

**ANALISA KARAKTERISTIK GETARAN TRUK MOLEN BETON  
COR BERDASARKAN PUTARAN 700, 1000, 1500 (RPM) UNTUK  
DAERAH HORIZONTAL, AKSIAL DAN VERTIKAL  
BERDASARKAN TIME DOMAIN**

Diajukan Untuk Melengkapi Syarat Menyelesaikan Program Strata-1 Pada Program  
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan

Oleh:

**MARKUS M SIMARMATA**

22320203



Sidang Ujian Meja Hijau Telah Dilaksanakan Pada Hari Kamis, 19 September 2024  
dan Dinyatakan Lulus.

**Penguji 1,**

Siwan E.A Perangin angin, ST.MT  
NIDN : 0103068904

**Penguji 2,**

Wilson Sabastian Nababan, ST.MT  
NIDN : 0116099104

**Dosen Pembimbing I,**

Ir. Suriady Sihombing, MT  
NIDN : 0130016401

**Dosen Pembimbing II,**

Dr. Richard A.M Napitupulu, ST.,MT  
NIDN : 0126087301

**Fakultas Teknik**

**Dekan**



Dr. Timbang Pangaribuan, ST.,MT  
NIDN : 0121026402

**Ketua Prodi Teknik Mesin**

Ir. Suriady Sihombing, MT  
NIDN : 0130016401

# 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) , mesin milling seperti yang dilakukan oleh Jupri Yanda Zaira dan Agus Wijianto [1] 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.

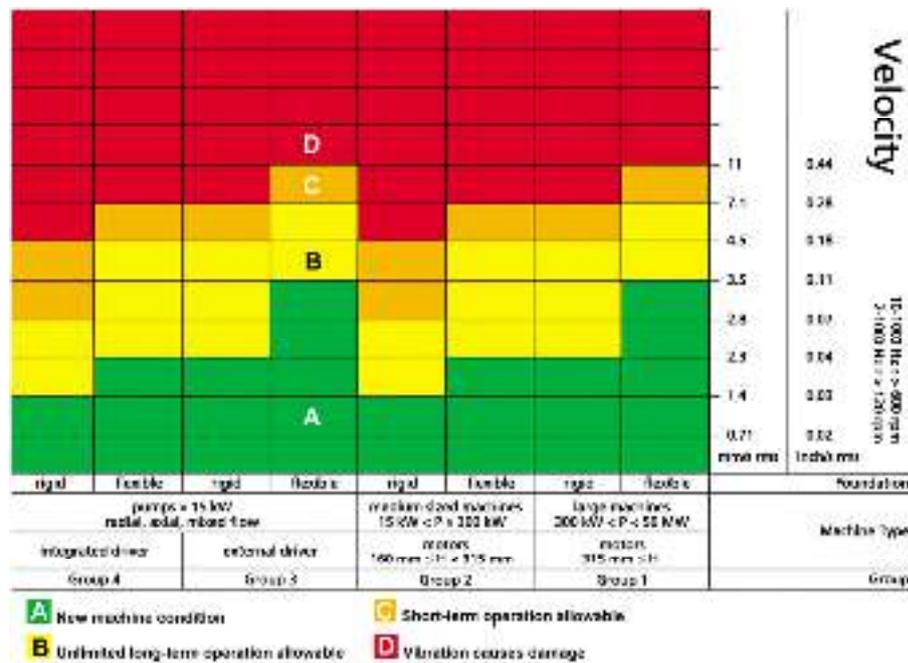
Kenyamanan dan keselamatan berkendara adalah suatu hal yang sangat diperlukan oleh para pengguna jasa angkutan. Pengukuran getaran adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memantau tingkat kenyamanan di dalam berkendara seperti yang dilakukan Septian Rahmatullah [2] dan lebih jauh lagi dengan analisis getaran dapat diketahui dengan tepat apabila terjadi gangguan selama dalam perjalanan maupun saat pengoperasian.

Untuk memperoleh waktu penggantian suku cadang yang tepat dapat dilakukan dengan cara mengamati sinyal getaran yang dilakukan oleh suatu sistem mesin [3]. Pengambilan sinyal getaran menggunakan velocity, accelometer [4] dan tranducer accelometer seperti yang dilakukan Levi Ananda Putra [5] Pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa variasi kecepatan seperti yang dilakukan oleh Suriady Sihombing dan Sibuk Ginting [6] pada kecepatan 30;40;50 km/jam, dapat juga dilakukan berdasarkan time domain oleh Chilinton Hutabarat [7] pada mesin generator. Oleh sebab itu peneliti ingin menganalisa

