Mayanto Simarmata², Denna Berta W³, Marihot Candra MS⁴, Charles S⁵, Mhd Rayhan R⁶, Rio Hardyanto⁷ Jurusan Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Caltex Riau

INFO ARTIKEL

Kata kunci:
Getaran, Mesin Milling, Variasi
Kedalaman Pemakanan

Keywords:
*Vibration, Milling Machine,
Depth of Cut Variation*

ABSTRAK

Seiring perkembangan teknologi, mesin frais (milling) semakin dibutuhkan dalam produksi dan pendidikan. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi ketebalan pemakanan dan diameter cutter terhadap getaran yang terjadi selama proses pemakanan muka. Variasi ketebalan pemakanan yang digunakan adalah 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm, dengan diameter cutter 55 mm. Pengukuran getaran dilakukan menggunakan vibration tester VM-6380 pada tiga arah (vertikal, horizontal, dan aksial), menghasilkan data berupa displacement, velocity, dan acceleration yang diolah menjadi amplitudo. Hasil penelitian menunjukkan amplitudo terbesar terjadi pada arah horizontal dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm menggunakan cutter diameter 55 mm pada kecepatan 125 rpm sebesar 0,1153 mm. Pada arah aksial, amplitudo tertinggi tercatat sebesar 0,0453 mm pada kedalaman 1 mm, dan pada arah vertikal amplitudo terbesar adalah 0,0492 mm pada kedalaman 1,5 mm. Kesimpulan menunjukkan bahwa amplitudo terbesar secara umum terjadi pada arah horizontal dengan ketebalan pemakanan 0,5 mm. Penelitian ini memberikan wawasan penting mengenai pengaruh parameter pemakanan terhadap getaran, yang dapat membantu optimalisasi proses milling.

ABSTRACT

With the advancement of technology, milling machines are increasingly essential in production and education. This study analyzes the effect of feed depth and cutter diameter variations on vibrations during face milling. The feed depth variations used are 0.5 mm, 1 mm, and 1.5 mm, with a cutter diameter of 55 mm. Vibration measurements were conducted using a VM-6380 vibration tester in three directions (vertical, horizontal, and axial), resulting in data on displacement, velocity, and acceleration, which were processed into amplitude values. The study found the highest amplitude occurred in the horizontal direction with a 0.5 mm feed depth using a 55 mm cutter diameter at 125 rpm, measuring 0.1153 mm. In the axial direction, the highest amplitude was recorded at 0.0453 mm with a 1 mm feed depth, while the vertical direction showed a maximum amplitude of 0.0492 mm at a 1.5 mm feed depth. The results indicate that the largest amplitude generally occurs in the horizontal direction with a 0.5 mm feed depth. This research provides valuable insights into the impact of machining parameters on vibrations, aiding in the optimization of milling processes.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi, Penggunaan mesin frais (milling) baik untuk keperluan produksi maupun untuk keperluan pendidikan, sangat dibutuhkan untuk mendapatkan suatu produk yang lebih baik. Proses pemesian atau proses pemotongan logam dengan menggunakan pahat (perkakas potong) pada mesin perkakas merupakan salah satu jenis proses pembuatan komponen mesin atau peralatan lainnya yang paling sering kita temukan di bengkel reparasi kecil maupun di industri peralatan besar, terutama jenis mesin milling horizontal. Salah satu tantangan utama yang perlu diperhatikan adalah getaran yang terjadi saat mesin bekerja. Mesin milling horizontal menggunakan dua motor utama, yaitu motor spindle dan motor feeding, yang dapat menyebabkan getaran saat beroperasi. Selain itu, getaran juga dipengaruhi oleh proses pemotongan

benda kerja, terutama ketika kedalaman potong yang digunakan berbeda-beda. Getaran pada mesin sering terjadi karena putaran spindle yang tidak stabil. Getaran ini dapat menyebar ke seluruh bagian mesin dalam bentuk gelombang elastis, yang akhirnya mengganggu stabilitas kerja mesin. Jika kedalaman potong tidak diatur dengan benar, getaran bisa menjadi lebih kuat, sehingga meningkatkan risiko kerusakan mesin. Getaran berlebihan ini juga dapat menurunkan kualitas hasil pemesian, misalnya pada pembuatan roda gigi, dan bahkan memengaruhi alat atau kondisi di sekitar mesin. Untuk memahami masalah ini, diperlukan pengujian untuk mengetahui seberapa besar getaran yang muncul selama mesin bekerja. Penelitian ini berfokus pada analisis getaran saat membuat roda gigi dengan mencoba tiga variasi kedalaman potong: 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm. Penelitian menggunakan satu ukuran cutter dengan diameter 55 mm.

