

# BAB I

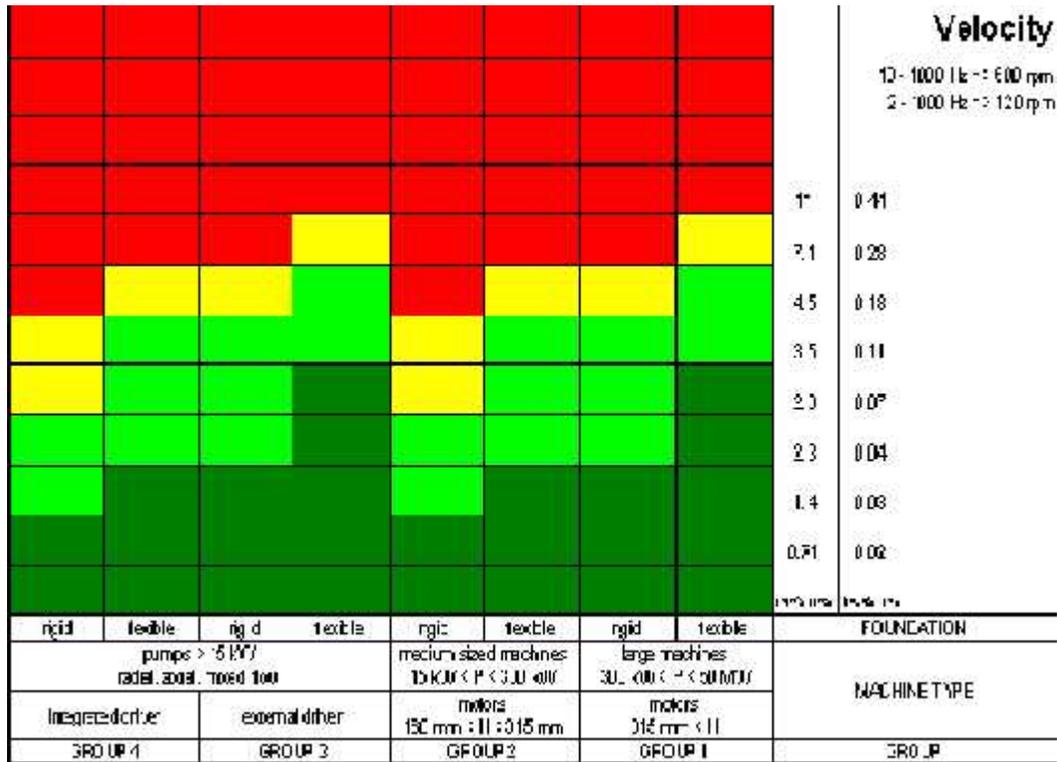
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Getaran merupakan salah satu efek yang terjadi akibat adanya gerak yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan dan frekuensi. Dalam dunia otomotif ada banyak terdapat getaran yang terjadi, seperti getaran mesin baik yang kategori mesin kapasitas berat, mesin medium maupun mesin kapasitas ringan. Getaran mesin atau mesin yang bergetar adalah pergerakan bolak-balik dari sebuah mesin yang bekerja atau sebuah komponen mesin, Sehingga setiap komponen yang bergerak bolak-balik atau berosilasi disebut bergetar. Getaran pada mesin bisa dalam beberapa bentuk. Sebuah komponen mesin bisa bergetar dengan kuat, kecil, cepat atau lambat, atau tanpa suara serta dapat juga menimbulkan panas. Getaran mesin tidak selamanya bisa menimbulkan kerusakan, namun ada beberapa getaran mesin yang memang dirancang untuk keperluan khusus seperti mesin penyaring (*vibration screen*), mesin pemadat (*compactor*). Mobil Truk Molen adalah salah satu jenis mesin alat transportasi berat yang sangat populer dipergunakan dikalangan dunia konstruksi di Indonesia, baik itu digunakan untuk bangunan di darat maupun bangunan dermaga di lautan. Kenyamanan dan keselamatan berkendara adalah suatu hal yang sangat diperlukan oleh para pengguna jasa angkutan. Pengukuran getaran adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memantau tingkat kenyamanan di dalam berkendara dan lebih jauh lagi dengan analisis getaran dapat diketahui dengan tepat apabila terjadi gangguan selama dalam perjalanan maupun saat pengoperasian. Oleh sebab itu peneliti ingin menganalisa karakteristik getaran truk molen kapasitas 5 meter kubik beton cor berdasarkan putaran 1500, 2000, 2500 ( Rpm ) untuk daerah *Horizontal*, *Aksial* dan *Vertikal* berdasarkan time domain pada jalur perjalanan dari Tanjung Morawa – Medan.