karakteristik getaran truk molen kapasitas 4 meter kubik beton cor berdasarkan putaran 700, 1000, 1500 (rpm) untuk daerah Horizontal, Aksial dan Vertikal berdasarkan time domain maka dapat diketahui zona getaran sesuai Standart ISO10816-3.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan suatu Standart ISO 10816-3 untuk standar 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. Golongan A berwarna hijau, getaran dari mesin sangat baik dan dibawah getaran yang diijinkan.
2. Golongan B berwarna hijau muda, getaran dari mesin baik dan dapat dioperasikan tanpa larangan.
3. Golongan C berwarna kuning, getaran dari mesin dalam batas toleransi dan hanya dioperasikan dalam waktu terbatas.
4. Golongan D berwarna merah, getaran dari mesin dalam batas berbahaya dan dapat terjadi kerusakan sewaktu-waktu.

Karena luasnya permasalahan, penulis perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini.

Adapun rumusan masalah yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana hasil pengukuran vibrasi padaudukan tabung beton cor pada daerah horizontal, aksial dan daerah vertikal.
2. Bagaimana hasil pengukuran vibrasi pada chasis mesin truk melon beton cor pada daerah horizontal, aksial dan daerah vertikal.

### **1.3 Batasan Masalah.**

Adapun batasan masalah penelitian yang penulis lakukan adalah:

1. Untuk mengetahui besarnya vibrasi padaudukan tabung beton cor pada daerah horizontal, aksial dan daerah vertikal berdasarkan time domain.
2. Untuk mengetahui besarnya pengukuran vibrasi pada lahar pengikat truk melon beton cor pada daerah horizontal, aksial dan daerah vertikal berdasarkan time domain.

### **1.4 Tujuan Penelitian.**

#### **1.4.1. Tujuan Umum**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisa karakteristik getaran truk molen kapasitas 4 meter kubik beton cor berdasarkan putaran 700, 1000, 1500 (Rpm) untuk daerah Horizontal, Aksial dan Vertikal berdasarkan time domain.

#### **1.4.2. Tujuan Khusus**

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

1. Simpangan
2. Kecepatan
3. Percepatan

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini merupakan suatu upaya nyata dari pihak perguruan tinggi dalam memberikan informasi kepada dunia industri otomotif tentang kenyamanan penggunaan truk molen

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang pengujian getaran pada mesin truk molen sebagai indikator perawatan atau maintenance dari segi karakteristik getaran.

2. Memberikan informasi tentang pengujian getaran pada mesin truk molen kepada mahasiswa melalui alat vibrometer serta pemanfaatan mesin truk molen sebagai indikator perawatan atau maintenance.

## **1.6 Metodologi Memecahkan Masalah**

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah- langkah sebagai berikut:

### **1. Studi Literatur**

Studi pustaka ini dilakukan untuk menambah pengetahuan penulis untuk mencari referensi bahan dan teori-teori berupa buku, data dari internet. Output yang dihasilkan dari studi literatur ialah terkoleksinya referensi yang relevan dengan rumusan masalah.

### **2. Observasi Lapangan**

Melakukan observasi lapangan, dengan pengamatan secara langsung kelapangan analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik.

### **3. Analisa dan Pengujian**

Pengujian dan analisa dilakukan untuk memperoleh data dari beberapa bagian perangkat keras maupun perangkat lunak, sehingga bisa diketahui apakah sudah bekerja dengan stabil sesuai yang diinginkan. Kemudian pengujian sistem juga dilakukan untuk mengetahui kinerja komponen yang digunakan untuk mengetahui mutu sesuatu (ketulenan, kecakapan ketahan dan sebagainya).

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan Tugas Akhir ini akan dibagi dalam beberapa bagian, yaitu :

1. **Bab I** membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. **Bab II** membahas mengenai tinjauan pustaka yang berisi karakteristik getaran, getaran bebas, getaran paksa, landasan teori pengujian getaran mesin, pengolahan data vibrasi dan mengenai truk molen.
3. **Bab III** membahas mengenai metode penelitian yang berisi skema penelitian, bahan yang digunakan, alat-alat yang digunakan.

4. **Bab IV** membahas mengenai hasil penelitian dan pembahasan yang berisi analisa data.
5. **Bab V** membahas mengenai kesimpulan dan saran yang diambil dari analisa dari data yang ada.
6. **DAFTAR PUSTAKA** berisi daftar pustaka yang digunakan untuk memenuhi kelengkapan penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Getaran**

1. Frekuensi getaran
2. Amplitudo
3. Phase getaran (Vibration Phase)
4. Perpindahan getaran (Vibration Displacement)
5. Kecepatan getaran (Vibration Velocity)
6. Percepatan getaran (Vibration Acceleration)

##### **2.1.1 Frekuensi Getaran**

Frekuensi adalah banyaknya periode getaran yang terjadi dalam satu putaran waktu. Besarnya frekuensi yang timbul pada saat terjadinya vibrasi dapat mengidentifikasi jenis-jenis gangguan yang terjadi. Gangguan yang terjadi pada mesin sering menghasilkan frekuensi yang jelas atau menghasilkan contoh frekuensi yang dapat dijadikan sebagai bahan pengamatan.

