

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada masa sekarang ini sangat berkembang dengan pesatnya, banyak metode digunakan untuk mengetahui kelayakan suatu alat untuk dapat dipergunakan, salah satunya adalah sistem getaran yang sangat diperhatikan untuk mengetahui apakah mesin tersebut masih bagus atau nyaman untuk digunakan. 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 kapasitas 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. Sebuah komponen mesin bisa bergetar dengan kuat atau cepat dan kecil atau lambat atau tanpa suara serta 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 Generator (Genset) adalah sebuah alat yang memiliki kemampuan menghasilkan daya listrik sebagai energi pengganti dengan prinsip kerja mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi listrik. Genset juga merupakan pengganti sumber tegangan, apabila terjadi pemutusan aliran listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Genset juga merupakan suatu kebutuhan bagi masyarakat, sehingga aktivitas kerja tidak akan terhambat oleh adanya pemadaman listrik baik itu di perkantoran, di akademik maupun di pertokoan dan perumahan yang harus selalu membutuhkan pasokan listrik setiap saatnya.

Dalam hal ini genset tidak setiap saat digunakan dan hanya pada waktu-waktu tertentu jika terjadi pemadaman listrik, maka dari itu perlu perawatan dari genset agar tetap tahan lama dan selalu dalam kondisi stabil. Untuk perawatannya maka generator perlu dipanaskan dengan jangka waktunya tergantung dari jenis

generator. Jenis generator dengan stater elektrik membutuhkan pemanasan mesin paling tidak satu minggu sekali selama 10-15 menit untuk sirkulasi pelumas atau oli ke seluruh bagian mesin. Ini dikarenakan generator menggunakan aki yang membutuhkan pengisian aki yang konsisten. Terlalu lama tidak menghidupkan generator akan menyebabkan aki kosong dan jika dibutuhkan sewaktu-waktu tidak akan menyala dan harus menghidupkan dengan tarikan tuas atau sistem recoil. Generator yang tidak menggunakan sistem stater elektrik dapat lebih lama jangka waktunya untuk tidak menghidupkan mesin. Jangka tiga minggu sampai satu bulan tidak menghidupkan mesin bukan lagi masalah namun sebaiknya memanaskan tidak lebih dari itu. Gunanya bukan lagi untuk aki namun lebih untuk sirkulasi oli mesin dalam ruang mesin.

Hal seperti diatas juga dapat menjadi salah satu hal yang dapat mempengaruhi tingkat getaran pada mesin menjadi lebih besar atau kuat yang akan menjadi mengganggu kenyamanan. Pengukuran getaran adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memantau tingkat kenyamanan di dalam penggunaan dan lebih jauh lagi dengan analisis getaran dapat diketahui dengan tepat apabila terjadi gangguan selama dalam penggunaan

1.2 Rumusan Masalah

Karena luasnya permasalahan, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan di bahas di dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman.

Adapun hal-hal yang akan dibahas dalam analisa getaran ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana respon getaran yang dihasilkan mesin Generator Set (Genset) pada saat mesin hidup berdasarkan time domain pada arah horizontal, vertikal, dan longitudinal.
2. Bagaimana perbandingan getaran yang dihasilkan mesin Generator Set (Genset) pada landasan dan engine mesin Generator Set (Genset) .
3. Bagaimana dampak vibrasi getaran yang dihasilkan pada mesin Generator Set (Genset) jika dibandingkan dengan standard getaran yang diizinkan.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan standart ISO 10816 untuk standart getaran berdasarkan kecepatan sebagai acuan yang dapat dilihat pada gambar berikut.

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
	1.10	45.0			

Gambar 1.1 Standar Vibrasi ISO 10816

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa sesuai standart ISO 10816 untuk dikategorikan kepada 4 zona yaitu:

1. Zona good berwarna hijau, getaran dari mesin sangat baik dan dibawah getaran yang diizinkan.
2. Zona satisfactory biru muda, getaran dari mesin dapat dioperasikan tanpa larangan.
3. Zona unsatisfactory berwarna merah muda, getaran dari mesin dalam batas toleransi dan hanya dioperasikan dalam waktu terbatas.
4. Zona unacceptable berwarna merah, getaran dari mesin dalam batas berbahaya dan dapat terjadi kerusakan sewaktu-waktu.