### 1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan suatu Standart ISO 10816-3 untuk standart getaran berdasarkan kecepatan sebagai acuan yang dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1  
Standart ISO  
10816-3  
untuk  
getaran.  
(Dynaseq.  
2006]

Dari  
Gambar 1.1  
dapat dilihat  
bahwa

sesuai standart ISO 10816-3 untuk getaran dikategorikan kepada 4 zona yaitu :

1. Zona A berwarna hijau, getaran dari mesin sangat baik dan dibawah getaran yang diijinkan.
2. Zona B berwarna hijau muda, getaran dari mesin baik dan dapat dioperasikan tanpa larangan.
3. Zona C berwarna kuning, getaran dari mesin dalam batas toleransi dan hanya dioperasikan dalam waktu terbatas.
4. Zona D berwarna merah, getaran dari mesin dalam batas berbahaya dan dapat terjadi kerusakan sewaktu-waktu.

Adapun cakupan penelitian yang penulis lakukan meliputi :

1. Pengukuran vibrasi pada dudukan tabung beton cor pada daerah Horizontal, Aksial dan daerah vertikal.

2. Pemasangan alat dudukan vibrometer pada dudukan tabung beton cor.
3. Melakukan Spooing dan balancing untuk truk Molem.

### **1.3 Tujuan Penelitian.**

#### 1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisa karakteristik getaran truk molen kapasitas 5 meter kubik beton cor berdasarkan putaran 1500, 2000, 2500 (Rpm) untuk daerah Horizontal, Aksial dan Vertikal berdasarkan time domain pada jalur perjalanan dari Tanjung Morawa - Medan.

#### 1.3.2. Tujuan Khusus

Mendapatkan besarnya vibrasi pada dudukan tabung beton cor truk Molen pada daerah Horizontal, Aksial dan daerah vertikal, berupa data :

- a. *Simpangan*
- b. *Kecepatan*
- c. *Percepatan*

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini merupakan suatu upaya nyata dari pihak perguruan tinggi dalam memberikan informasi kepada dunia industri otomotif tentang kenyamanan penggunaan truk molen yang memiliki kapasitas 3 - 5 meter kubik beton cor sebagai indikator perawatan atau maintenance dari segi karakteristik getaran.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. 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.

Secara umum gerak harmonik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$X = A \sin 2\pi t / \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana : A adalah amplitudo osilasi yang diukur dari posisi setimbang massa, adalah periode dimana gerak diulang pada t = , Gerak harmonik sering dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar dengan kecepatan yang tetap pada suatu garis lurus seperti terlihat pada gambar 2.1 dengan kecepatan sudut garis OP sebesar , maka perpindahan simpangan x dapat dituliskan sebagai:

$$x = A \sin t \dots\dots\dots(2.2)$$

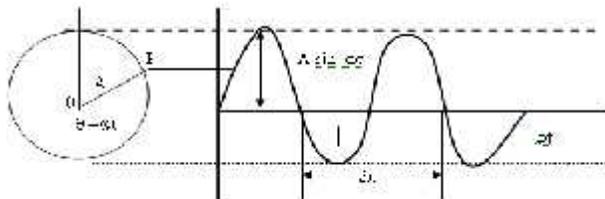
Oleh karena gerak berulang dalam 2π radian, maka didapat