Dengan diketahuinya frekuensi pada saat mesin mengalami vibrasi, maka penelitian atau pengamatan secara akurat dapat dilakukan untuk mengetahui penyebab atau sumber dari permasalahan. Frekuensi biasanya ditunjukkan dalam bentuk Cycle per menit (CPM), yang biasanya disebut istilah Hertz (dimana  $\text{Hz} = \text{CPM}$ ). Biasanya singkatan yang digunakan untuk Hertz adalah Hz.

##### **2.1.2 Amplitudo**

Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal vibrasi yang dihasilkan. Amplitudo dari sinyal vibrasi mengidentifikasi besarnya gangguan yang terjadi. Makin tinggi amplitudo yang ditunjukkan, menandakan makin besar gangguan yang terjadi, besarnya amplitudonya bergantung pada tipe mesin yang ada. Pada mesin yang masih bagus dan baru, tingkat vibrasinya biasanya bersifat relative.

##### **2.1.3 Phase getaran (Vibration Phase)**

Phase adalah penggambaran akhir dari pada karakteristik suatu getaran atau vibrasi yang terjadi pada suatu mesin. Phase adalah perpindahan atau perubahan posisi

dari pada bagian- bagian yang bergetar secara relative untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian yang lain yang bergetar.

#### **2.1.4 Perpindahan getaran (*Vibration Displacement*)**

Displacement adalah ukuran dari pada jumlah gerakan dari pada massa suatu benda, dimana hal ini menunjukkan sejauh manabenda bergerak maju mundur (bolak-balik) pada saat mengalami vibrasi. Displacement adalah perubahan tempat atau posisi dari pada suatu objek atau benda menuju suatu titik pusat (dalam hal ini massa benda berada dalam posisi netral). Besarnya gaya daripada Displacement dapat diketahui dari amplitude yang dihasilkan. Makin tinggi amplitude yang ditunjukkan, makin keras atau tinggi pula vibrasi yang dihasilkan. Displacement atau perpindahan dari suatu benda dapat diujukkan dalam satuan mil (dimana mil = 0,001 inc) atau dalam micron (dimana 1 micron = 0,001 mm)

Displacement biasanya sangat berguna pada batas frekuensi kurang dari 600 CPM (10 Hz). Frekuensi ini harus digunakan selama terjadi displacement untuk mengevaluasi gejala vibrasi. Pada keadaan biasa, dimana vibrasi pada 1 x RPM adalah 2 millis (25,4 micron PK) tapi hal ini belum memberikan komfirmasi yang cukup untuk menentukan apakah vibrasi pada tingkatan 2 mil, hal ini merupakan kondisi yang baik atau buruk, sebagai contoh, vibrasi 2 mils PK-PK pada 3600 CPM adalah lebih berbahaya dibandingkan dengan vibrasi 2 mils PK – PK pada 300 CPM.

#### **2.1.5 Kecepatan getaran (*Vibration Velocity*)**

Velocity adalah jumlah waktu yang dibutuhkan pada saat terjadi displacement (dalam hal kecepatan). Velocity adalah satu indikator yang paling baik untuk mengetahui masalah vibrasi (contohnya unbalance, misalignment, mechanical loosess, dan kerusakan bearing atau bearing defect) pada mesin berkecepatan sedang. Velocity adalah ukuran kecepatan suatu benda pada saat bergerak atau bergetar selama berisolasi. Kecepatan suatu benda adalah nol pada batas yang lebih tinggi atau lebih rendah, dimulai pada saat berhenti pada suatu titik sebelum berubah arah dan mulai untuk bergerak kearah berlawanan. Velocity dapat ditunjukkan dalam suatu inch per second (in/sec) atau milimeter per secon (mm/sec).

Velocity disisi lain tidak sepenuhnya mempunyai frekuensi yang bergantung pada batas sekitar 600 sampai 120000 CPM (10 sampai 2000 Hz) dan pada dasarnya

hanya merupakan satu pilihan ketika batas frekuensi berada pada 300 sampai 300000 CPM (5 sampai 500 Hz).