Oleh karena itu permasalahan penulis perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini.

Mengingat terbatasnya waktu untuk mengerjakan tugas akhir ini dan banyaknya pembahasan mengenai getaran maka berdasarkan uraian pada latar belakang diatas penulis hanya membatasi analisa tugas akhir ini mengenai :

1. Melakukan pengukuran besarnya getaran yang timbul pada daerah landasan Generator Set (Genset) pada saat mesin hidup.
2. Melakukan pengukuran besarnya getaran yang timbul pada Engine Mesin Generator Set (Genset) pada saat mesin hidup.
3. Pemeriksaan system operasi mesin pemipil jagung secara keseluruhan.

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan batasan masalah tersebut maka tujuan analisa getaran mesin Generator Set (Genset) adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besarnya getaran tertinggi pada displacement, velocity dan acceleration mesin Generator Set (Genset) pada saat mesin hidup.
2. Mengetahui dampak getaran yang dihasilkan menurut standar getaran yang di izinkan.
3. Mengetahui besarnya getaran yang timbul pada daerah landasan mesin untuk arah horizontal, vertikal, dan aksial.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pembuatan dan analisa getaran mesin Generator Set (Genset) adalah sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan refrensi untuk matakuliah Getaran mekanis di Prodi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengembangkan penelitian-penelitian getaran mekanis selanjutnya.
3. Memberikan informasi mengenai pengujian getaran pada mesin Generator Set (Genset) kepada mahasiswa melalui alat vibrometer serta pemanfaatan mesin Generator Set (Genset).

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 :

$$X = A \sin 2\pi t / \tau \dots\dots\dots (Literatur 3, Hal 3) \quad (2.1)$$

dimana : A adalah amplitudo osilasi yang diukur dari posisi setimbang massa.

τ 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 ω , maka perpindahan simpangan x dapat dituliskan sebagai:

$$x = A \sin \omega t \dots\dots\dots (Literatur 3, Hal 3) \quad (2.2)$$

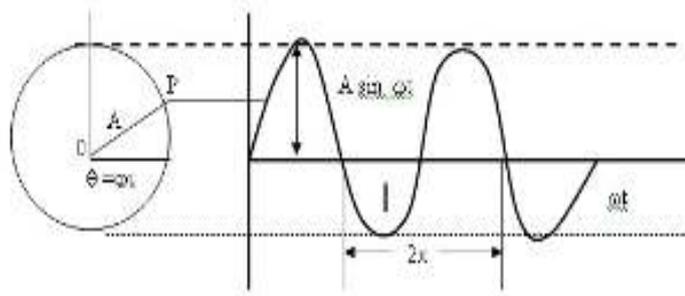
Oleh karena gerak berulang dalam 2π radian, maka didapat

$$\omega = 2\pi / t = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots (Literatur 3, Hal 3) \quad \dots(2.3)$$

Dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka didapat:

$$\dot{x} = \omega A \cos \omega t = \omega A \sin (\omega t + \pi/2) \dots\dots\dots (Literatur 3, Hal 3) \quad (2.4)$$

