

**SKRIPSI**

**ANALISIS GETARAN DAN KEBISINGAN MESIN DIESEL TYPE TV1  
AKIBAT PENGARUH PURIFIKASI BAHAN BAKAR**

**OLEH :**

**LA ODE NUZUL FAJRIN**

**D211 16 006**



**JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2020**

**SKRIPSI**

**ANALISIS GETARAN DAN KEBISINGAN MESIN DIESEL TYPE TV1  
AKIBAT PENGARUH PURIFIKASI BAHAN BAKAR**

**DISUSUN OLEH**

**LA ODE NUZUL FAJRIN**

**D211 16 006**

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 10 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

JUDUL :

**ANALISIS GETARAN DAN KEBISINGAN MESIN DIESEL TYPE TV1  
AKIBAT PENGARUH PURIFIKASI BAHAN BAKAR**

**LA ODE NUZUL FAJRIN**

**D211 16 006**

Telah diperiksa dan dietujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Eng Andi Erwin Eka putra ,ST.,M**

**Dr. Muhammad Svahid ,ST.,MT**

**NIP. 19711221 199802 1 001**

**NIP. 19770707 200501 1 001**

**Mengetahui,**

**Ketua Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T.**

**NIP. 19720825 200003 1 001**



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : La Ode Nuzul Fajrin

NIM : D211 16 006

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

### **ANALISIS GETARAN DAN KEBISINGAN PADA MESIN DIESEL TYPE TV1 AKIBAT PENGARUH PURIFIKASI BAHAN BAKAR**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 8 Juni 2021

Yang Menyatakan



La Ode Nuzul Fajrin

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

**Nama** : La Ode Nuzul Fajrin

**Tempat Tanggal Lahir** : Raha, 05 Januari 1999

**Alamat** : Jl. Veteran bakung, Kab.Gowa

**Jenis Kelamin** : Laki-laki

**Agama** : Islam

**Telepon** 0853 4397 1695

**E-mail** : [laodenuzulfajrin@gmail.com](mailto:laodenuzulfajrin@gmail.com)

**Riwayat Pendidikan** : SMA Negeri 1 Raha  
SMP Negeri 2 Raha  
SD Negeri 15 Katobu

**Riwayat Organisasi** : OKFT UH  
HMM FT UH  
MARCH (Mechanical Aerial Research  
Community Of Hasanuddin)

**Pengalaman Magang (Internship)** : PLTU PUNAGAYA

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk 1) Menganalisis penyebab terjadinya getaran pada mesin diesel, 2) Menganalisis pengaruh rasio kompresi dengan penggunaan bahan bakar solar ketika di purifikasi dan dipanaskan terhadap getaran dan yang terjadi, 3) Menentukan kebisingan yang terjadi ketika dibandingkan dengan standar kebisingan mesin diesel. Penelitian ini menggunakan bahan bakar solar yang kemudian di variasikan menjadi bahan bakar solar sebelum dipurifikasikan, bahan bakar solar sesudah dipurifikasikan dan dipurifikasikan kemudian dipanaskan pada dengan heater 70° C ketiga bahan bakar ini kemudian diuji pada tiga kondisi rasio kompresi yang berbeda yaitu 14:1, 16:1, 18:1 untuk mengetahui getaran dan kebisingan yang dihasilkan. Didapatkan hasil sebagai berikut 1) Getaran pada mesin diesel type TV11 diakibatkan oleh dua faktor yaitu penyebab mekanis pada mesin itu sendiri yang mengindikasikan bahwa sistem transmisi atau roda gigi buruk dan juga mengindikasikan bahwa bearing buruk pada camshaft yang mengatur katup isap dan katup buang pada ruang bakar yang kedua berasal dari pengaruh pembakaran yang terjadi akibat variasi purifikasi dan rasio kompresi. 2) Getaran maksimum terjadi pada bahan bakar sebelum purifikasi dengan nilai amplitudo rata-rata sebesar 39,12 dan getaran paling kecil terjadi pada bahan sesudah purifikasi dengan nilai amplitudo rata-rata 32,889 sementara nilai kebisingan maksimum pada rasio kompresi 18 sebesar 88,03 db dan 84,93 pada rasio kompresi 14 pada bahan bakar sesudah purifikasi. 3) Tingkat kebisingan pada mesin diesel TV1 berada pada range 84-88 db sehingga mesin diesel type TV1 pada laboratorium motor bakar di golongkan sebagai intensitas bunyi sangat keras dengan skala intensitas bunyi sehingga waktu pengoperasian dibatasi 4 jam/hari.