### **2.1.6 Percepatan getaran (*Vibration Acceleration*)**

Acceleration adalah jumlah waktu yang diperlukan pada saat terjadi velocity. Acceleration adalah parameter yang sangat penting dalam analisis mesin-mesin yang berputar (rotation equipment) dan sangat berguna sekali dalam mendeteksi kerusakan bearing dan masalah pada gearbox berkecepatan tinggi lebih cepat dan lebih awal. Acceleration diartikan sebagai perubahan dari velocity yang di ukur dalam satuan gravitasi. Pada posisi permukaan laut  $1,0g = 32,2 \text{ ft/sec}^2$  yang ekuivalen dengan  $386,087 \text{ in/sec}$  atau  $9806,65 \text{ mm/sec}$ , harga yang digunakan untuk menyatakan akselerasi dari gravitasi (percepatan gravitasi) dalam satuan Inggris dan Metric (dimana  $\text{in/sec/sec}$  biasanya ditunjukkan sebagai  $\text{in sec}^2$ ).

## **2.2 Vibration Tester**

Kalau kita melihat studi kasus yang paling dominan dalam getaran permesinan adalah getaran yang disebabkan oleh gaya eksitasi getaran yang berasal dari mesin tersebut, yang menyangkut diantaranya:

1. Kondisi yang tak seimbang (unbalance) baik yang statis maupun dinamis pada mesin tersebut.
2. Crash atau Cacat yang terjadi pada elemen-elemen rotasi (bearing rusak, impeller macet, dll).
3. Ketidaktepatan bagian/fungsi mesin tersebut.

Mesin yang ideal tidak akan bergetar karena energi yang diterimanya digunakan sepenuhnya untuk fungsi mesin itu sendiri. Dalam praktek mesin yang dirancang dengan baik, getarannya relatif rendah namun untuk jangka pemakaian yang lama akan terjadi kenaikan level getaran karena hal berikut:

1. Keausan pada elemen mesin.
2. Proses pemantapan pondasi (base plate) sedemikian rupa sehingga terjadi deformasi dan mengakibatkan misalignment pada poros.
3. Perubahan perilaku dinamik pada mesin sehingga terjadi perubahan frekuensi.

Analisis ciri mekanik memungkinkan pemanfaatan sinyal getaran untuk mengetahui kondisi mesin tersebut tanpa membongkar atau menghentikan suatu mesin, sehingga dapat dimanfaatkan untuk analisis lebih lanjut dalam perbaikan pada kerusakan yang terjadi. Dengan melakukan pengamatan analisis getaran secara berkala, maka sesuatu yang tidak normal pada suatu mesin dapat dideteksi sebelum kerusakan yang lebih besar terjadi.

## **2.3 Perangkat Analisis Sinyal Getaran**

### **2.3.1 Sensor Vibration/Getaran**

Vibration sensor/sensor getaran ini memegang peranan penting dalam kegiatan pemantauan sinyal getaran karena terletak di sisi depan (front end) dari suatu proses pemantauan getaran mesin. Secara konseptual, sensor getaran berfungsi untuk mengubah besar sinyal getaran fisik menjadi sinyal getaran analog dalam besaran listrik dan pada umumnya berbentuk tegangan listrik. Pemakaian sensor getaran ini memungkinkan sinyal getaran tersebut diolah secara elektrik sehingga memudahkan dalam proses manipulasi sinyal, diantaranya:

1. Pembesaran sinyal getaran
2. Penyaringan sinyal getaran dari sinyal pengganggu.
3. Penguraian sinyal, dan lainnya.

Sensor getaran dipilih sesuai dengan jenis sinyal getaran yang akan dipantau. Karena itu, sensor getaran dapat dibedakan menjadi:

1. Sensor penyimpangan getaran (displacement transducer)
2. Sensor kecepatan getaran (velocity transducer)
3. Sensor percepatan getaran (accelerometer).

Pemilihan sensor getaran untuk keperluan pemantauan sinyal getaran didasarkan atas pertimbangan berikut:

1. Jenis sinyal getaran
2. Rentang frekuensi pengukuran
3. Ukuran dan berat objek getaran.
4. Sensitivitas sensor

Berdasarkan cara kerjanya sensor dapat dibedakan menjadi:

1. Sensor aktif, yakni sensor yang langsung menghasilkan tegangan listrik tanpa perlu catu daya (power supply) dari luar, misalnya Velocity Transducer.

2. Sensor pasif yakni sensor yang memerlukan catu daya dari luar agar dapat berkerja.

Satu daya yang digunakan pada umumnya dikemas dalam bentuk alat yang dinamai Conditioning Amplifier.