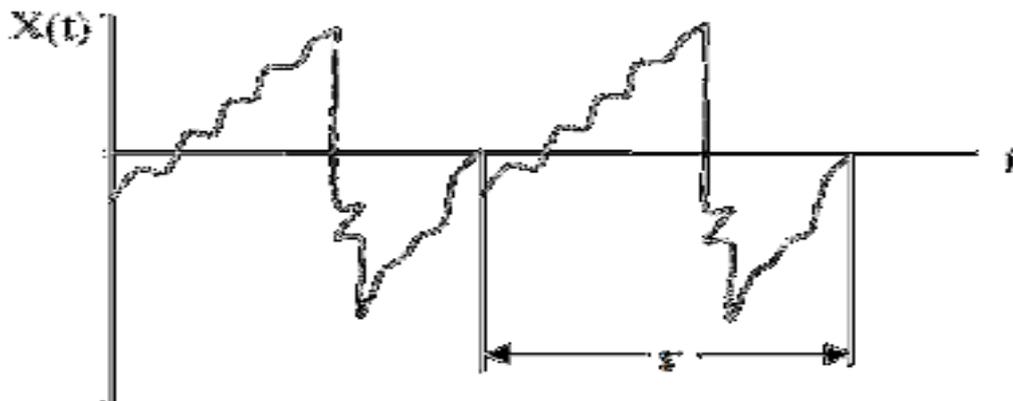
$$\ddot{x} = -\omega A \sin \omega t = \omega^2 A \sin (\omega t + \pi) \dots\dots\dots(Literatur 3, Hal 3) \quad (2.5)$$



Gambar 2.1

Gerak harmonik sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak pada lingkaran

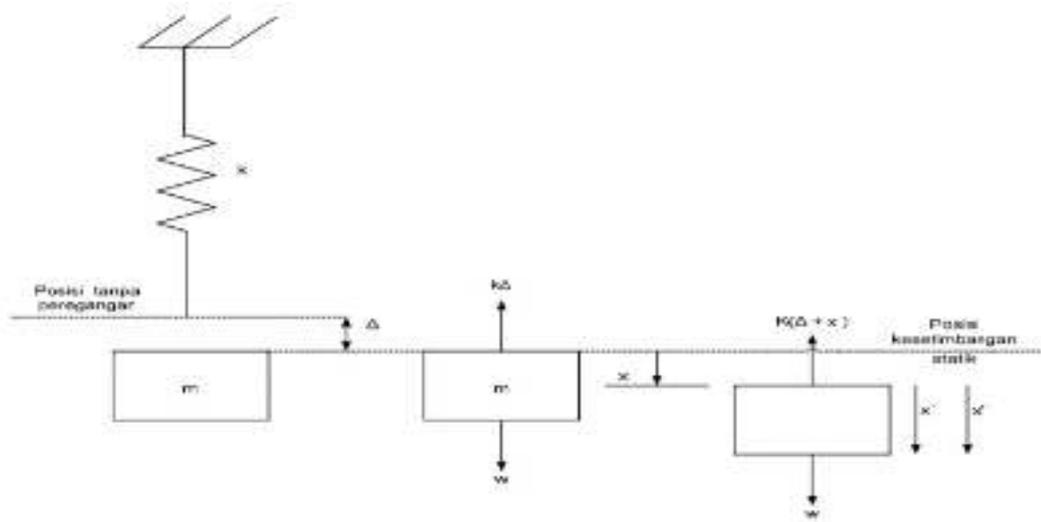
Sistem yang bergetar bebas akan bergetar pada satu atau lebih frekwensi naturalnya yang merupakan sifat dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekakuannya. Pada getaran biasanya beberapa frekwensi yang berbeda ada secara bersama-sama. Sebagai contoh, getaran dawai biola terdiri dari frekwensi 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.



Gambar 2.2

Gerak Periodik dengan periode τ .

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 Δ dan gaya pegas adalah $k\Delta$ yang sama dengan gaya gravitasi yang bekerja pada massa m .

$$K\Delta = w = mg \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 16}) \quad (2.6)$$

Hukum Newton II untuk gerak pada massa m :

$$m \ddot{x} = \Sigma F = w - k(\Delta + x) \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 16}) \quad (2.7)$$

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

$$m \ddot{x} = -kx \quad \dots\dots\dots (\text{Literatur 3 hal 16}) \quad (2.8)$$

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

$$\ddot{x} + \omega_n^2 x = 0 \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 16}) \quad (2.9)$$

Sehingga persamaan umum persamaan differensial linier orde kedua yang homogen:

$$X = A \sin \omega_n t + \beta \cos \omega_n t \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 17}) \quad (2.10)$$

