

## PROFIL SEBARAN GETARAN DI LINGKUNGAN INDUSTRI MESIN MINUMAN

### *VIBRATION DISTRIBUTION PROFILE ON VENDING MACHINE INDUSTRY*

**Januar Arif Fatkhurrahman dan Moh Syarif Romadhon**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri  
Jl. Kimangunsarkoro No.6, Semarang, Jawa Tengah 50136  
e-mail : januarfa@kemenperin.go.id

Naskah diterima tanggal 10 Maret 2014, disetujui tanggal 21 April 2014

#### **ABSTRACT**

*Production machine performance on vending machine industry implicate vibration effect to its environment and working amenities. This research works on several steps; vibration data mining, analysis of vibration effect among its frequency and vibration spreading, and mathematical approach, compared with matlab mathematical equation from vibration displacement equation. As the result of this research, vibration effect getting weaker as it range continues to the end, highest vibration effect happen within range 6 – 12 meters from vibration source, Matlab use to see, vibration profile from displacement equation. Vibration profile on measurement method unequal with Matlab displacement equation because of many interference on measurement location.*

**Keywords** : *vibration spreading profile, frequency, matlab*

#### **ABSTRAK**

Kinerja mesin produksi pada industri mesin minuman, terutama pada mesin pencetak menimbulkan getaran mekanik yang merambat ke lingkungan kerja. Efek getaran yang merambat pada lingkungan kerja dapat dianalisis berdasarkan gangguan terhadap kenyamanan kerja terhadap jarak rambat getaran. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan; pengambilan data getaran, analisis efek getaran terhadap ukur kenyamanan kerja berdasar frekuensi dan jarak rambat getaran, dan pendekatan persamaan matematis terhadap tingkat getaran pada profil mesin pencetak di industri mesin minuman. Dari hasil analisis efek getaran terhadap kenyamanan kerja, rambat getaran semakin melemah seiring dengan jarak, paparan tertinggi getaran terjadi pada jarak 6 – 12 meter dari sumber getaran, penggunaan matlab digunakan untuk melihat profil Rambat Getaran terukur dilihat dari persamaan matematis rambat getaran. Profil Rambat Getaran hasil pengukuran belum cukup equal dengan persamaan matematis rambat getaran, dikarenakan banyaknya traksumber gangguan getaran lain di sekitar lokasi pengukuran.

**Kata kunci** : profil rambat getaran, frekuensi, matlab

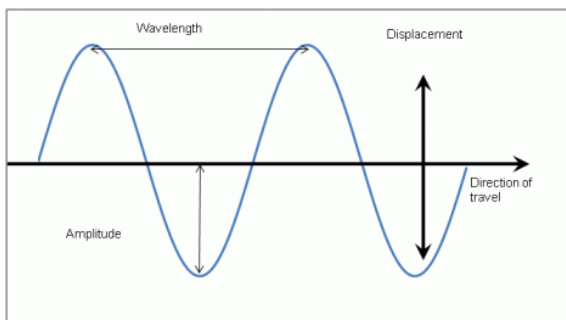
#### **PENDAHULUAN**

Pesatnya perkembangan industri di Indonesia, menyebabkan mekanisasi peralatan proses menjadi bagian penting dalam peningkatan kualitas dan kuantitas produksi. Hal tersebut menyebabkan berbagai efek terhadap lingkungan kerja, salah satunya getaran dari proses mekanik peralatan produksi. Getaran adalah gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik acuan, sedangkan yang dimaksud dengan getaran mekanik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia (Anurlita, 2009). Getaran mekanik yang terjadi secara kontinu pada sumber getaran, memberikan efek ke seluruh arah pada bidang

rambat getaran tersebut, dan beberapa diantaranya menyebabkan ketidaknyamanan lingkungan dan pekerja, bahkan keamanan bangunan (Bachman, 1995). Pada industri pembuatan mesin minuman (*vending machines*), mesin – mesin pencetak digunakan untuk membentuk plat maupun bagian pembentuk mesin, dengan intensitas proses yang kontinu dan melibatkan banyak pekerja di sekitar area proses. Adanya pekerjaan yang kontinu dan melibatkan banyaknya pekerja, dampak negatif berupa getaran mesin produksi akan langsung dirasakan oleh para pekerja. Sebaran getaran dapat diidentifikasi sebagai rambatan gelombang sinusoidal, sebuah rambatan gelombang dapat dimodelkan dengan pendekatan matematis. Dengan pendekatan