Kata Kunci : Solar, Purifikasi Bahan Bakar, rasio kompresi, Getaran, kebisingan, tekanan dalam silinder

## ABSTRACT

This study aims to 1) analyze the causes of vibration in diesel engines, 2) analyze the effect of the compression ratio with the use of diesel fuel when purified and heated on vibrations and what occurs, 3) determine the noise that occurs when compared to the standard diesel engine noise. This research uses diesel fuel which is then varied into diesel fuel before it is purified, after purified and purified diesel fuel is then heated at 70 heater, these °C three fuels are then tested at three different compression ratio conditions, namely 14:1, 16:1, 18:1 to determine the vibration and noise generated. The results are as follows 1) Vibration in the TV11 type diesel engine is caused by two factors, namely the mechanical cause of the engine itself which indicates that the transmission system or gear is bad and also indicates that the bearing is bad on the camshaft which regulates the intake valve and exhaust valve in the combustion chamber. the second comes from the effect of combustion that occurs due to variations in purification and compression ratio. 2) The maximum vibration occurs in the fuel before purification with an average amplitude value of 39.12 and the smallest vibration occurs in the material after purification with an average amplitude value of 32.889 while the maximum noise value at the compression ratio 18 is 88.03 db and 84.93 at a compression ratio of 14 on the fuel after purification. 3) The noise level on the TV1 diesel engine is in the range of 84-88 db so that the TV1 type diesel engine in the combustion engine laboratory is classified as very loud sound intensity with a sound intensity scale so that the operating time is limited to 4 hours / day.

Keywords: Diesel fuel, fuel purification, compression ratio, vibration, noise, pressure in the cylinder

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mengambil judul : *“Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Mesin Diesel Type TV1 akibat pengaruh purifikasi bahan bakar”*.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Jurusan Mesin Prodi Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali nikmat-Nya yang tidak dapat dihitung satu persatu, terlebih lagi nikmat ilmu dan hidayah kepada penulis, sehingga penulis dapat berada dititik ini.
2. Seluruh keluarga besar, khususnya orang tua saya tercinta bapak La Ode Oumar Djemil Achri dan (alm) ibu saya Nurtini Runi terima kasih atas semua kasih sayang, do'a, petuah, dukungan dan segala hal yang diberikan dan tidak pernah putus untuk penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT selaku Ketua departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST, MT, selaku Sekertaris Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra ST., MT. selaku dosen pembimbing



I dan bapak Dr. Muhammad Syahid, ST, MT, selaku dosen pembimbing II skripsi saya yang telah memberikan kritik dan saran bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.

6. Bapak Muis Plp Laboratorium motor bakar Departemen Mesin Fkultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff administrasi Departemen Teknik Mesin yang telah banyak membantu kami dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas kami menuju Rektorat.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2016/COMPRESSOR'16 yang senantiasa mendukung dan berjuang bersama sejak mahasiswa baru hingga saat ini.
9. HMM FT-UH, yang telah menjadi tempat belajar dan mencoba banyak hal di kampus tercinta.
10. Pihak-pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.