Periode natural osilasi dibentuk dari

$$\omega_n \tau = 2\pi \text{ atau } \tau = 2\pi \sqrt{m/k} \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 17}) \quad (2.11)$$

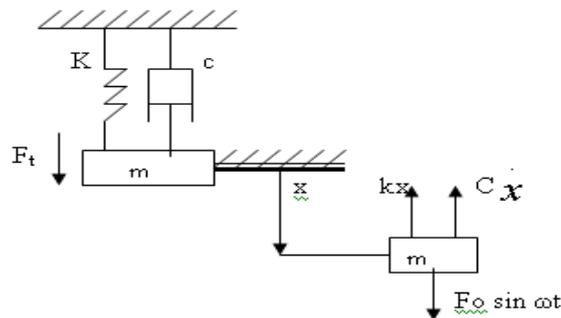
dan frekwensi natural adalah:

$$f_n = 1/\tau = 1/2\pi \sqrt{k/m} \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 17}) \quad (2.12)$$

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 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

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + kx = F_0 \sin t \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 50}) \quad (2.13)$$

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

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

Dengan x adalah amplitude osilasi dan ϕ adalah perbedaan fase simpangan terhadap gaya eksitasi, sehingga diperoleh:

$$X = \frac{F_0}{\sqrt{(km)^2 + (c\omega)^2}} \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 51}) \quad (2.15)$$

dan

$$\phi = \tan^{-1} \frac{c}{km} \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 51}) \quad (2.16)$$

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

$$X = \frac{F_0/k}{\sqrt{(1 - m\omega^2/k)^2 + (c\omega/k)^2}} \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 50}) \quad (2.17)$$

$$\tan \phi = \frac{c\omega/k}{1 - m\omega^2/k} \quad \dots\dots\dots(\text{Literatur 3 hal 51}) \quad (2.18)$$

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

$$\omega_n = \sqrt{k/m} = \text{frekwensi osilasi tanpa redaman.}$$

$$C_c = 2 m \omega_n = \text{redaman kritis.}$$

$$\zeta = C/C_c = \text{factor redaman}$$

$$C\omega / k = C / C_e = C_e \omega / k = 2 \zeta = \frac{\omega}{\omega_n}$$

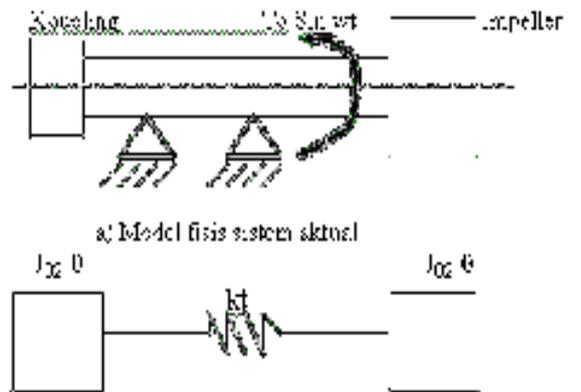
Jadi persamaan amplitudo dan fasa yang non dimensional akan menjadi :

$$\frac{Xk}{F_0} = \frac{1}{\sqrt{(1 - (\frac{\omega}{\omega_n})^2)^2 + (2 \zeta (\frac{\omega}{\omega_n}))^2}} \dots (\text{Literatur 3 hal 51}) \quad (2.19)$$

2.3 Landasan Teori Pengujian Getaran Mesin

Getaran yang timbul pada generator listrik stamford pada putaran 1500 rpm untuk daerah Vertikal, Horizontal, dan Longitudinal berdasarkan time domain sehingga dapat dianalisa sesuai dengan gerak yang timbul.