$$= 2\pi / = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka didapat :

$$x = A \cos t = A \sin ( t + \pi/2) \dots\dots\dots(2.4)$$

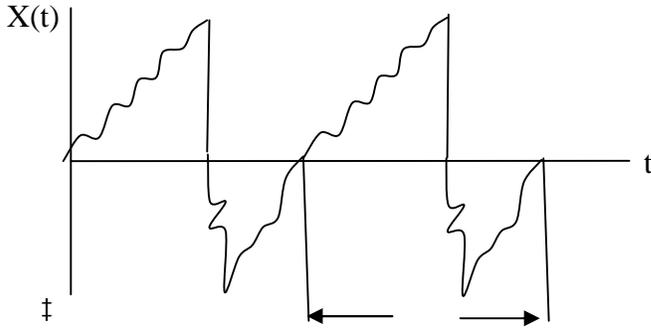
$$\dot{x} = - A \sin t = \dot{\phantom{x}}^2 A \sin ( t + \dots ) \dots\dots\dots(2.5)$$



Gambar 2.1 Gerak harmonik sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak pada lingkaran

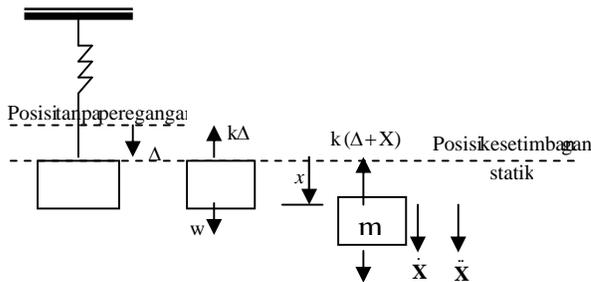
Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekuensi naturalnya yang merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya.

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 2.2 gerak periodik dengan periode .

Berkaitan dengan latar belakang diatas, penelitian ini mengkaji tentang analisa getaran yang merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya.



Gambar 2.3 Sistem pegas-massa dari diagram benda bebas

Hukum Newton kedua adalah dasar pertama untuk meneliti gerak system, pada gambar 2.3 terlihat perubahan bentuk pegas pada posisi kesetimbangan adalah  $\Delta$  dan gaya pegas adalah  $k \Delta$  yang sama dengan gaya gravitasi yang bekerja pada massa  $m$ ,

$$K = w = mg \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Hukum Newton II untuk gerak pada massa  $m$  :

$$m \ddot{x} = F = w - k(\Delta + x) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dan karena  $k \Delta = w$ , maka diperoleh :

$$m \ddot{x} = - kx \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Frekuensi lingkaran  $\omega_n^2 = k / m$ , sehingga persamaan (2.8) dapat ditulis :

$$\ddot{x} + \omega_n^2 x = 0 \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Sehingga persamaan umum differensial linier orde kedua yang homogen :

$$X = A \sin \omega_n t + \cos \omega_n t \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Periode natural osilasi dibentuk dari :

$$\omega_n = 2\pi f_n \quad \text{atau} \quad f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k/m} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

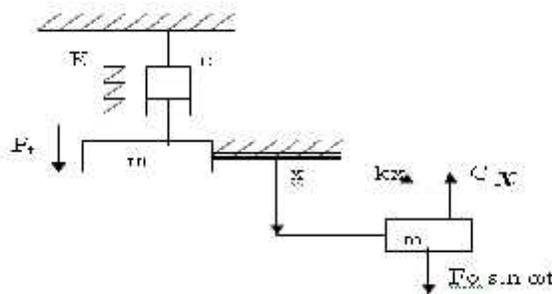
dan frekwensi natural adalah :

$$f_n = 1 / T = 1/2\pi \sqrt{k/m} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

## 2.2 Getaran Paksa (Forced Vibration)

Eksitasi harmonik sering dihadapi dalam sistem rekayasa yang biasanya dihasilkan oleh ketidakseimbangan pada mesin-mesin yang berputar. Eksitasi harmonik dapat berbentuk gaya atau simpangan beberapa titik dalam system.

Getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa.



Gambar 2.4. Sistem yang teredam karena kekentalan dengan eksitasi harmonik

Persamaan differensialnya adalah

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + kx = F_0 \sin \check{S} t \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Solusi khusus persamaan keadaan tunak (steady state) dengan frekwensi yang sama dengan frekuensi eksitasi dapat diasumsikan berbentuk :

$$x = X \sin ( \omega t - \Phi ) \quad \dots\dots\dots( 2.14)$$

Dengan X adalah amplitude osilasi dan  $\Phi$  adalah perbedaan fase simpangan terhadap gaya eksitasi, sehingga diperoleh :

$$X = \frac{f_0}{\sqrt{(k - m\check{S}^2)^2 + (c\check{S})^2}} \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

dan

$$= \tan^{-1} \frac{c\ddot{S}}{k - m\ddot{S}^2} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan membagi pembilang dan penyebut persamaan (2.15) dan (2.16) dengan k, akan diperoleh :

$$x = \frac{F_0/k}{\sqrt{(1 - mw^2/k)^2 + (cw/k)^2}} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\tan = \frac{cw/k}{1 - mw/k} \dots\dots\dots (2.18)$$

Persamaan – persamaan selanjutnya dapat dinyatakan dalam besaran-besaran sebagai berikut :

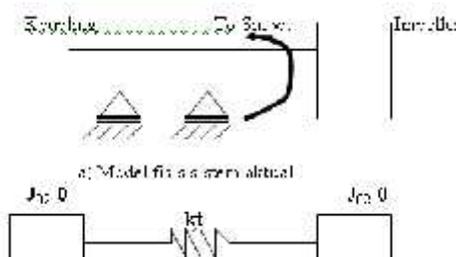
$$\begin{aligned} \omega_n &= \sqrt{k/m} = \text{frekwensi osilasi tanpa redaman,} \\ C_c &= 2 m \omega_n = \text{redaman kritis,} \\ &= C/C_e = \text{factor redaman} \\ C/k &= C/C_e = C_e/k = 2 \zeta = \frac{\%}{\% \omega_n} \end{aligned}$$

Jadi persamaan amplitudo dan fasa yang non dimensional akan menjadi :

$$\frac{Xk}{F_0} = \frac{1}{\sqrt{(1 - (\frac{\%}{\% \omega_n})^2)^2 + (2 \zeta (\frac{\%}{\% \omega_n}))^2}} \dots\dots\dots (2.19)$$

### 2.3. Landasan Teori Pengujian Getaran Mesin

Getaran yang timbul pada truk molen kapasitas 3 – 5 meter kubik pengangkut beton cor material bangunan yang berdasarkan pada putaran 1500, 2000, 2500 (rpm) untuk daerah Horizontal, Aksial dan Vertikal berdasarkan time domain pada jalur perjalanan dari Tanjung Morawa – Medan didasarkan oleh putaran mesin ataupun motor melalui kopling sehingga dapat dianalisa sesuai dengan gerak yang timbul. Dalam kondisi ini dapat diasumsikan bahwa akan terjadi torsi yang dihasilkan motor melalui mekanisme kopling. Untuk memudahkan analisa gerak, maka Gambar 2.5 dapat disederhanakan menjadi :



Gambar 2.5 Model pendekatan getaran

Persamaan pada kondisi normal sesuai dengan hukum Newton yaitu

$$M = J \ddot{\theta} \dots\dots\dots(2.20)$$

Maka didapat :

$$(J_{01} + J_{02}) \ddot{\theta} + K_t \theta = T_0 \sin \omega t \dots\dots\dots(2.21)$$

Untuk gerak harmonik maka berlaku :

$$\theta = A \sin \omega t \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\dot{\theta} = A \omega \cos \omega t \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\ddot{\theta} = -\omega^2 A \sin \omega t \dots\dots\dots(2.24)$$