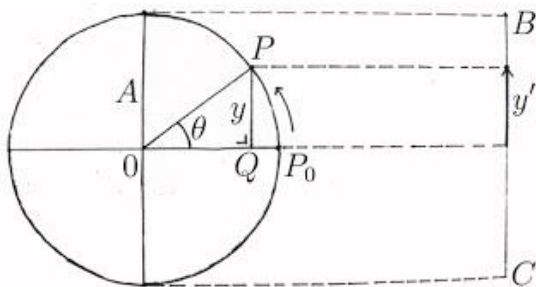
matematis, dapat dianalisis sebuah profil yang akan membantu pihak industri melakukan aksi awal yang bersifat pencegahan terhadap efek getaran tersebut, pada tiap sumber getaran yang bersumber dari peralatan proses produksi.

Getaran merupakan sebuah pola gelombang transversal, dimana arah rambatnya tegak lurus dengan getarannya seperti terlihat pada gambar 1. (Morin, 2007). Dengan melihat pola gelombang transversal tersebut terlihat bahwa getaran merambat dengan grafik sinusoidal. Sementara, pada kegiatan penelitian ini akan dilihat hubungan antara tingkat sebaran getaran sebagai fungsi jarak, sehingga persamaan matematis yang digunakan adalah persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*) (Carlo, 1998).



Gambar 1. Gelombang Transversal

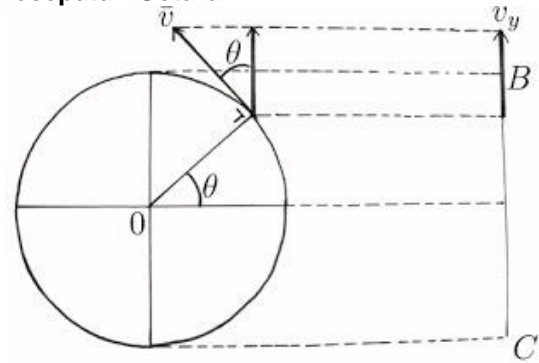
Karena gerak gelombang merupakan gerak harmonik, maka penurunan persamaan geraknya dapat dilakukan dengan menganalisa gerak melingkar (Gambar 2).



Gambar 2. Gerak Harmonik Gelombang (Narasoma, 2011)

Sebuah titik pada saat  $t = 0$  berada di  $P_0$ , kemudian bergerak ke titik  $P$ . Lintasan gerak ini diproyeksikan ke garis  $BC$ , sehingga menghasilkan simpangan  $y$  atau proyeksinya  $y'$ . Nilai  $y$  paling tinggi adalah jari – jari lingkaran,  $A$ . Kita peroleh  $\frac{y}{A} = \sin \theta$ . Untuk berputar penuh, dibutuhkan waktu sebesar  $T$ .  $P_0$  bergerak menuju  $P$ , maka waktu tempuh yang diperlukan titik ini adalah  $\frac{T}{2\pi} \theta$ . Maka  $\theta = \omega t$ . Simpangan ( $y$ ), dapat disimpulkan menjadi persamaan  $y = A \times \sin \omega t$ .

### Kecepatan Getaran

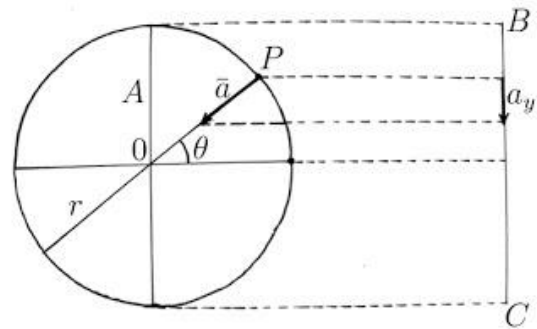


Gambar 3. Kecepatan Getaran

Laju partikel yang bergerak melingkar adalah tetap, sedangkan arahnya selalu berubah. Dilukiskan oleh vektor  $v$ , dimana  $v = \frac{2\pi A}{T}$ . Kecepatan getar dilukiskan oleh proyeksi  $v$  pada garis  $BC$ , yaitu  $v_y$ . Dijabarkan dengan rumus :

$$v_y = \frac{2\pi A}{T} \times \cos \theta \text{ atau } v_y = \frac{2\pi A}{T} \times \cos \frac{2\pi}{T} t \quad \dots\dots (1)$$