Dalam kondisi ini dapat diasumsikan bahwa akan terjadi torsi yang dihasilkan mesin melalui mekanisme putaran. 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

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

Maka didapat:

$$(J_{01} + J_{02}) \ddot{\theta} + k_t \theta = T_0 \sin \omega t \dots\dots(Literatur 3 hal 50) (2.21)$$

Untuk gerak harmonik maka berlaku:

$$\theta = A \sin \omega t \dots\dots(Literatur 3 hal 3) (2.22)$$

$$\dot{\theta} = A \omega \cos \omega t \dots\dots(Literatur 3 hal 3) (2.23)$$

$$\ddot{\theta} = -\omega^2 A \sin \omega t \dots\dots(Literatur 3 hal 3) (2.24)$$

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:

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

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

Kekakuan yang terjadi pada poros (K_t) adalah:

$$K_t = I_p \frac{G}{L} \text{ (Nm /rad)} \dots\dots(Literatur 3 hal 3) .. (2.27)$$

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

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

2.4 Karakteristik Getaran

Vibrasi atau getaran mempunyai 6 (Enam) karakteristik penting yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur yaitu:

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

2.4.1 Frekuensi Getaran

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

Dengan diketahuinya frekwensi pada saat mesin mengalami vibrasi, maka penelitian atau pengamatan secara akurat dapat dilakukan untuk mengetahui penyebab atau sumber dari permasalahan. Frekwensi 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.

2.4.2 Amplitudo

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

2.4.3 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.

2.4.4 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 ditunjukan, makin keras atau tinggi pula vibrasi yang dihasilkan. Displacement atau perpi

ndahan dari suatu benda dapat dijukan dalam satuan mil (dimana mil = 0,001 inc) atau dalam micron (dimana 1 micron = 0,001 mm)

Displacement biasanya sangat berguna pada batas frekwensi kurang dari 600 CPM (10 Hz). Frekwensi 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.

2.4.5 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 ke arah berlawanan. Velocity dapat ditunjukkan dalam suatu inch per second (in/sec) atau milimeter per second (mm/sec).

Velocity disisi lain tidak sepenuhnya mempunyai frekwensi yang bergantung pada batas sekitar 600 sampai 120000 CPM (10 sampai 2000 Hz) dan pada dasarnya hanya merupakan satu pilihan ketika batas frekwensi berada pada 300 sampai 300000 CPM (5 sampai 500 Hz).

2.4.6 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 in/sec atau 9806,65 mm/sec, harga yang digunakan untuk menyatakan akselerasi dari gravitasi (Percepatan Gravitasi) dalam satuan Inggris dan Metric dimana in/sec biasanya ditunjukkan sebagai in sec^2 .

2.5 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 mencakup 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. Ketidaksempurnaan 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 frekwensi.

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.

2.6 Perangkat Analisis Sinyal Getaran

2.6.1 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.

2.6.2 Dynamic 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 frekwensi yang unik. Dengan menampilkan amplitudo getaran sebagai fungsi frekwensi (Spektrum getaran)

maka DSA memungkinkan identifikasi sumber getaran. DSA juga dapat memperlihatkan simpangan getaran sebagai fungsi waktu, suatu format yang sangat berguna untuk mengamati getaran impulsive.

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 menganalisis 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 frekwensi dan amplitudonya.

4. Konversi data domain waktu ke domain frekwensi, 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 frekwensi (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 computer yang memiliki type perangkat sebagai berikut :

Mainframe, bagian ini berfungsi untuk akurisasi sinyal getaran dan pengolahan data awal.

Komputern bagian ini berfungsi untuk pengolahan data lanjutan serta penayangan data.

2.7 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:

Horizontal

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

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

2.8 Pengolahan Data Vibrasi

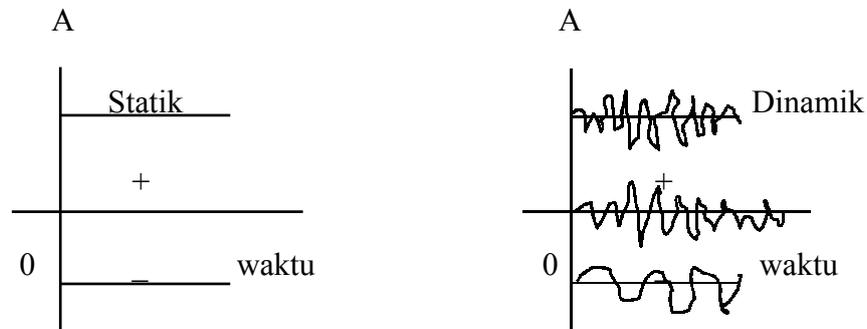
2.8.1 Data Domain Waktu (Time Domain)