* Corresponding author. E-mail address: andrikoasisi.wig9@gmail.com



Pengukuran dilakukan dengan alat vibration tester tipe VM-6380, dengan probe pengukur dipasang di dekat spindle yang berputar. Tiga jenis getaran yang diukur adalah displacement (perpindahan), velocity (kecepatan), dan acceleration (percepatan), dengan arah pengukuran meliputi vertikal, horizontal, dan aksial. Data dari pengukuran ini kemudian dianalisis dalam bentuk amplitudo untuk mengetahui pola getaran selama proses pemesinan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mesin Produksi Politeknik Caltex Riau dengan tujuan utama memahami lebih dalam pengaruh variasi kedalaman potong terhadap getaran. Hasilnya diharapkan dapat memberikan solusi untuk meningkatkan stabilitas mesin dan kualitas hasil pemesinan roda gigi.

1.1 Getaran (Vibrasi) Pada Mesin Manufaktur (Produksi)

Getaran (vibration) yang berbahaya dalam permesinan umumnya terjadi pada mesin-mesin berkecepatan tinggi yang memiliki bagian poros yang berputar. Walaupun perlengkapan seperti motor spindle mesin milling dapat saja didisain agar gaya-gaya yang bekerja secara teoretis dapat mengatasi masalah getaran, kondisi yang ideal tidak mungkin dicapai. Dalam beberapa kasus, para disainer harus memastikan amplitudo (magnitudo) dari gaya-gaya maupun frekuensinya.

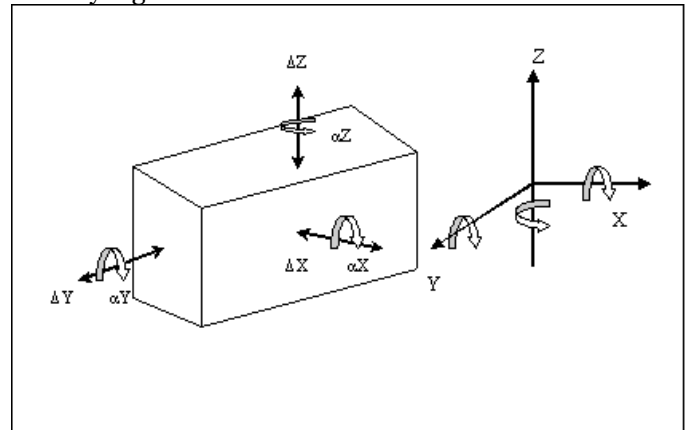
Para disainer harus lebih dari sekedar berusaha untuk meyakinkan bahwa komponen (struktur) pendukung tidak akan memiliki frekuensi natural (natural frequency) yang mendekati frekuensi operasi mesin tersebut sehingga terjadinya resonansi yang bersifat merusak dapat dihindari. Bilamana frekuensi impuls sangat besar (diatas 1000 rpm), struktur pendukung mungkin memiliki sebuah frekuensi natural yang lebih kecil dari konstruksinya, dimana keduanya tidak akan bergetar secara harmonik yaitu dalam resonansi. Kemungkinan zona yang berbahaya berkisar antara 200 s.d. 500 rpm. Namun demikian, walaupun frekuensi mesin dapat ditetapkan oleh pabrik pembuatnya, mungkin saja sangat sulit untuk membuat sebuah estimasi yang akurat tentang frekuensi natural dari vibrasi fondasi maupun struktur pendukungnya.