### Percepatan Getaran



Gambar 4. Percepatan Getaran

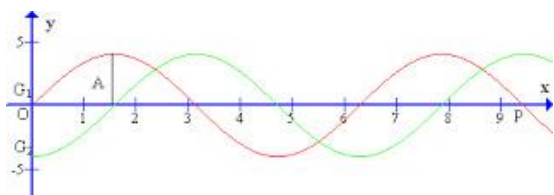
Titik  $P$  bergerak dengan kecepatan sebesar  $v$ , mengelilingi pusat lingkaran, yang didefinisikan sebagai percepatan yang besarnya tetap sedangkan arahnya menuju pusat lingkaran. Percepatan ini disebut percepatan sentripetal. Besarnya diberikan oleh rumus

$$a = \frac{v}{A} = \frac{\frac{2\pi}{T^2}}{A} = \frac{2\pi^2 A}{T^2} \quad \dots\dots (2)$$

Persamaan kecepatan dan persamaan percepatan merupakan diferensial dari fungsi posisi / simpangan, seperti dijabarkan dalam persamaan berikut;

- Fungsi simpangan / posisi  
 $y = \omega A. \sin \omega t$
- Fungsi kecepatan / diferensial pertama  
 $v_y = \omega A. \sin \omega t$
- Fungsi percepatan / diferensial kedua  
 $a_y = -\omega^2 A \sin \omega t$

### Persamaan Gelombang Berjalan



Gambar 5. Rambatan Gelombang

Garis merah G1 menggambarkan gelombang yang merambat dari kiri ke kanan pada saat tertentu, misalkan cepat rambat gelombang ini adalah  $v$ . sedangkan garis hijau G2 merupakan keadaan gelombang tadi setelah  $t$  detik. Perhatikan juga, di sana terdapat titik pembatas untuk memudahkan analisa. Titik O di pusat koordinat dan titik P di ujung gelombang berimpit dengan sumbu-x. Saat O mulai bergetar, P masih diam. Hingga beberapa saat kemudian, ketika O telah bergetar selama  $t$  detik barulah P mulai bergetar. Kesimpulannya, ketika O telah beresilasi selama  $t$  detik maka P juga beresilasi selama kurang dari  $t$  detik.

Simpangan di titik O diberikan oleh persamaan :  

$$y_0 = A \cdot \sin \omega t \quad \dots(3)$$

Sementara titik P yang waktu getarnya kurang dari O, yakni sebesar  $x/v$  detik akan memiliki simpangan :

$$y_p = A \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left( \omega t - \omega \frac{x}{v} \right) \quad \dots(4)$$

$$y_p = A \sin(\omega t - kx)$$

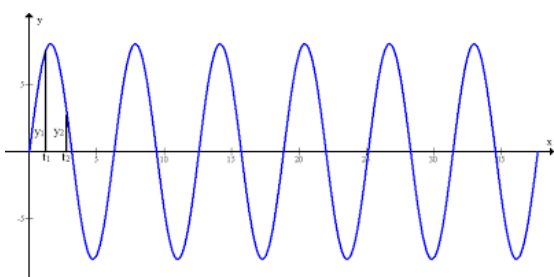
Jika gelombang bergerak dari kanan ke kiri, ketika O sudah bergetar selama  $t$  detik maka P telah bergetar selama  $t + \frac{x}{v}$  detik. Dengan cara yang sama diperoleh :

$$y_p = A \sin(\omega t + kx)$$

Karena kedua persamaan hanya berbeda tanda, maka kita dapat membuat rumusan yang lebih umum :

$$y_p = A \sin(\omega t \pm kx)$$

### Persamaan Gerak Gelombang Klasik



Gambar 6. Gerak Gelombang Klasik

Perhatikan bahwa nilai  $y$  tergantung pada posisinya dalam sumbu- $x$ , dan tentu saja waktu. Maka fungsi gelombang secara umum adalah  $y = f(x,t)$ . Sekaligus juga memenuhi persamaan