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:

- a. Sinyal Statik yaitu sinyal yang karakteristiknya (misalkan amplitudo, arah kerja) yang tidak berubah terhadap waktu.
- b. 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

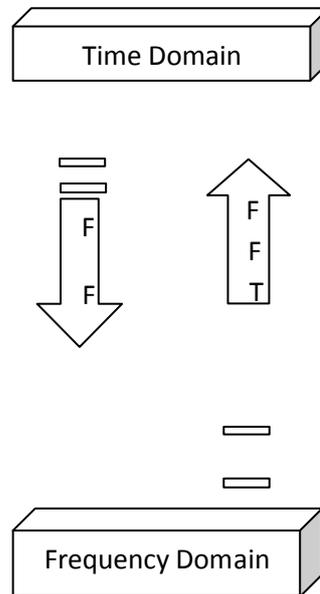
Untuk keperluan pengolahan sinyal getaran dalam *Time Domain*, perlu diperhatikan karakteristik sinyal getaran yang dideteksi oleh masing-masing sensor *percepatan*, *kecepatan* dan simpangan getaran (*Displacement*).

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* (TFC).



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 Generator Set (Genset)

Genset merupakan sistem kelistrikan yang handal dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Selain mendapat suplai daya listrik dari jaringan utama PLN manfaat listrik sebagai Back-Up suplai daya listrik apabila suplai daya listrik utama dari jaringan PLN mengalami gangguan atau pemutusan aliran listrik secara tiba-tiba.

Genset untuk backup listrik (Generator Set) diesel menghasilkan tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar solar untuk beroperasi. Kekuatan mesin (disajikan sebagai RPM) di transformasikan oleh alternator menjadi arus listrik yang dapat digunakan. Arus ini kemudian di distribusikan ke bangunan yang terhubung ke jaringan

Berikut beberapa keuntungan genset diesel:

1. Harga minyak solar lebih murah dibanding dengan bensin (Premium dan Pertalite)
2. Minyak solar memiliki kepadatan energi lebih tinggi sehingga energi yang dihasilkan lebih banyak.
3. Karena itu penggunaan bensin diesel di kendaraan mempunyai daya tempuh yang lebih jauh, yang membuat penggunaan mesin diesel menjadi pilihan yang pantas untuk transformasi dan alat berat
4. Mesin diesel lebih tahan lama dan lebih bisa diandalkan dari mesin bensin.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di

Tempat : Ruang Generator Listrik Auto 2000 Tanjung Morawa Jl.
Medan Tebing Tinggi Perdamaian Tanjung Morawa,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20513, Indonesia

Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Juni 2023

3.2 Bahan Dan Metode Peralatan

3.2.1 Bahan

Dalam penelitian ini subjek penelitian adalah 1 Generator Set (genset) seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Generator Listrik Caterpillar (150 KVA)

[www. Google.com](http://www.Google.com)

Generator listrik yang kami gunakan adalah merk Caterpillar dengan merk mesinnya FG Wilson, yang memiliki spesifikasi seperti berikut ini:

Serial Number	: X07K411342
Daya Maximum	: 150 KVA
Frekuensi	: 50 Hz
Putaran	: 1500 RPM
Tegangan	: 400/230 Volt
Phasa	: 3 Phasa
Temperatur	: 25 °C
Berat	: 1281 Kg