Sehingga,  $(J_{01} + J_{02}) (-\omega^2 A \sin \omega t) + K_t (A \sin \omega t) = T_0$

$$(K_t - (J_{01} + J_{02}) \omega^2) A = T_0$$

amplitudo getarannya adalah :

$$A = \frac{T_0}{(K_t - (J_{01} + J_{02}) \omega^2)} \dots\dots\dots(2.25)$$

Besarnya frekuensi pribadi sistem adalah  $\omega_n = \sqrt{K_t / (J_{01} + J_{02})} \dots\dots\dots(2.26)$

Kekakuan yang terjadi pada poros (K) adalah  $K = I_p \frac{G}{L}$  (Nm /rad) .....(2.27)

Dimana  $I_p$  adalah momen inersia polar penampang melintang poros ( $m^4$ )

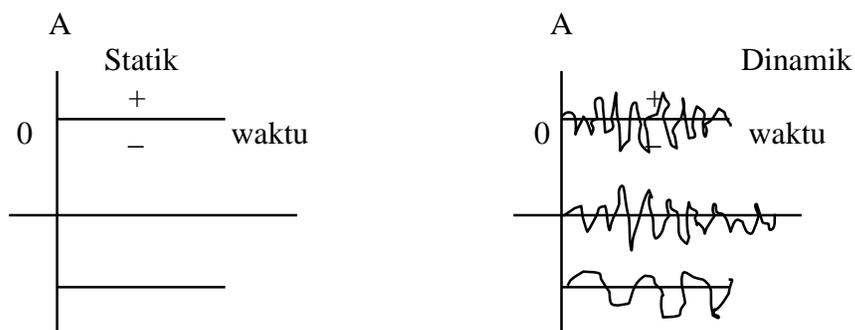
$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \text{ maka } K = \frac{\pi d^4 G}{32L}$$

## 2.4. Pengolahan Data Vibrasi

### 2.4.1. Data Domain Waktu (Time Domain)

Pengolahan data time domain melibatkan data hasil pengukuran objek pemantauan sinyal getaran, tekanan fluida kerja, temperatur fluida kerja maupun aliran fluida kerja. Pada perakteknya pengukuran tekanan dengan menggunakan sensor tekanan tipe *piezoelektrik* memungkinkan mengukur sifat tekanan yang dinamik, sehingga dapat diamati perubahan tekanan dalam ruang bakar atau perubahan tekanan fluida kerja yang mengalir. Dalam kasus pengukuran temperatur dengan termometer yang konvensional karena karakteristik alat ukurnya, maka tidak dapat dilakukan pengukuran temperatur secara dinamik. Demikian pula halnya dengan pengukuran aliran fluida kerja, sehingga untuk memungkinkan pengukuran objek pemantauan berupa sinyal dinamik, maka diperlukan sensor yang memiliki karakteristik dinamik tertentu. Hasil pengukuran objek pemantauan dalam domain waktu dapat berupa sinyal :

Sinyal statik yaitu sinyal yang karakteristiknya (misalkan amplitudo, arah kerja) yang tidak berubah terhadap waktu. Sinyal dinamik yaitu sinyal yang karakteristiknya berubah terhadap waktu sehingga tidak konstan. Sinyal dinamik yang sering ditemui dalam perakteknya berasal dari sinyal getaran, baik yang diukur menggunakan accelerometer, vibrometer, maupun sensor simpangan getaran .



Gambar 2. 6 Karakteristik Sinyal Statik dan Dinamik

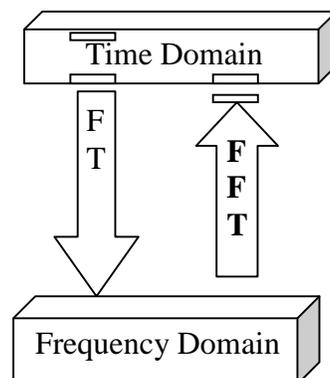
Untuk keperluan pengolahan sinyal getaran dalam *Time Domain*, perlu diperhatikan karakteristik sinyal getaran yang dideteksi oleh masing – masing sensor *percepatan*, *kecepatan* dan simpangan getaran (*Displacement*).