Hal ini diusahakan agar tidak melebihi 30 – 50% dari frekuensi terendah mesin atau berkisar diatas 200 – 300% diatas frekuensi mesin yang bekerja. Tentunya, bilamana motor berputar pada saat starting untuk menaikkan kecepatannya dari kondisi diam, akan terjadi saat-saat dimana frekuensi impuls akan sama dengan frekuensi struktur pendukung, tetapi kemungkinan ini tidak akan berlangsung secara permanen, dimana efeknya dapat diabaikan. Namun demikian, perubahan kecepatan motor yang bekerja cukup lambat dapat menyebabkan masalah vibrasi. Oleh karena itu, fondasinya harus di desain untuk kondisi yang benar-benar sesuai. (Dunham, Clarence W.1962)

1.2 Vibrasi Pada Saat Mesin Berputar

Jika diberikan tiga buah gaya dalam arah x, y, dan z seperti diilustrasikan pada gambar 1, balok tersebut akan cenderung berputar translasi terhadap tiga buah sumbu, yaitu balok yang memiliki enam derajat kebebasan. Sistem itu bisa saja berupa gerak tertentu yang terkekang, dalam hal ini terdapat paling tidak enam derajat kebebasan. Sebagai contoh, bila balok dapat berpindah hanya secara vertikal, terdapat satu derajat kebebasan. Balok persegi dalam gambar 1 dipilih agar lebih menarik. Pada kenyataannya, bentuknya bisa terdapat dalam berbagai

bentuk, tetapi bentuk persegi akan menjadikan formula model matematikanya menjadi lebih mudah dibandingkan bentuk yang lain.



Gambar 1. Balok Fondasi Persegi dengan Suatu Harga Maksimum dari Enam Derajat Kebebasan (*three displacement and three rotations*)

Perhatikan gerak dari sebuah elemen yang ditempatkan pada sebuah pegas seperti diilustrasikan dalam gambar 2.1. yang menunjukkan sebuah jarak kecil x dari posisi kesetimbangannya. Persamaan diferensial menjabarkan perpindahan elemen setelah dilepaskan yang diperoleh dengan penjumlahan gaya dalam arah vertikal (Andrew Dimarogonas, 1996)

1.3 Gerak Harmonik

Gerak osilasi dapat berulang secara teratur. Jika gerak itu berulang dalam selang waktu yang sama, maka geraknya disebut gerak periodik. Waktu pengulangan τ disebut dengan periode osilasi dan kebalikannya, $f = 1/\tau$ disebut frekuensi. Jika gerak dinyatakan dalam fungsi waktu $x(t)$, maka setiap gerak periodik harus memenuhi hubungan $(t) = x(t + \tau)$. Secara umum, gerak harmonik dinyatakan dengan persamaan

$$x = A \sin 2\pi \frac{t}{\tau} \quad (1)$$

dimana A adalah amplitudo osilasi yang diukur dari posisi setimbang massa, dan τ adalah periode dimana gerak diulang pada $t = \tau$.

Gerak harmonik sering dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar dengan kecepatan tetap pada suatu garis lurus, seperti terlihat

pada gambar 1. Dengan kecepatan sudut garis OP sebesar ω , perpindahan simpangan x dapat dituliskan sebagai:

$$x = A \sin \omega t \quad (2)$$

Besaran ω biasanya diukur dalam radian per detik dan disebut frekuensi lingkaran. Oleh karena gerak berulang dalam 2π radian, maka didapat hubungan:

$$\omega = \frac{2\pi}{t} = 2\pi f \quad (3)$$

dengan τ dan f adalah periode dan frekuensi gerak harmonik berturut-turut dan biasanya diukur dalam detik dan siklus per detik.