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad \dots (5)$$

dimana suku  $dx^2$  setara dengan  $v^2 \cdot dt^2$ . Dan, tanda  $\partial$  diganti dengan  $d$  karena persamaan tersebut merupakan fungsi dengan variabel tunggal. Perasamaan inilah yang selanjutnya digunakan oleh Schrodinger untuk mendasari teorinya tentang fisika kuantum. Grafik fungsi sinus membentuk gelombang berjalan, karena itulah dinamakan gelombang sinusoidal.

Melihat perilaku getaran sebagai gelombang, dan melihat bahwa pada ruang produksi di industri mesin minuman, terutama mesin pencetak merupakan lokasi dengan banyak pekerja, pada kegiatan penelitian ini dimaksudkan untuk membuat profil Rambat Getaran pada tiap frekuensi yang mempengaruhi kenyamanan (KepmenLH/48, 1996) terhadap lokasi pekerja yang digambarkan pada jarak. Pada kegiatan penelitian ini, penggunaan matlab digunakan untuk melihat profil Rambat Getaran terukur dilihat dari persamaan matematis rambat getaran (persamaan 4).

### METODE PENELITIAN

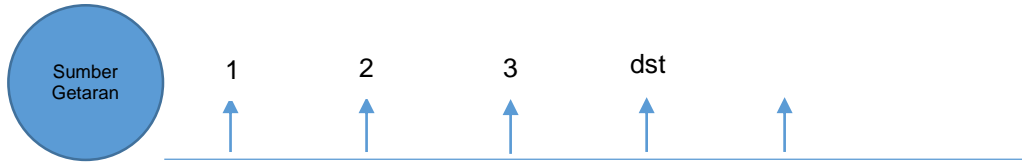
Kegiatan penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu;

- 1) Pengukuran data getaran  
 Data getaran diukur dari sumber getaran mesin pencetak di industri mesin minuman. Kecenderungan lokasi pekerja sebagai penentu kenyamanan pekerja diukur berdasarkan jarak, dengan interval 2 meter, sampai 16 meter (batas dengan unit proses lain). Data diukur menggunakan vibration level meter Onno Sokki VR6100
- 2) Pembuatan profil Rambat Getaran  
 Profil Rambat Getaran, dibatasi hanya untuk kenyamanan terhadap pekerja sesuai pada KepmenLH KEP-49/MENLH/11/1996.
- 3) Analisis matlab terhadap profil Rambat Getaran  
 Persamaan (4) rambat getaran, digunakan sebagai uji silang dengan profil Rambat Getaran data hasil pengukuran terhadap jarak terhadap tingkat getaran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengambilan data getaran dilaksanakan di area mesin Pencetak di industri mesin

minuman, pengambilan data getaran dilakukan dengan variasi jarak, untuk merepresentasikan titik kecenderungan lokasi pekerja dari sumber getaran, seperti terlihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Lokasi Pengambilan Data Getaran