#### 2.4.2. Data Domain Frekuensi (*Frekuensi Domain*)

Pengolahan data frekwensi domain umumnya dilakukan dengan tujuan :

1. Untuk memeriksa apakah *amplitudo* suatu *frekwensi domain* dalam batas yang diizinkan adalah standard.
2. Untuk memeriksa apakah amplitudo untuk rentang frekwensi tertentu masih berada dalam batas yang diizinkan.
3. Untuk tujuan keperluan diagnosis.

Dalam prakteknya proses konversi ini dilakukan dengan menggunakan proses *Transformasi Fourier Cepat* (Fast Fourier Transformation FFT).



Gambar 2.7 Hubungan Data Time Domain dengan Frequency Domain

Data domain waktu merupakan respon total sinyal getaran, sehingga karakteristik masing-masing sinyal getaran tidak terlihat jelas. Dengan bantuan konsep deret *fourier*, maka sinyal getaran ini dapat dipilih-pilih menjadi komponen dalam bentuk sinyal sinus yang frekuensinya merupakan frekuensi-frekuensi dasar dan harmonic.

#### 2.5 Truk Mixer atau Truk Molen

Truk Mixer atau Truk Molen yang digunakan untuk pengangkut beton cor adalah alat transportasi darat khusus untuk beton cor curah siap pakai (Ready mix concrete) yang memang

dirancang untuk mengangkut campuran untuk beton curah yang siap pakai dan disebut dengan “Ready mix concrete” dari Batching Plant/ Pabrik ke lokasi yang akan di cor, Truk Mixer atau Truk Molen yang digunakan untuk pengangkut beton cor akan diisi dengan bahan Material kering dan air, kemudian akan dilanjutkan dengan proses pengadukan (pencampuran) bahan material tersebut, proses pengadukan ini akan berlangsung seiring dengan perjalanan truk molen ke lokasi pengecoran. Untuk mempertahankan nilai kekentalan cor beton yang berada di dalam gentong truk mixer ini melalui proses agitasi atau secara umum dimengerti dengan memutar drum atau gentong (Tangki yang berada di belakang truk mixer). Di dalam drum gentong tersebut dilengkapi dengan spiral seperti mata pisau yang berputar satu arah dengan rotasi putaran, Truk Mixer atau Truk Molen yang digunakan untuk pengangkut beton cor dilengkapi batas waktu yang diizinkan untuk material beton cor berada pada tabung mixer tersebut adalah maximum 3 jam saja. jika melewati 3 jam biasanya material akan mengeras sehingga material tersebut tidak dapat lagi dicurahkan atau materialnya mengeras. Oleh karena itu perusahaan yang menerima order dari dengan pipa pompa beton (concrete pump) dengan panjang mencapai sepuluh meter atau lebih. Adapun konsumen harus mengetahui jarak pengantaran untuk dapat memperkirakan waktu perjalanan sampai ketempat tujuan, setidaknya jangan lebih dari 3 jam perjalanan.

### **Dua Jenis Truk Mixer.**

Ada dua tipe Truk Mixer atau Truk Molen yang digunakan untuk pengangkut beton cor yaitu:

#### **1. Truk Mixer Mini (Ukuran Kecil)**



Gambar 2.8 Mini Truk Mixer

Truk Mixer mini adalah Truk Mixer atau Truk Molen yang digunakan untuk pengangkut beton cor dengan volume cor beton per satu kali jalan muat 3 m<sup>3</sup>. Karena truk ini berukuran kecil, maka truk ini akan lebih fleksibel dalam perjalanan menuju lokasi cor dengan medan yang sempit, Truk molen mini ini cocok untuk semua jenis kebutuhan cor beton anda yang berukuran kecil.