Kecepatan dan percepatan gerak harmonik dapat diperoleh secara mudah dengan diferensiasi simpangan gerak harmonik. Dengan menggunakan notasi titik untuk

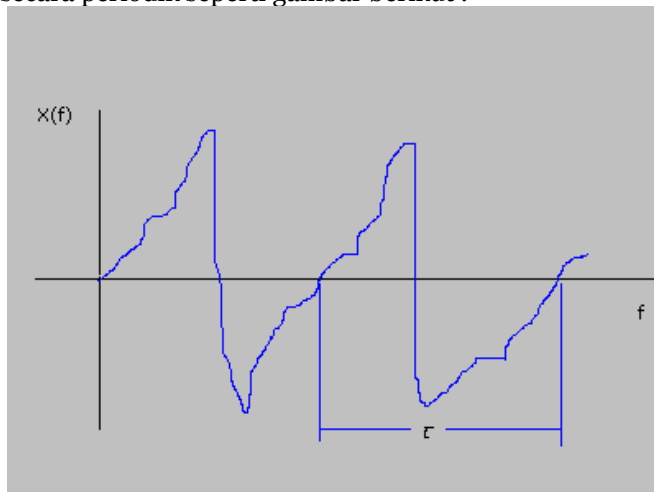
turunannya, maka didapat:

$$\dot{x} = \omega A \cos \omega t = \omega A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (4)$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t = \omega^2 A \sin(\omega t + \pi)$$

1.4 Gerak Periodik

Pada getaran biasanya beberapa frekuensi yang berbeda ada secara bersama-sama. Sebagai contoh, getaran dawai biola terdiri dari frekuensi dasar f dan semua harmoniknya $2f$, $3f$, dan seterusnya. Contoh lain adalah getaran bebas sistem dengan banyak derajat kebebasan, dimana getaran pada tiap frekuensi natural memberi sumbangannya. Getaran semacam ini menghasilkan bentuk gelombang kompleks yang diulang secara periodik seperti gambar berikut .



Gambar 2. Gerak Periodik dengan Periode τ

1.5 Getaran Bebas (Free Vibration)

Getaran bebas terjadi jika sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (*inherent*) dan apabila tidak ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekuensi naturalnya yang merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya

1.6 Getaran Paksa (Forced Vibration)

Getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa. Jika rangsangan tersebut berosilasi, maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan diperoleh suatu keadaan resonansi dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Mesin Politeknik Caltex Riau dan waktu Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan November - Desember 2024

2.2 Metode Pengukuran dan Pengolahan Data Vibrasi Domain Waktu (Time Domain)

Pengolahan data *time domain* melibatkan data hasil pengukuran objek pemantauan sinyal getaran. Hasil pengukuran objek pemantauan dalam domain waktu dapat berupa sinyal:

- Sinyal statik, yaitu sinyal yang karakteristiknya (amplitudo, arah kerjanya) tidak berubah terhadap waktu.
- Sinyal dinamik, yaitu sinyal yang karakteristiknya berubah terhadap waktu, sehingga tidak konstan.

Sinyal dinamik yang sering ditemui dalam praktik berasal dari sinyal getaran, baik yang diukur menggunakan accelerometer, vibrometer, maupun sensor simpangan getaran. Untuk keperluan pengolahan sinyal getaran dalam *time domain*, perlu diperhatikan karakteristik sinyal getaran yang dideteksi oleh masing-masing sensor *acceleration*, *velocity*, dan simpangan getaran (*displacement*).

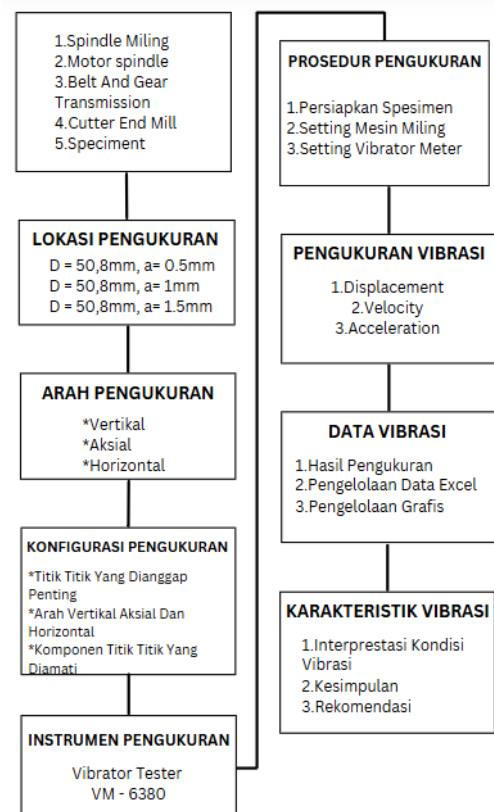
Penelitian dilakukan dengan proses pemakanan benda kerja pada pemakanan muka dengan tiga variasi ketebalan yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm, dan diameter cutter yang digunakan yaitu diameter 20 mm, dimana secara garis besar adalah sebagai berikut.