### **2.3.2 Dinamic Signal Analyzer (DSA)**

Penerapan analisis getaran mesin telah dibuat mudah dengan adanya instrument yang disebut *Dynamic Signal Analyzer (DSA)*. Getaran mesin merupakan kombinasi kompleks dari sinyal yang berasal dari berbagai sumber getaran mesin didalam mesin. Dengan DSA, getaran tersebut dapat diuraikan atas komponen-komponennya, misalnya rotor yang tidak balance, bantalan yang cacat dan meshing dari roda gigi, masing-masing pada frekuensi yang unik. Dengan menampilkan amplitudo getaran sebagai fungsi frekuensi (spektrum getaran) maka, DSA memungkinkan identifikasi sumber getaran. DSA juga dapat memperlihatkan simpanagn getaran sebagai fungsi waktu, suatu format yang sangat berguna untuk mengamati getaran implusive.

Perangkat analisis yang umum digunakan untuk keperluan pemantauan sinyal getaran adalah DSA atau penganalisis sinyal dinamik yang berkerja dengan konsep digital, diantaranya:

1. Vibration tester tipe TV260.
2. Vibration tester tipe TV220
3. Vibration tester Model-8100 Vibration Calibrator
4. Vibration tester Model-7200A Portable Balancer
5. Vibration tester Model-7135 Portable Balancer
6. Vibration tester Portable Balancer Model-7102a
7. Vibration tester Digital Monitor Model-2590B
8. Vibration tester Vibroswitch Model-1500a Vibration Monitor
9. Dan beberapa model lainnya

Keuntungan utama peralatan digital ini adalah:

1. Fleksibilitas dalam pengolahan data
2. Waktu pengolahan relatif cepat (order milisecond)
3. Mudah di simpan dan bisa di bawa kemana mana (portable)

Secara konseptual prinsip kerja penganalisis ini adalah sebagai berikut:

1. Anti-aliasing filter, pada tahap ini sinyal analog dimasukkan dalam low pass filter (LPF) untuk mencegah terjadinya kesalahan aliasing atau pelipatan frekuensi
2. Konversi sinyal analog untuk menjadi digital, ADC (Analog to Digital Converter).
3. Koreksi data digital dengan fungsi jendela, proses window ini dimasukkan untuk mencegah semaksimal mungkin kebocoran spektrum, karena hal ini mempengaruhi ketelitian frekuensi dan amplitudonya.
4. Konversi data domain waktu ke domain frekuensi, proses ini dilakukan dengan menggunakan algoritma transformasi faurier cepat, FFT (Fast fourier Transform).

DSA dapat dibedakan menjadi:

1. DSA, portable, umumnya jumlah kanal ada 2 buah sehingga disamping untuk pemantauan getaran mesin dapat juga untuk mengukur fungsi respon frekuensi (FRF). DSA jenis ini menggunakan catu daya baterai atau adaptor untuk sumber listriknya sehingga sangat praktis untuk keperluan dilapangan.
2. DSA Benchop, DSA tipe ini bisa terdiri atas satu kanal, dua kanal, atau empat kanal. Catu daya berasal dari jala-jala listrik sehingga tidak fleksibel untuk pemakaian dilapangan. Kemampuan pengolahan data lebih lanjut, lebih kompleks dari DSA Portable. DSA type ini umumnya dilengkapi juga dengan generator pembangkit sinyal.
3. DSA berbasis komputer, DSA type ini memiliki perangkat, yaitu:
  - ✓ Mainframe, bagian ini berfungsi untuk akurisasi sinyal getaran dan pengolahan data awal.
  - ✓ Komputer, bagian ini berfungsi untuk pengolahan data lanjutan serta penayangan data.

## **2.4 Pengambilan Data Menggunakan Sensor Getaran**

Sensor getaran dipasang pada bagian-bagian mesin yang cukup kaku untuk menghindari efek resonansi lokal bagian tersebut. Pengambilan data-data dengan alat sensor tersebut haruslah terlebih dahulu mengetahui bagian mana dari mesin tersebut yang paling tepat untuk pengukuran vibrasi. Tempat yang paling tepat tersebut adalah pada bearing caps (rumah bearing). Pengambilan data vibrasi dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara axial dan cara radial. Pengambilan data secara axial adalah menempatkan alat sensor pada arah aksial atau searah dengan poros. Problem semacam

misalignment dan bent shaft biasanya dapat diketahui dengan cara ini. Cara radial sendiri terbagi menjadi 2 cara, yaitu:

a. Horizontal

Pengecekan secara horizontal dengan cara meletakkan alat sensor secara horizontal pada bearing cap. Dari pengukuran ini dapat diketahui amplitudo yang paling tinggi.

b. Vertikal

Pengambilan data secara vertikal adalah dengan menempatkan alat sensor pada posisi vertikal atau berbanding 90° dengan arah horizontal pada bearing cap. Pengambilan data secara vertikal ini akan menunjukkan amplitudo yang lebih rendah dibandingkan pengambilan data secara horizontal.