Gowa, 07 April 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

KATA PENGANTAR ..... ii

DAFTAR ISI..... iv

BAB I PENDAHULUAN ..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 3

1.3 Tujuan Penelitian ..... 3

1.4 Manfaat Penelitian ..... 4

1.5 Batasan Masalah ..... 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 6

2.1 Getaran ..... 14

2.2 Karakteristik Getaran ..... 18

2.3 Prinsip Kerja Accelerometer ..... 20

2.4 Analisis Getaran..... 21

2.5 Fast Fourier Transform.....

2.6 Standar Vibration ISO..... 26

2.7 Kebisingan ..... 27

2.8 Standar Kebisingan ..... 29

2.9 Mesin Diesel ..... 6

2.10 Karakteristik Mesin Diesel ..... 24

2.11	Proses Kerja Mesin Diesel 4 Langkah .....	26
2.12	Perbandingan Rasio Kompresi.....	27
2.13	Solar .....	28
2.14	Alat Purifikasi .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Tempat Penelitian .....	31
3.2	Alat dan Bahan .....	31
1.	Alat.....	31
2.	Bahan.....	33
3.3	Metode Pengambilan Data .....	34
3.4	Bagian Alir Penelitian ( <i>flowchart</i> ).....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>38</b>
4.1	Gejala Mekanis Pada Mesin Diesel .....	38
4.2	Pengaruh Purifikasi Pada bahan Bakar terhadap Getaran Pada Mesin.....	40
4.3.1.	Analisis Tekanan dalam Silinder .....	42
4.2.1	Pengukuran Getaran dalam domain waktu .....	45
4.2.2	Validasi dengan Model Triaxial Sensor .....	49
4.3.2	Hasil pengukuran Dalam Domain frekuensi .....	51
4.3	Pengaruh purifikasi dan rasio kompresi terhadap kebisingan .....	55
4.4	Diagram perbandingan getaran,tekanan dalam silinder,dan kebisingan	

4.4.1.getaran vs tekanan dalam silinder .....	57
4.4.2.getaran vs kebisingan .....	58
4.4.1.kebisingan vs tekanan dalam silinder .....	59
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>60</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>60</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gerak Harmonik.....	7
Gambar 2.2	Gerak Periodik .....	8
Gambar 2.3	Gerak Acak .....	8
Gambar 2.4	Karakteristik Getaran .....	10
Gambar 2.5	Karakteristik Getaran .....	10
Gambar 2.6	Phase Getaran .....	12
Gambar 2.7	Prinsip Kerja Accelerometer .....	13
Gambar 2.8	Data Overall .....	15
Gambar 2.9	Data Spectrum .....	15
Gambar 2.10	Data Waveform .....	16
Gambar 2.11	Simulasi Kompresi dan Pembakaran Sesuai dengan Getaran Mesin.....	17
Gambar 2.12	Siklus Empat Langkah.....	27
Gambar 2.13	Prinsip Dasar Pengendapan Zat Cair.....	31
Gambar 2.14	Proses Pemisahan Dengan Susunan <i>Bowl</i> .....	32
Gambar 3.1	Mesin diesel model TV1.....	33
Gambar 3.2	panel mesin.....	34
Gambar 3.3	<i>Vibxpert II</i> .....	34
Gambar 3.4	<i>Sound Level Meter</i> .....	35
Gambar 3.5	Komputer.....	35
Gambar 3.6	<i>Diesel Oil</i> (I) Sebelum Purifikasi (II) Setelah Purifikasi dengan <i>heater</i> 70 °C (III) Setelah Purifikasi tanpa <i>heater</i> .....	36