- Menentukan titik pengukuran pada benda kerja dengan diameter *cutter* yang digunakan dan 3 variasi ketebalan proses pemakanan benda kerja, dengan 3 arah yakni arah aksial, vertical, dan horizontal.
- Melakukan *setting* Vibrometer 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.

2.3 Rancangan Skema Penelitian

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



2.4 Prosedur Pengambilan Data Vibrasi

Terdapat beberapa tahapan yang harus dipersiapkan dan dilaksanakan dalam pengambilan data vibrasi pada benda kerja (*Speciment*) saat proses pemakanan muka (*Facing*).

1. Persiapan Tabel Data Pengukuran Vibrasi

Menyiapkan format tabel untuk pencatatan data hasil pengukuran sinyal vibrasi berdasarkan kondisi pengukuran yang telah ditentukan sebelumnya (Lampiran).

2. Setting Instrumen

Tahapan persiapan yang perlu dilakukan dalam men-setting alat pengukur sinyal vibrasi, berupa Vibration tester analog VM - 6380, antara lain:

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



Gambar 3 Proses Setting Mesin Milling

Tahapan pengukuran sinyal vibrasi:

- Menentukan pengukuran yang akan dilakukan apakah dengan *frequency overall* atau *frequency analyzer*.
- menentukan unit pengukuran; simpangan (mm), kecepatan (mm/sec), dan percepatan (mm/sec²)
- Mencatat/merekam angka getaran yang ditunjukkan oleh jarum indikator apabila telah menunjukkan *range* angka yang stabil



Gambar 4. Vibration Tester

3. Prosedur Pengukuran Sinyal Vibrasi

Prosedur pengukuran yang digunakan dalam mendapatkan sinyal vibrasi pada kepala mesin milling adalah:

- Mendata spesifikasi genset yang akan diukur sinyal vibrasi pada fondasinya, berupa: Daya, kapasitas listrik, putaran, voltase, dan sebagainya.
- Menetapkan atau menentukan lokasi titik-titik pengukuran pada genset 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 vibrasi/getaran (simpangan, kecepatan, dan percepatan) dengan *time domain*.
- Mencatat atau merekam hasil pengukuran vibrasi, berupa angka vibrasi (simpangan, kecepatan, percepatan) 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 motor listrik penggerak pompa sentrifugal agar dapat beroperasi dengan optimal.

3. PENGUJUAN DAN ANALISA

3.1 Analisa Data Hasil Pengukuran

Adapun data yang telah di ambil dengan proses pemakanan benda kerja dengan tiga variasi pemakanan yaitu 0,5 mm, 1 mm dan 1,5 mm pada satu benda kerja dengan diameter bendakerja 50,8 mm. Dengan penentuan tiga titik pengukuran pada bagian aksial, vertikal, horizontal dengan waktu yang sudah di lakukan yaitu (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), dan selanjutnya data tersebut dilakukan pengolahan data dan dilakukan penggambaran rata rata pada data tersebut.

Data hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 1. Hasil pengolahan data getaran untuk mesin milling pada titik benda kerja $\varnothing$ 50,8 mm ($a=0,5$ mm, $a=1$ mm, $a=1,5$ mm), titik $\varnothing$ 50 mm ($a=0,5$ mm, $a=1$ mm, $a=1,5$ mm), dan titik $\varnothing$ 50 mm ($a=0,5$ mm, $a=1$ mm, $a=1,5$ mm) kondisi time domain $\varnothing$ 50,8 mm, $a=0,5$ mm