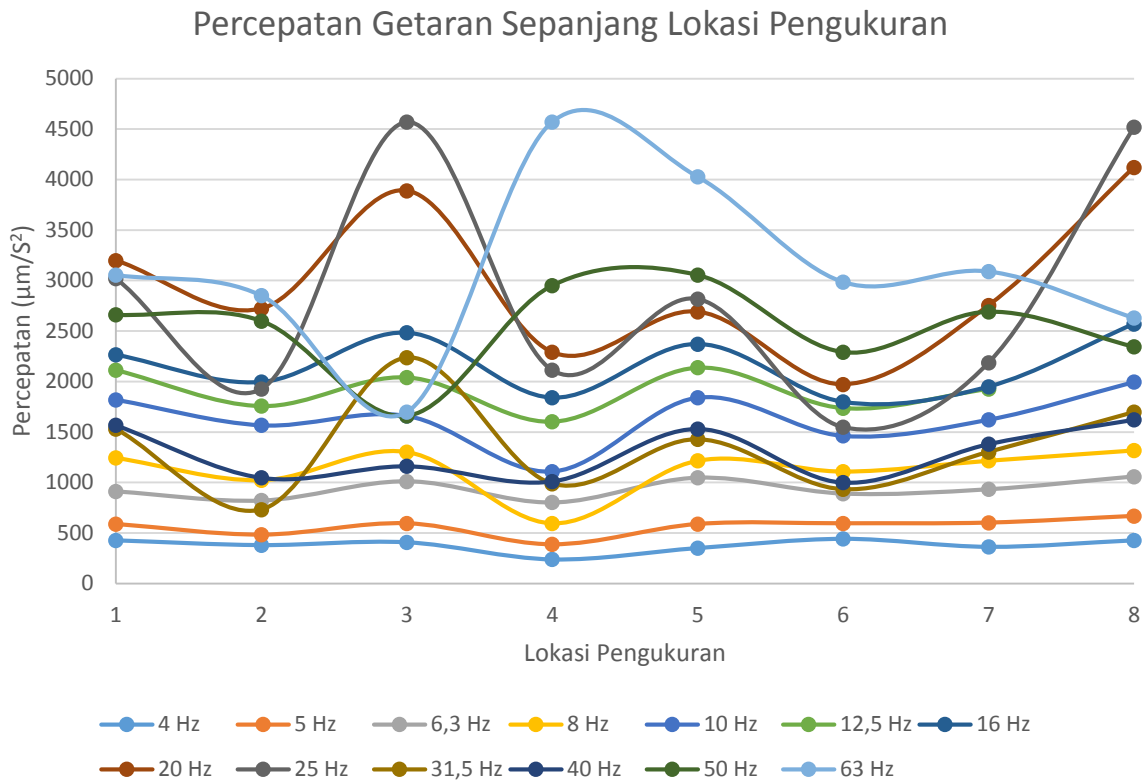
Data getaran pada tiap interval jarak dari sumber getaran, diunduh dari vibration meter Onno Sokki VR-6100, seperti terlihat pada tabel 1.

Data yang diukur merupakan tingkat getaran (dB).

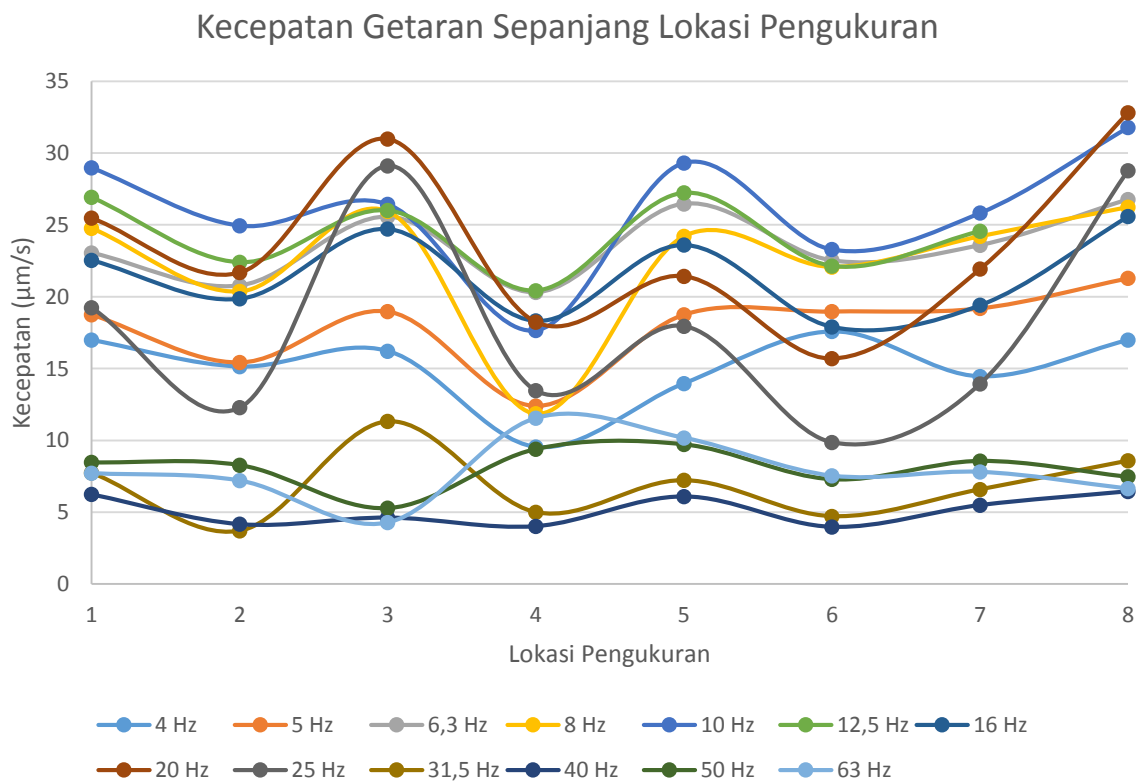
**Tabel 1.** Tingkat Getaran (dB) pada Interval Jarak dari Sumber Getaran