Gambar 4.1	Bentuk Spektrum Getaran.....	41
Gambar 4.2	Alen Bolt yang terhalang pipa <i>Exhaust</i> .....	42
Gambar 4.3	Perbandingan tekanan silinder terhadap sudut engkol pada tiap variasi.....	44
Gambar 4.4	Hubungan tekanan silinder terhadap variasi rasio kompresi pada variasi purifikasi.....	46
Gambar 4.5	bentuk grafik <i>time waveform</i> pada a : rasio kompresi 14,b : rasio kompresi 16,c : rasio kompresi 18 dengan perbandingan bahan bakar sebelum purifikasi,setelah purifikasi,dan setelah purifikasi kemudian di panaskan.....	47
Gambar 4.6	gambar grafik <i>time waveform</i> pada pengukuran arah horizontal.....	51
Gambar 4.7	gambar grafik <i>time waveform</i> pada pengukuran arah axial....	52
Gambar 4.8	bentuk grafik spectrum pada a : rasio kompresi 14,b : rasio kompresi 16,c : rasio kompresi 18 dengan perbandingan bahan bakar sebelum purifikasi,setelah purifikasi,dan setelah purifikasi kemudian di panaskan.....	54
Gambar 4.9	diagram batang kebisingan pada mesin di area rumah,.....	57
Gambar 4.10	diagram perbandingan getaran dan tekanan dalam silinder...	59
Gambar 4.11	diagram perbandingan antara getaran dan kebisingan.....	60
Gambar 4.12	diagram perbandingan antara kebisingan dan tekanan dalam silinder.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spektrum Getaran dan Penyebabnya.....	17
Tabel 2.2	Standar <i>Vibration ISO</i> 10816.....	20
Tabel 2.3	Skala intensitas Kebisingan.....	24
Tabel 2.4	Nilai Ambang Batas kebisingan.....	24
Tabel 2.4	Data Tekanan maksimum.....	46
Tabel 2.4	Hasil Pengukuran Berdasarkan Domain Time Waveform.....	50
Tabel 2.4	Nilai RMS berdasarkan (a) : arah Horizontal (b) : arah Axial.....	53
Tabel 2.4	Hasil Pengukuran Getaran Berdasarkan Domain Frekuensi.....	56
Tabel 2.4	Rata-rata Pengukuran Kebisingan.....	59

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Sebuah mesin ketika beroperasi akan menghasilkan gerakan-gerakan pribadinya yang dapat dibedakan menjadi getaran, guncangan, dan osilasi. Getaran terjadi ketika gaya yang berubah-ubah mengenai bagian yang elastis. Analisa getaran meliputi massa benda, gaya-gaya eksternal, dan konstanta elastisitas yang terdiri dari konstanta pegas ( $k$ ) dan konstanta dumping ( $c$ ). Konstanta pegas merupakan perbandingan proporsional antara gaya gaya eksternal dan displacement getaran ( $m$ ). Konstanta dumping merupakan perbandingan proporsional antara gaya- gaya eksternal dengan kecepatan getaran ( $m/s$ ). Besar beban guncangan akan menentukan ukuran diameter yang tepat pada perancangan poros dan menentukan jumlah gigi dan ukuran pitch pada perancangan gear pinion gardan. Osilasi adalah variasi periodik terhadap waktu dari suatu hasil 2 pengukuran getaran, getaran termasuk osilasi mekanis apabila frekuensi getaran diplot kedalam grafik simpangan terhadap waktu maka dapat ditentukan amplitude gelombang dan panjang gelombang dengan asumsi getaran berosilasi harmonik sederhana (Wiwoho 2015).

Kebisingan menjadi satu dari sekian banyak permasalahan lingkungan yang perlu untuk diperhatikan. Tidak hanya terhadap lingkungan, dampak negatif dari kebisingan bisa berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Su'udi, 2010). Kendaraan bermotor menjadi sumber utama dari kebisingan yang paling sering kita



dengarkan. Seiring meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang signifikan memiliki konsekuensi terhadap turunnya kualitas lingkungan berdasarkan jumlah kebisingan yang dihasilkan kendaraan bermotor. (Khairina, Arisanty, & Adyatma, 2014)

Terdapat beberapa metode untuk deteksi kerusakan yang dapat diterapkan untuk perawatan suatu mesin, salah satu metode tersebut adalah metode analisa getaran. Melalui analisa getaran dapat dilihat karakteristik getaran yang terjadi pada ring piston ketika mengalami kerusakan, kemudian membandingkannya dengan karakteristik getaran yang terjadi pada ring piston kondisi baik. Jika suatu mesin mengalami kerusakan pada komponennya maka akan menghasilkan penurunan amplitudo dan mempunyai periode yang lama (Sulistiyana dkk 2013).