Rata -rata	Aksial	vertikal	Horizontal
Displacement(mm)	0,0433	0,0204	0,1144
Velocity (cm/s)	0,3673	0,0653	1,0467
Acceleration (m/s)	2253,3333	740,0000	593,3333

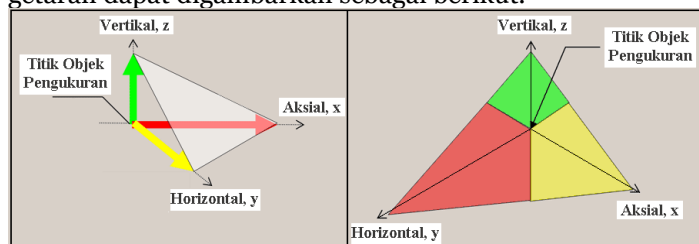
$\varnothing$ 50,8 mm, $a=1$ mm

Rata -rata	Aksial	vertikal	Horizontal
Displacement(mm)	0,0453	0,0260	0,0888
Velocity (cm/s)	0,1240	0,4907	1,0533
Acceleration (m/s)	2860,0000	953,3487	704,0000

$\varnothing$ 50,8 mm, $a=1,5$ mm

Rata -rata	Aksial	vertikal	Horizontal
Displacement(mm)	0,0249	0,0491	0,0850
Velocity (cm/s)	0,1133	0,5880	0,9587
Acceleration (m/s)	1695,3333	1975,3333	600,0000

Data-data hasil pengukuran meliputi tiga arah pengukuran yaitu arah aksial, vertikal dan horizontal. Arah pengukuran getaran dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5. Arah pengukuran getaran

Pada getaran harmonik berlaku rumus-rumus umum getaran yaitu,

$$\text{Simpangan} \quad y = A \sin \omega t \quad (5)$$

$$\text{Kecepatan} \quad \dot{y} = A \omega \cos \omega t \quad (6)$$

$$\text{Percepatan} \quad \ddot{y} = -A\omega^2 \sin \omega t \quad (7)$$

Substitusi persamaan 5 ke persamaan 7 akan didapat:

$$\ddot{y} = -y\omega^2 \quad (8)$$

Tanda negatif menyatakan bahwa arah percepatan berlawanan dengan arah simpangannya.

Sehingga didapat frekuensi getaran dalam bentuk kecepatan sudut:

$$\omega = \sqrt{\frac{\ddot{y}}{y}} \quad (9)$$

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

$$A_1 = A_2 = A_3 \quad (10)$$

Sehingga didapat

$$\frac{y}{\sin \omega t} = \frac{\dot{y}}{\omega \cos \omega t} = \frac{\ddot{y}}{\omega^2 \sin \omega t}$$

$$\frac{y}{\dot{y}} = \frac{\sin \omega t}{\omega \cos \omega t} \Rightarrow \omega t = \arctan \frac{y\omega}{\dot{y}} \quad (11)$$

Harga-harga y , $\dot{y}$ dan $\ddot{y}$ diperoleh dari hasil pengukuran. Harga tersebut merupakan fungsi dari frekuensi (*frequency domain*) dan waktu (*time domain*). Hasil perhitungan tersebut dapat ditampilkan dalam tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan ωt dan amplitudo dari pengukuran pada time domain

$\varnothing$ 50,8 mm, $a=0,5$ mm			
Arah	Aksial	Vertikal	Horizontal
ω $= 2\pi f$ (rad/s)	228,2107	190,4587	72,0172
$\omega t = 2\pi f t$ (rad)	87,8694	89,0366	82,7598
$\sin \omega t$	0,0433	0,0204	0,1153
A (mm)	0,0433	0,0204	0,1153
$\varnothing$ 50,8 mm, $a=1$ mm			
Arah	Aksial	Vertikal	Horizontal
ω $= 2\pi f$ (rad/s)	251,3586	191,4870	89,0389
$\omega t = 2\pi f t$ (rad)	89,3756	84,3715	82,4117
$\sin \omega t$	0,0453	0,0261	0,0896
A (mm)	0,0453	0,0261	0,0896
$\varnothing$ 50,8 mm, $a=1,5$ mm			
Arah	Aksial	Vertikal	Horizontal
ω $= 2\pi f$ (rad/s)	261,1071	200,5082	84,0168
$\omega t = 2\pi f t$ (rad)	89,0000	86,5843	82,3543
$\sin \omega t$	0,0249	0,0492	0,0858
A (mm)	0,0249	0,0492	0,0858