**2.5 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.

Secara umum gerak harmonik dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$X = A \sin 2\pi t / \tau \dots\dots\dots(2.1) \text{ literatur 1, hal 2}$$

dimana : A adalah amplitudo osilasi yang diukur dari posisi setimbang massa.  $\tau$  adalah priode dimana gerak diulang pada  $t = \tau$ .

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  $\omega$ , maka perpindahan simpangan x dapat dituliskan sebagai:

$$x = A \sin \omega t \dots\dots\dots (2.2) \text{ literatur 1, hal 3}$$

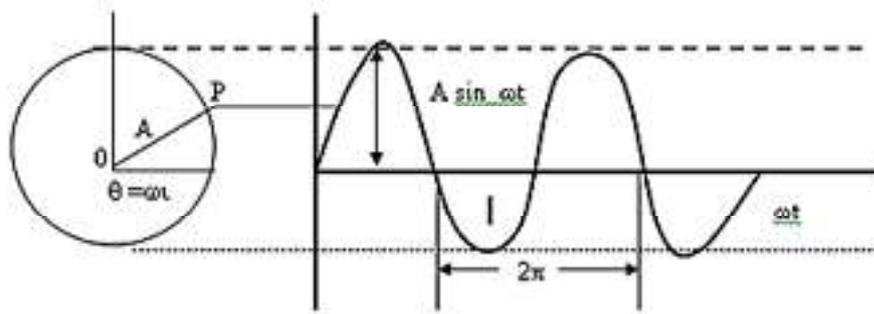
Oleh karena gerak berulang dalam  $2\pi$  radian, maka didapat

$$\omega = 2\pi / T = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots(2.3) \text{ literatur 1, hal 3}$$

Dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka didapat :

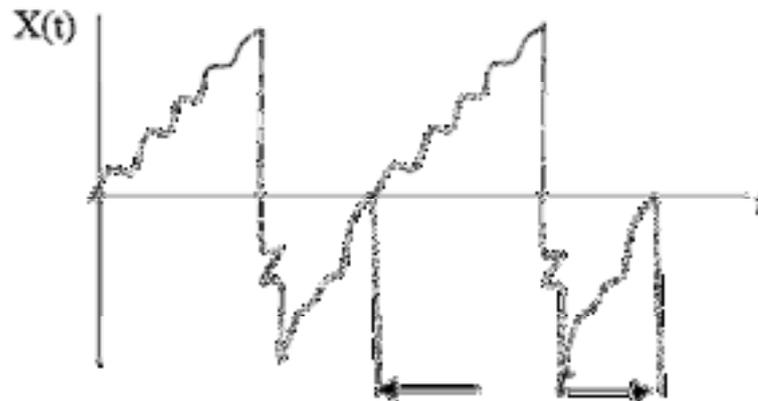
$$\dot{x} = \omega A \cos \omega t = \omega A \sin (\omega t + \pi/2) \dots\dots\dots(2.4) \text{ literatur 1, hal 3}$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t = \omega^2 A \sin (\omega t + \pi) \dots\dots\dots(2.5) \text{ literatur 1, hal 3}$$



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

Sistem yang bergerak bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekwensi naturalnya yang merupakan sifat dinamik yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya. Pada getaran biasanya beberapa frekwensi yang berbeda ada secara bersama-sama. Sebagai contoh, getaran dawai biola terdiri dari frekwensi dasar  $f$  dan semua harmoniknya  $2f, 3f$  dan seterusnya.. Contoh lain adalah getaran bebas sistem dengan banyak derajat kebebasan, dimana getaran pada tiap frekwensi natural memberi sumbangannya. Getaran semacam ini menghasilkan bentuk gelombang kompleks yang diulang secara periodik seperti gambar berikut.berikut.



Gambar 2.2 Gerak periodik dengan periode  $\tau$ .

Berkaitan dengan latar belakang diatas, penelitian ini mengkaji tentang analisa 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  $m$ .

$$K\Delta = w = mg \dots \dots \dots (2.6) \text{ literatur 1, hal 16}$$

Hukum Newton II untuk gerak pada massa  $m$  :

$$m\ddot{x} = \Sigma F = w - k(\Delta + x) \dots \dots \dots (2.7) \text{ literatur 1, hal 16}$$

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

$$m\ddot{x} = - kx \dots \dots \dots (2.8) \text{ literatur 1, hal 16}$$

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

$$\ddot{x} + \omega_n^2 x = 0 \dots \dots \dots (2.9) \text{ literatur 1, hal 16}$$

Sehingga persamaan umum persamaan differensial linier orde kedua yang homogen :

$$X = A \sin \omega_n t + \beta \cos \omega_n t \dots \dots \dots (2.10) \text{ literatur 1, hal 17}$$