Motor diesel merupakan motor bakar torak internal. Getaran dan kebisingan yang terjadi juga disebabkan karena gerakan torak, sistem penyaluran dan reaksi pembakaran bahan bakar dalam ruang silinder, tekanan penyemprotan bahan bakar oleh nozzle dan pompa plunyer, dan tekanan gas pada katup isap buang, *muffler* akibat kerja ekspansi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar (Wiwoho 2015).

Analisis getaran digunakan untuk menentukan kondisi operasi dan mekanik peralatan. Keuntungan utama adalah bahwa analisis getaran dapat mengidentifikasi masalah yang berkembang sebelum mereka menjadi terlalu serius dan menyebabkan *downtime* yang tidak terjadwal. Ini bisa dicapai dengan melakukan pemantauan berkala getaran mesin baik secara terus menerus atau pada interval terjadwal. Pemantauan getaran secara teratur dapat mendeteksi bantalan yang

memburuk atau rusak, kerugian mekanis dan gigi aus atau rusak. Analisis getaran juga dapat mendeteksi ketidakselarasan dan ketidakseimbangan sebelum kondisi ini menyebabkan kerusakan pada bantalan atau poros. (Scheffer dan Girdhar, 2004).

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul **“ANALISIS GETARAN DAN KEBISINGAN MESIN DIESEL TERHADAP PENGARUH PURIFIKASI BAHAN BAKAR”**.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa yang menjadi penyebab terjadinya getaran pada mesin diesel
2. Bagaimana pengaruh rasio kompresi dengan penggunaan bahan bakar solar ketika di purifikasi dan dipanaskan terhadap getaran dan
3. Bagaimana pengaruh rasio kompresi dengan penggunaan bahan bakar solar ketika di purifikasi dan dipanaskan terhadap kebisingan mesin diesel ketika dibandingkan dengan standar kebisingan

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penyebab terjadinya getaran pada mesin diesel
2. Menganalisis pengaruh rasio kompresi dengan penggunaan bahan bakar solar ketika di purifikasi dan dipanaskan terhadap getaran dan yang terjadi
3. Menentukan kebisingan yang terjadi ketika dibandingkan dengan standar kebisingan mesin diesel.

#### 1.4. Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan bakar solar yang kemudian divariasikan sebelum di purifikasi, setelah di purifikasi ,dan dipanaskan dengan heater
2. Untuk Bahan bakar solar setelah purifikasi dipanaskan pada temperature 70 °C
3. Pengukuran getaran dilakukan pada arah vertikal horizontal dan lateral pada mesin diesel
4. Pengukuran kebisingan dilakukan dengan 3 kali ulangan, jarak soundlevel meter dari mesin sejauh satu meter dan setinggi dada (95 cm) sesuai dengan standar ergonomika
5. Pengukuran getaran dan kebisingan dilakukan dengan menggunakan alat *vibXpert* dan *sound level meter*
6. variasi rasio kompresi yang digunakan adalah 18,16,14
7. beban yang diteliti adalah konstan 9kg

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui penyebab getaran dan kebisingan mesin diesel pada penggunaan bahan bakar solar setelah dipurifikasi dan dipanaskan
2. Menyediakan informasi sebagai referensi tambahan yang ingin melakukan riset secara khusus mengenai *predictive maintenance* menggunakan analisis getaran dengan domain waktu dan frekuensi.
3. Data getaran digunakan untuk memodifikasi mesin diesel agar tingkat getaran mesin yang terjadi berkurang sehingga meningkatkan kehandalan dan umur mesin