		<b>TINGKAT GETARAN PADA INTERVAL JARAK DARI SUMBER</b>							
<b>NO</b>	<b>FREKUENSI (HZ)</b>	<b>GETARAN (DB)</b>							
		2 meter	4 meter	6 meter	8 meter	10 meter	12 meter	14 meter	16 meter
1	4	32,6	31,6	32,2	27,6	30,9	32,9	31,2	32,6
2	5	35,4	33,7	35,5	31,8	35,4	35,5	35,6	36,5
3	6,3	39,2	38,3	40,1	38,1	40,4	39	39,4	40,5
4	8	41,9	40,2	42,3	35,5	41,7	40,9	41,7	42,4
5	10	45,2	43,9	44,4	40,9	45,3	43,3	44,2	46
6	12,5	46,5	44,9	46,2	44,1	46,6	44,8	45,7	47
7	16	47,1	46	47,9	45,3	47,5	45,1	45,8	48,2
8	20	50,1	48,7	51,8	47,2	48,6	45,9	48,8	52,3
9	25	49,6	45,7	53,2	46,5	49	43,8	46,8	53,1
10	31,5	43,7	37,3	47	39,9	43,1	39,4	42,3	44,6
11	40	43,9	40,4	41,3	40,1	43,7	40	42,8	44,2
12	50	48,5	48,3	44,4	49,4	49,7	47,2	48,6	47,4
13	63	49,7	49,1	44,6	53,2	52,1	49,5	49,8	48,4

Data tingkat getaran, selanjutnya diolah menggunakan persamaan rambat getaran, kecepatan getaran, dan percepatan getaran.