3.2 Hasil Pengukuran dengan menggunakan Diameter Cutter 55 mm dengan tiga variasi ketebalan proses pemakanan

Pada Proses pengukuran getaran menggunakan Spesiment uji dengan dimensi panjang 150 mm, lebar 40 mm, tinggi 40 mm. Pada penelitian ini digunakan cutter milling diameter 55 mm, dengan ketebalan variasi 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm. Pengukuran yang dilakukan dengan tiga arah yang berbeda yaitu arah vertikal, horizontal, dan arah axial.



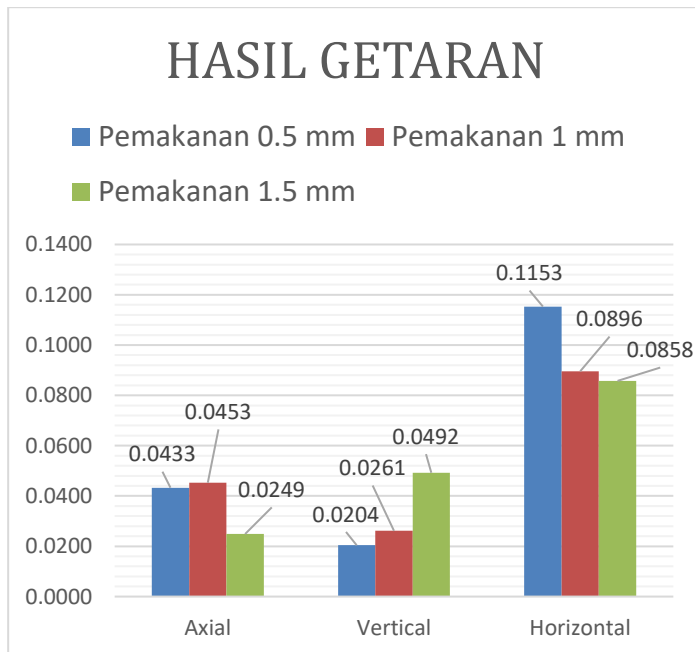
Gambar 6 Proses Pengukuran dengan diameter cutter 20 mm.

Hasil perhitungan diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan pada titik pengukuran dengan diameter cutter 20 mm, dengan ketebalan variasi 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm.

Titik Pengukuran	Amplitudo A (mm)		
	Aksial	Vertikal	Horizontal
$\varnothing 50,8 \text{ mm}$, a = 0,5 mm	0,0433	0,0204	0,1153
$\varnothing 50,8 \text{ mm}$, a = 1 mm	0,0453	0,0261	0,0896
$\varnothing 50,8 \text{ mm}$, a = 1,5 mm	0,0249	0,0492	0,0858

Selanjutnya dapat dilihat dalam bentuk Colum Chart pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 7. Hasil perhitungan pada titik pengukuran dengan diameter cutter 20 mm, dengan ketebalan variasi 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm.

Dari Gambar 4.4 terlihat amplitudo terbesar terjadi pada pengukuran dengan tebal pemakanan 0.5 mm pada arah horizontal yaitu sebesar 0,1153 mm. Sedangkan yang terkecil terjadi pada pengukuran dengan tebal

pemakanan 0,5 mm pada arah vertikal yaitu sebesar 0,0204 mm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