Periode natural osilasi dibentuk dari

$$\omega_n \tau = 2\pi \text{ atau } \tau = 2\pi \sqrt{m/k} \dots \dots \dots (2.11) \text{ literatur 1, hal 17}$$

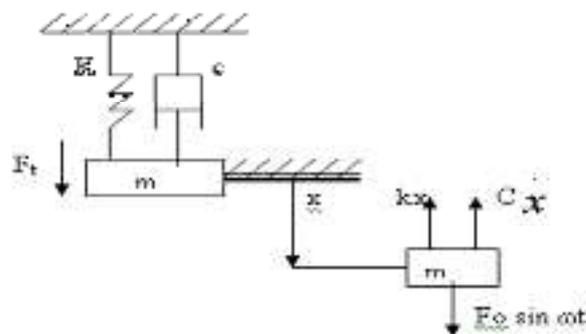
dan frekwensi natural adalah :

$$f_n = 1/\tau = 1/2\pi \sqrt{k/m} \dots \dots \dots (2.12) \text{ literatur 1, hal 17}$$

## 2.6 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 sistem.

Getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar disebut getaran paksa.



Gambar 2.4 Sistem yang teredam karena kekentalan dengan eksitasi harmonik

Persamaan differensialnya adalah

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \omega t \dots \dots \dots (2.13) \text{ literatur 1, hal 50}$$

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

$$x = X \sin (\omega t - \phi) \dots\dots\dots (2.14) \text{ literatur 1, hal 50}$$

Dengan x adalah amplitudo osilasi dan  $\phi$  adalah perbedaan fase simpangan terhadap gaya eksitasi, sehingga diperoleh :

$$x = \frac{f_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \dots\dots\dots(2.15) \text{ literatur 1, hal 50}$$

Dan  $\phi = \tan^{-1} \frac{c\omega}{k - m\omega^2}$  literatur 1, hal 51

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

$$x = \frac{F_0/k}{\sqrt{(1 - m\omega^2/k)^2 + (c\omega/k)^2}} \dots\dots\dots(2.17) \text{ literatur 1, hal 51}$$

$$\tan \phi = \frac{c\omega/k}{1 - m\omega^2/k} \dots\dots\dots(2.18) \text{ literatur 1, hal 53}$$

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

$$\begin{aligned} \omega_n &= \sqrt{k/m} = \text{frekwensi osilasi tanpa redaman.} \\ C_c &= 2m\omega_n = \text{redaman kritis.} \\ \zeta &= C/C_c = \text{faktor redaman} \\ C\omega/k &= C/C_c = C_c\omega/k = 2\zeta = \frac{v}{v_n} \end{aligned}$$

Jadi

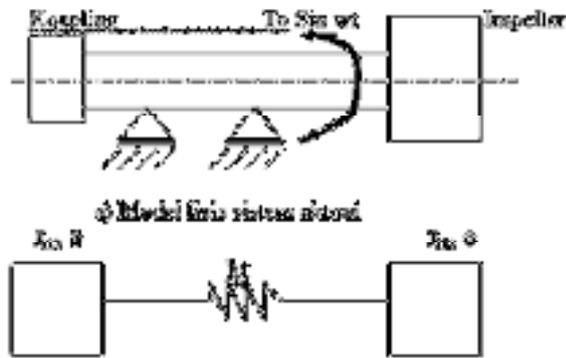
persamaan amplitudo dan fasa yang non dimensional akan menjadi :

$$\frac{xk}{F_0} = 1/\sqrt{(1 - (\frac{v}{v_n})^2)^2 + (2\zeta(\frac{v}{v_n}))^2} \dots\dots\dots(2.19) \text{ literatur 1, hal 53}$$

## 2.7 Landasan Teori Pengujian Getaran Mesin

Getaran yang timbul pada truk cor molen kapasitas 4 m<sup>3</sup> pengangkut beton cor material bangunan yang didasarkan pada berdasarkan putaran 700;1000;1500 (Rpm) untuk Daerah Vertikal, Horizontal dan Aksial berdasarkan time domain didasarkan

oleh putaran mesin ataupun motor melalui koupling sehingga dapat dianalisa sesuai dengan gerak yang timbul. Dalam kondisi ini dapat diasumsikan bahwa akan terjadi torsi yang dihasilkan motor melalui mekanisme koupling. 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

$$\Sigma M = J \dots\dots\dots(2.20) \text{ literatur 1, hal 3}$$

Maka didapat :

$$(J_{01} + J_{02}) \theta + k_t \theta = T_0 \sin \omega t \dots\dots\dots(2.21) \text{ literatur 1, hal 3}$$