## **2.Truk Mixer Standar (Readymix concrete),**

Truk Mixer Standar adalah Truk Molen pengangkut beton cor dari Pabrik Beton (Batching Plant) ke lokasi pengecoran dengan daya angkut 7 m<sup>3</sup> untuk satu kali jalan, Truk ini mampu memuat lebih banyak 4 m<sup>3</sup> dari tipe Truk Mini, Kekurangan dari truk ini karena ukuran

yang lebih besar, maka tidak bisa mengakses jalan sempit atau menanjak. Truk ini akan lebih cocok untuk anda yang menginginkan cor beton dengan harga murah dan pengaplikasian yang lebih cepat.



Gambar 2.9 Truk Mixer Standar ( Readymix Concrete )

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **3.1. Tempat Dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan di jalan Tanjung Morawa - Medan pulang pergi.

##### **3.2. Bahan Peralatan Dan Metode**

### 3.2.1. Bahan

Dalam penelitian ini subjek penelitian adalah 1 buah truk molen seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.0 Truk Molen

Penelitian ini akan dilaksanakan di jalan Tanjung morawa – Medan di Medan. Metode penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penetapan Tujuan dan Batasan Masalah
2. Pemasangan alat pada dudukan tabung beton cor
3. Pemeriksaan kestabilan kendaraan dengan Spoorring dan balancing secara keseluruhan.
4. Pemasangan vibrometer pada dudukan.
5. Pengujian dengan menggunakan vibrometer.

6. Pengumpulan data.
7. Pengolahan dan Analisa Data.
8. Kesimpulan dan Hasil

### 3.2.2. Peralatan Dan Metode

#### 1. Vibrometer

Untuk melakukan pengukuran terhadap tingkat vibrasi yang terjadi pada dudukan tabung digunakan instrumen pengukur sinyal vibrasi, yaitu *vibrometer digital Handheld 908B*, Setting instrumen pengukur vibrasi ini dilakukan pada saat akan melakukan pengukuran sinyal vibrasi.



Gambar 3.1 Vibrometer Handheld

Spesifikasi *vibrometer Handheld 908B* adalah sebagai berikut :

*Spesifikasi :*

Ñ Amplitude Ranges

Displacement : 0,1 – 1999 ~ m ( or 200 mil) peak-peak

Velocity : 0,1 – 199,9 mm/s ( or 20 in/s ) true RMS

Acceleration : 0,1 – 199,9 m/s<sup>2</sup> ( or 20 g ) peak

Ñ Overall Accuracy ± 5 %

Ñ Temperature range 0 – 40 °C

Ñ Frequency Response

Displacement : 10 – 500 HZ

Velocity : 10 – 1000 HZ

Acceleration : 10 – 1000 HZ ( Inner acceleration 908 B )

10 – 10000 HZ ( Depending on external accelerometer )

\* Battery 9V 6F22, 25 hours of continuous operation

\* Dimensions 13 x 6 x 2,3 cm ; Weight : 200 g

### 3.3. Variabel Yang Diamati

1. Displacement atau simpangan dari tiga arah pengukuran.
2. Velocity atau kecepatan dari tiga arah pengukuran.
3. Acceleration atau percepatan dari tiga arah pengukuran.

### 3.4. Teknik Pengukuran, Pengolahan Dan Analisa Data

#### 3.4.1. Teknik Pengukuran

Penyelidikan sinyal vibrasi yang timbul akibat perubahan kecepatan truk molen dengan titik pengukuran searah sumbu horizontal ,aksial dan vertical. Pengukuran dilakukan pada titik yang telah ditentukan dengan pengambilan data berdasarkan time domain.

Pengukuran kedua arah tadi dikarenakan sistem pengujian diasumsikan mempunyai 3 derajat kebebasan.

#### 3.4.2. Pengolahan Dan Analisa Data

Vibrasi yang terjadi pada Truk molen dengan variasi data yang diperoleh akibat perubahan kecepatan dan dianalisa serta dibahas untuk memperoleh perilaku vibrasinya.

### 3.5. Kerangka konsep

Secara garis besarnya metode penelitian ini dapat digambarkan seperti pada diagram alir berikut :