GENERATING SET		ISO 8526
<p>Caterpillar (NI) Limited Old Glenarm Road, Larne, Co Antrim BT40 1EJ Northern Ireland, United Kingdom Tel: +44 (0) 28 28261000 Fax: +44 (0) 28 28261111 www.FGWilson.com</p> 		
MANUFACTURER		
MODEL	P150-5	
SERIAL NO	FGWPEP75EDM800190	
SALES ORDER REF.	5065584/40	
MONTH/YEAR OF MANUFACTURE	09/2015	
AMBIENT TEMP.	25	°C
RATED POWER		
STANDBY	150	kVA
	120	kW
PRIME	135	kVA
	108	kW
RATED VOLTAGE	400/230	V
PHASE	3	
RATED POWER FACTOR	0.80	cos φ
RATED FREQUENCY	50	Hz
RATED CURRENT - STANDBY	217	A
RATED CURRENT - PRIME		
		A
RATED RPM	1500	rpm
ALTITUDE	100	m
ALTERNATOR CONNECTION	S_STAR	
ISO 8526 - J RATING	PR	
ALTERNATOR ENCLOSURE	75	IP
INSULATION CLASS	H	
EXCITATION VOLTAGE	43.3	V
EXCITATION CURRENT	3.38	A
WEIGHT	1281	kg
DIMENSIONS LxWxD	2650*1010*1444	mm

This generator set is designed to operate in ambient temperatures up to 50 deg C and at higher altitudes. Please consult dealer - information for complete availability.

Gambar 3.2 Spesifikasi Generator Listrik

Metode penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penetapan Tujuan dan Batasan Masalah
2. Pemasangan alat pada mesin listrik
3. Pemasangan vibrometer pada landasan.
4. Pengujian dengan menggunakan vibrometer.
5. Pengumpulan data.

6. Pengolahan dan Analisa Data.
7. Kesimpulan dan Hasil

3.2.2 Peralatan 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 3.3 Vibrometer *Handheld*

Spesifikasi *vibrometer Handheld 908B* adalah sebagai berikut:

Spesifikasi:

Amplitude Ranges

Displacement 0,001 – 4,000 mm (or 0,04 – 160,0 mil)

Velocity 0,01 – 40,00 cm/s (or 0,000 – 16,00 inch/s)

Acceleration 0,1 – 400,0 m/s² (or 0,3 – 1312 ft/s)

Overall Accuracy 5 % + 2 digits

Temperature range 0 – 50 °C

Frequency Response

Displacement 10 – 1000 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 124x62x30mm / 4,9x2,4x1,2inch

Weight: 120 g (*not including batteries*)

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 mesin listrik (genset) dengan titik pengukuran searah sumbu vertikal, horizontal dan longitudinal. Pengukuran dilakukan pada bagian landasan dan mesin generator listrik dengan pengambilan data berdasarkan time domain. Untuk titik pengukuran pada landasan generator mesin dapat dilihat seperti gambar berikut:



(a)



(b)

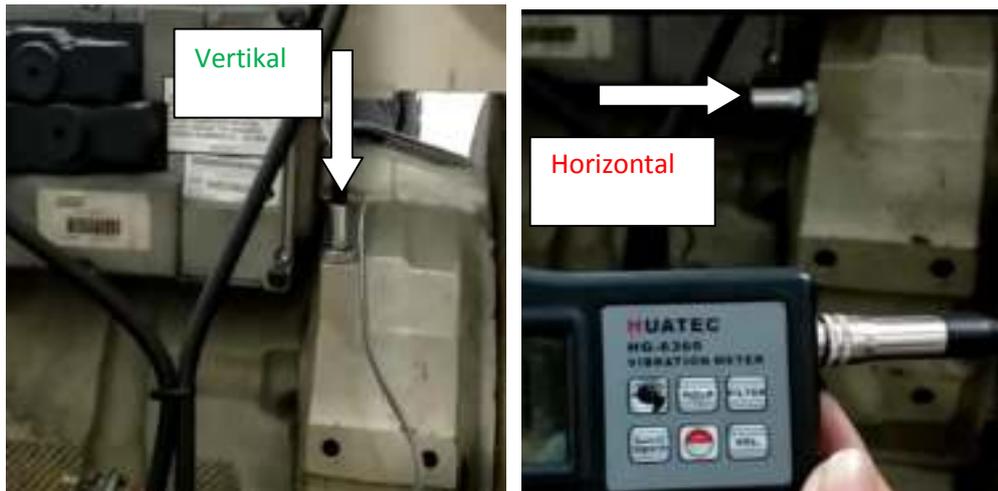


(c)