Untuk gerak harmonik maka berlaku :

$$q = A \sin \omega t \dots\dots\dots(2.22) \text{ literatur 1, hal 3}$$

$$\theta = A \omega \cos \omega t \dots\dots\dots(2.23) \text{ literatur 1, hal 3}$$

$$\theta = -\omega^2 A \sin \omega t \dots\dots\dots(2.24) \text{ literatur 1, hal 3}$$

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

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

Amplitudo getarannya adalah :

$$A = \frac{T_0}{(K_t - (J_{01} + J_{02}) \omega^2)} \dots\dots\dots(2.25) \text{ literatur 1, hal 3}$$

Besarnya frekwensi pribadi system adalah

$$\omega_n = K_1 / (J_{01} + J_{02}) \dots\dots\dots (2.26) \text{ literatur 1, hal 3}$$

$$K_1 = I_p \frac{G}{L} \text{ (Nm/rad)}$$

Kekakuan yang terjadi pada poros ( $K_1$ ) adalah

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

$$I_p = \frac{\rho d^4}{32} \text{ maka } K_1 = \frac{\rho d^4 G}{32 L} \dots\dots\dots (2.27) \text{ literatur 1, hal 3}$$

## 2.8 Pengolahan Data Vibrasi

### 2.8.1 Data Domain Waktu (Time Domain)

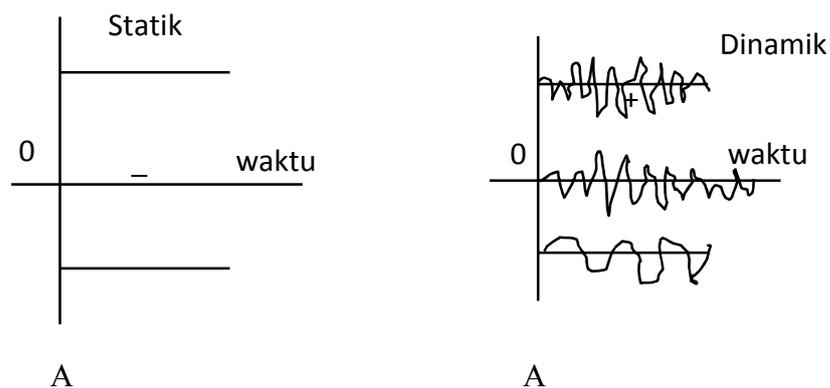
Pengolahan data time domain melibatkan data hasil pengukuran objek pemantauan sinyal getaran, tekanan fluida kerja, temperatur fluida kerja maupun aliran fluida kerja. Pada perakteknya pengukuran tekanan dengan menggunakan sensor tekanan tipe *piezoelektrik* memungkinkan mengukur sifat tekanan yang dinamik, 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 :

2.8.1.1 Sinyal statik, yaitu sinyal yang karakteristiknya (misalkan amplitudo, arah kerja) yang tidak berubah terhadap waktu.

2.8.1.2 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

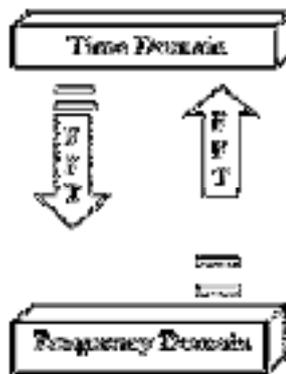
Untuk keperluan pengolahan sinyal getaran dalam time domain, perlu diperhatikan karakteristik sinyal getaran yang dideteksi oleh masing – masing sensor percepatan, kecepatan dan simpangan getaran (*displacement*).

## 2.8.2 Data Domain Frekwensi (Frekwensi 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 frekwensinya merupakan frekwensi-frekwensi dasar dan harmonik.

## 2.9 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 dicor.

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 dengan pipa pompa beton (*concrete pump*) dengan panjang mencapai sepuluh meter atau lebih.

### **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 Beton Cor

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan di PT.Trimurti Jl.Pantai Rambung, Lantasan Baru, Kec.Patumbak, Kabupaten Deli Serdang Sumatra Utara.

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

##### **3.2.1 Bahan**

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



Gambar 3.0 Truk Beton Cor

Penelitian ini akan dilaksanakan di Jl.Pantai Rambung, Lantasan Baru, Kec. Patumbak, Kabupaten Deli Serdang Sumatra Utara. 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. Pemasangan vibrometer pada dudukan.
4. Pengujian dengan menggunakan vibrometer.
5. Pengumpulan data.

6. Pengolahan dan Analisa Data.

7. Kesimpulan dan Hasil

### 3.2.2 Metode Peralatan

#### 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 :**

- 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
- Overall Accuracy  $\pm$  5 %
- Temperature range 0 – 40 oC
- 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 rpm truk molen dengan titik pengukuran searah sumbu horizontal, aksial dan vertikal. 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.