- Arah Horizontal:**
Getaran terbesar terjadi pada kedalaman pemakanan 0,5 mm sebesar 0,1153 mm.
Dengan bertambahnya kedalaman pemakanan hingga 1,5 mm, getaran cenderung menurun (pada kedalaman pemakanan 1 mm sebesar 0,0893 mm, dan pada 1,5 mm sebesar 0,0858 mm).
- Arah Axial:**
Getaran terbesar terjadi pada kedalaman pemakanan 1 mm sebesar 0,0453 mm.
Pada kedalaman pemakanan 0,5 mm (0,0433 mm) dan 1,5 mm (0,0249 mm), getaran lebih kecil dibandingkan kedalaman pemakanan 1 mm.
- Arah Vertikal:**
Getaran terbesar terjadi pada kedalaman pemakanan 1 mm sebesar 0,0261 mm.
Getaran sedikit lebih rendah pada kedalaman pemakanan 1,5 mm (0,0249 mm) dan paling kecil pada kedalaman pemakanan 0,5 mm (0,0204 mm).
- Arah horizontal menunjukkan penurunan getaran seiring meningkatnya kedalaman pemakanan.
- Arah axial dan vertikal menghasilkan getaran terbesar pada kedalaman pemakanan 1 mm, namun dengan perbedaan yang tidak signifikan dibandingkan kedalaman pemakanan lainnya.
- kedalaman pemakanan memengaruhi besar getaran dengan pola yang berbeda pada setiap arah (horizontal, axial, vertikal).

4.1 Saran

- Dalam melakukan pengambilan data benda kerja (speciment) perlu diperhatikan pada saat di lakukannya penekaman yang kuat dan posisi benda kerja harus datar atau tegak lurus dengan gaya gravitasi sehingga pada saat pemakanan terjadi pemakanan dengan kedalaman yang sama pada setiap permukaan yang dipotong, sehingga getaran yang ditimbulkan sama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya, R., & Suryana, I. (2019). "Analisis Getaran pada Mesin Milling Universal dengan Variasi Kedalaman Potong." *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(2), 25-32.
- [2] Andrew Dimarogonas. (1996). *Vibration for Engineers* (Second Edition). Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- [3] Dunham, Clarence W. (1962). *Foundation of Structures* (Second Edition). Tokyo: Tusho Insatsu Printing CO Ltd.
- [4] Habib, Raffi Fadila. "Efek Variasi Kedalaman Pemakanan Benda Kerja ST 41 Terhadap Kekasaran

- Permukaan Pada Proses Frais Vertikal." Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- [5] Hidayat, R., & Gunawan, A. (2020). "Pengaruh Variasi Parameter Pemesinan terhadap Getaran pada Mesin Milling CNC." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 18(1), 45-52.
- [6] Pratama, Y. D., & Saputra, H. (2021). "Studi Eksperimental Getaran pada Mesin Milling Horizontal untuk Optimalisasi Proses Pemotongan." *Jurnal Teknologi Produksi*, 16(3), 65-73.
- [7] Santoso, D. H., & Nugroho, F. S. (2022). "Analisis Hubungan Kedalaman Potong dan Getaran pada Mesin Milling Manual." *Jurnal Teknologi Manufaktur Indonesia*, 11(4), 120-130.
- [8] Seto, William W. (1992). *Getaran Mekanis (Mechanical Vibration) (Alih Bahasa: Darwin Sebayang)*. Erlangga, Jakarta.
- [9] Sihombing, Suriady, Waldemar Naibaho, Wilson Nababan, Rainhart Butar-butur, & Amran Snaga. (2023). "Analisa Karakteristik Getaran Mesin Stone Crusher Kapasitas 50Ton/Jam Batu Koral Pada Daerah Horizontal, Vertikal dan Longitudinal Berdasarkan Time Domain." Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen.
- [10] Susanto, M. T., & Kurniawan, R. (2023). "Pengukuran dan Analisis Getaran pada Mesin Frais untuk Meningkatkan Stabilitas Proses Pemesinan." *Jurnal Rekayasa Mesin*, 20(2), 89-97.
- [11] Syamsuddin, H., & Rahmatullah, A. (2023). "Optimasi Parameter Pemesinan untuk Meminimalkan Getaran pada Mesin Milling CNC." *Jurnal Teknik Produksi dan Manufaktur Indonesia*, 12(3), 45-55.
- [12] Wijaya, I. P., & Saputra, R. (2022). "Pengaruh Amplitudo Getaran terhadap Kualitas Pemesinan pada Mesin Frais Vertikal." *Jurnal Riset Teknik Mesin*, 15(1), 32-42.