Gambar 3.4 Titik Pengukuran Getaran pada Landasan Generator Listrik 150 KVA

(a) Vertikal, (b) Horizontal, (c) Longitudinal

Untuk titik pengukuran pada mesin generator mesin dapat dilihat seperti gambar berikut:



(a)

(b)



(c)

Gambar 3.5 Titik Pengukuran Getaran pada Mesin Generator Listrik 150 KVA

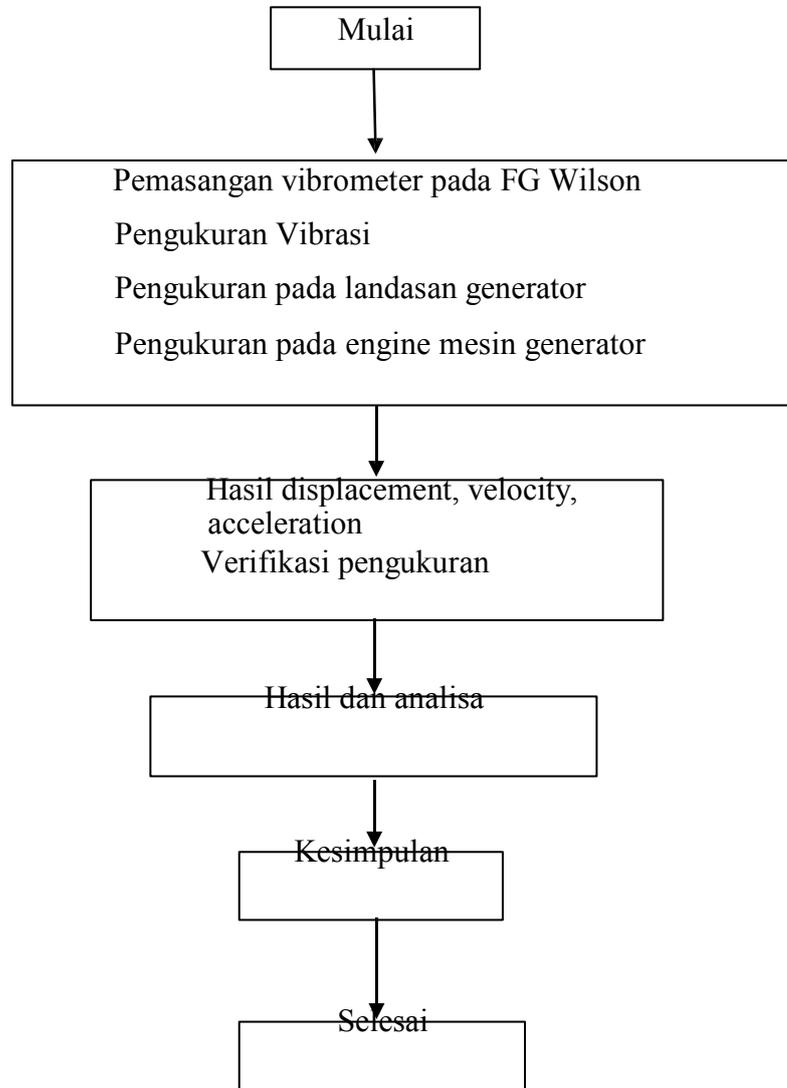
(a) Vertikal, (b) Horizontal, (c) Longitudinal

3.4.2 Pengolahan Dan Analisa Data

Vibrasi yang terjadi pada Generator Listrik dengan variasi data yang diperoleh akibat perubahan besar daya 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.



3.4 Diagram alir metode penelitian