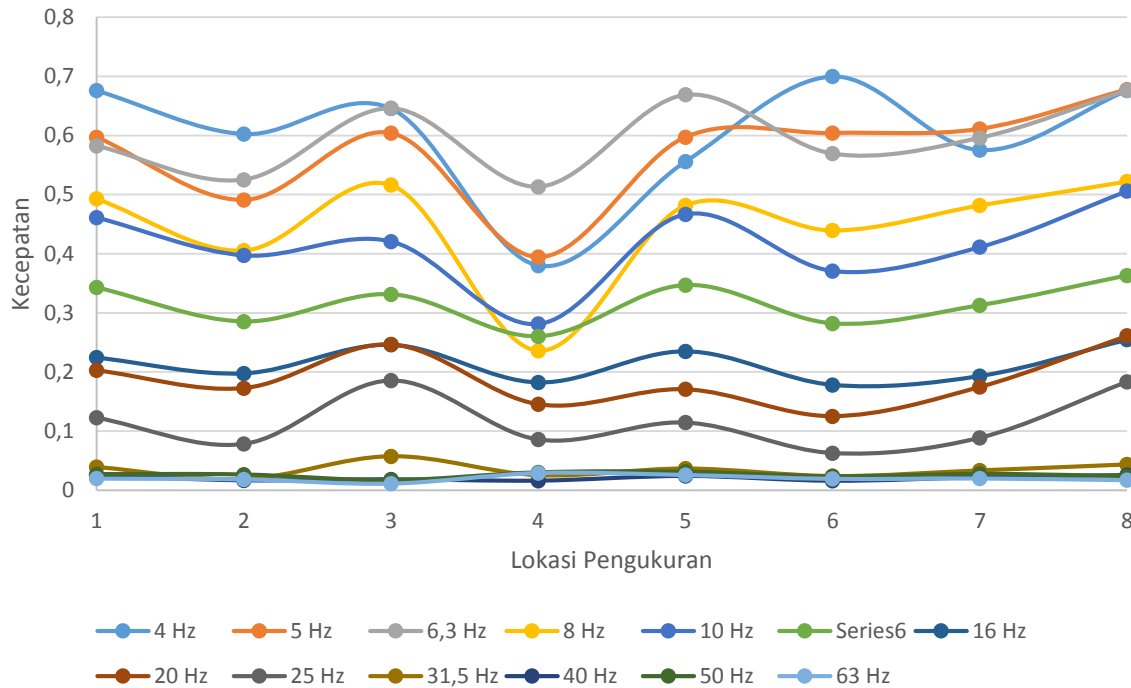


**Gambar 8.** Percepatan Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran



**Gambar 9.** Kecepatan Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran

### Rambat Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran



Gambar 10. Rambat Getaran Sepanjang Lokasi Pengukuran

Gambar 8, 9, dan 10 menunjukkan kecenderungan rambat getaran pada masing – masing frekuensi. Pada frekuensi rendah, rambat getaran cenderung landai, sementara pada frekuensi yang lebih tinggi, rambat getaran mempunyai amplitudo yang lebih tinggi. Amplitudo yang lebih menunjukkan kuantitas paparan getaran yang lebih tinggi. Dari tiga gambar tersebut juga terlihat konsentrasi paparan getaran banyak terjadi pada jarak 6 – 12 meter dari sumber getaran, sehingga dapat disimpulkan pekerja pada jarak 6 – 12 meter

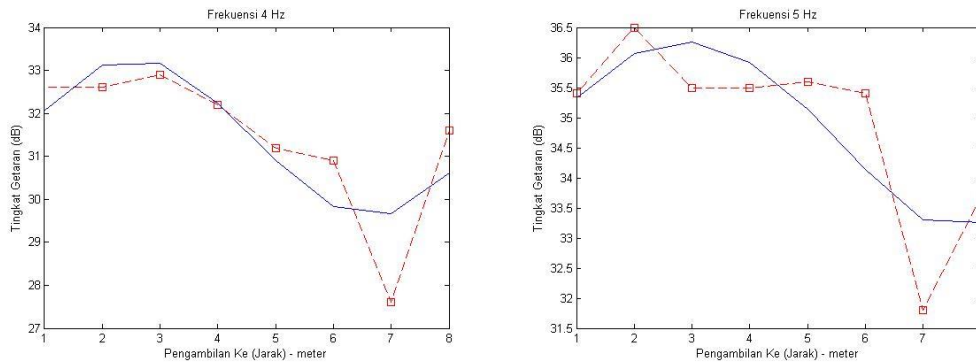
lebih banyak terpapar efek getaran daripada di jarak lainnya. Rambat getaran seperti terlihat pada gambar 10, bergerak menurut gerak sinusoidal, semakin jauh dari sumber getaran, untuk keseluruhan frekuensi pengukuran terlihat efek getaran semakin melemah. Untuk melihat profil getaran tersebut dibandingkan dengan Rambat Getaran sesuai persamaan (4), digunakan Matlab.

$$y_p = A \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left( \omega t - \omega \frac{x}{v} \right)$$

```

1 clear
2 dataGetar;
3 ambil_amplitude;
4 xdata=inspace(1,jumlah_titik,jumlah_titik);
5 %xdat=inspace(1,2*jumlah_titik,2*jumlah_titik);
6
7 for iter=1:4
8     campil=iter+2;
9     ydata=frekuensi(tampil);
10    x0 = [10; -1:1:1]; % Starting guess
11    [x,rsnorm] = lsqcurvefit(@myfun,x0,xdata,ydata);
12    F = x(1)*exp(x(2)*xdata) + (1+x(3))*sin(x(4)*xdata);
13
14    subplot(2,2,iter);
15    plot(xdata,ydata,'--rs');
16    a=freq(tampil);
17    title(['Frekuensi ',num2str(a),' Hz']);
18    hold on
19
20    plot(xdata,F,'-');
21
22 end
    
```

Gambar 11. Plotting Persamaan Rambat Getaran dengan Matlab



Gambar 12. Contoh Tingkat Getaran pada Frekuensi 4Hz dan 5Hz

Hasil plotting persamaan Rambat Getaran dengan bantuan matlab selanjutnya diplot dengan hasil pengukuran Rambat Getaran, seperti terlihat pada gambar 1, pada frekuensi 4Hz dan 5Hz, kurva rambatan gelombang pada persamaan (4) – warna biru, dan kurva rambatan gelombang hasil pengukuran – warna merah, hasil pengukuran menunjukkan kurva sinusoidal yang tidak sempurna, hal ini disebabkan adanya gangguan sumber getaran lain pada saat pengukuran. Hal ini mempengaruhi equalitas antara dua kurva tersebut. Gangguan sumber getaran yang cukup dominan berada di area produksi selain dari mesin produksi adalah banyaknya lalu lalang forklift, terutama pada area sekitar 10 meter sampai 14 meter dari sumber getaran, hal ini dapat terlihat dari gambar 12, dimana pada titik pengukuran nomor 5 – 7 (jarak 10 meter sampai 14 meter), kurva sinusoidal hasil pengukuran tidak equal dengan persamaan rambat getaran. Keterbatasan alat (Tobing, 2009) dalam hal ini untuk pengukuran getaran dengan variasi jarak untuk menghasilkan akurasi data menggunakan dua pengukuran dalam waktu yang bersamaan, sehingga kecenderungan penggunaan satu alat untuk memperbandingkan dua variasi jarak juga menyebabkan kesulitan saat memproyeksikan dalam grafik.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Rambat Getaran, seperti digambarkan pada gambar 8,9, dan 10 yang menyatakan percepatan, kecepatan, dan simpangan getaran menunjukkan bahwa, efek getaran makin melemah berbanding lurus dengan jarak dari sumber getaran. Profil Rambat Getaran hasil pengukuran belum cukup equal dengan persamaan matematis rambat getaran,

dikarenakan banyaknya sumber gangguan getaran lain di sekitar lokasi pengukuran.

**Saran**

Keterbatasan peralatan yang digunakan belum mampu mengukur dua interval jarak dalam satu waktu, perlu dilaksanakan pengukuran data getaran pada satu waktu untuk dua interval jarak yang berbeda

**DAFTAR PUSTAKA**

Anurlita, 2009. *Getaran dan Gelombang*. <http://anurlita.wordpress.com/sains/getaran-dan-gelombang/>. Diakses 12 Agustus 2014.

Bachman, Hugo, 1995. *Vibration Problems in Structures: Practical Guidelines*. Springer Science and Media. Jerman.

Carlo G. Lai, PhD, 1998 . *Simultaneous Inversion of Rayleigh Phase Velocity and Attenuation for Near-Surface Site Characterization*. Georgia Institute of Technology.

Heaton, 2006. *Engineering Seismic Notes*. Caltech Institute of Technologies.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : Kep-49/Menlh/11/1996 Tentang Baku Tingkat Getaran*. 1996

K. Madsen, dkk. *Methods For Non-Linear Least Squares Problems, 2nd Edition. Informatics and Mathematical Modelling*. Technical University of Denmark. 2004.

Morin, David. 2006. *Introduction do Classical Mechanics, Chapter 4. Transverse Waves on string*. University of Harvard.

Narasoma, 2011. *Analisa Gelombang Mekanik*. <http://narasomanotebook.blogspot.com/2011/05/analisa-gelombang->

*mekanik-bagian-2.html*. Diakses 12 Agustus 2014

Tobing, David. 2009. *Pemantauan Tingkat Keadaan Getaran Bantalan Backward Inclined Curve Centrifugal Fan Tipe 2 Swsi Akibat Perubahan Tarikan Sabuk-V Sebagai Pendekatan Teknik Pemeliharaan Di Pabrik Kelapa Sawit*. USU Repository : Medan.