## BAB II

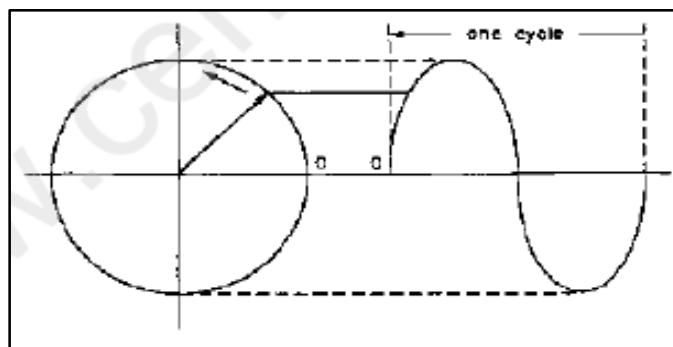
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (*engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya. Gerakan bolak-balik ini bisa terjadi secara harmonik, periodik, dan / atau acak. Gerakan acak berarti mesin bergerak dengan cara yang tidak terduga.

##### 2.1.1 Gerak Harmonik

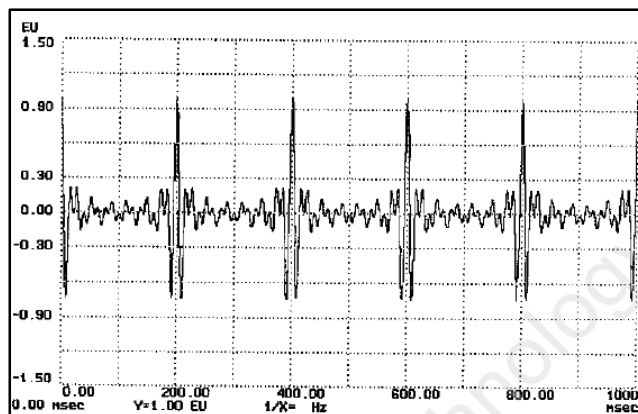
Gerak harmonik adalah gerak bolak-balik secara teratur melalui titik keseimbangannya dengan banyaknya getaran benda dalam setiap sekon selalu sama atau konstan. Semua gerak harmonik bersifat periodik, artinya berulang di beberapa titik waktu. Dalam sistem linier, ketidakseimbangan dalam peralatan berputar dapat menghasilkan gerakan harmonis. Namun, dengan banyak variabel seperti masalah gigi, kelonggaran, cacat bantalan, misalignment, dan lain-lain, gerak harmonik semacam itu tidak sering ditemukan. (James, 2003)



**Gambar 2.1.** Gerak Harmonik (James, 2003)

### 2.1.2 Gerak Periodik

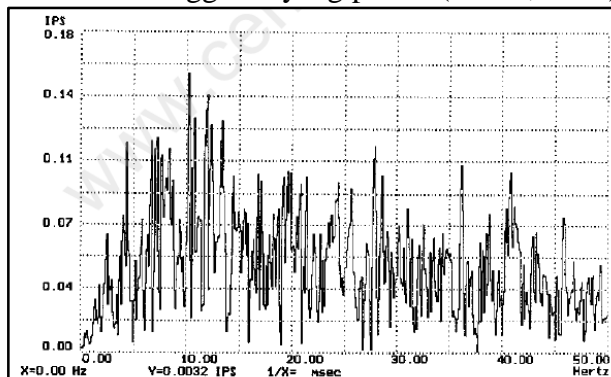
Gerakan periodik adalah semua gerakan yang berulang secara berkala. Gerakan periodik adalah setiap gerakan yang terulangi sendirinya dalam periode waktu yang sama. Misalnya, kopling motor yang tidak selaras dan longgar dapat memiliki tonjolan sekali per putaran poros. Meskipun gerakan ini tidak harmonis, ini adalah gerakan periodik. (James, 2003)



**Gambar 2.2.** Gerak Periodik (James, 2003)

### 2.1.3 Gerak Acak

Gerak acak adalah gerakan yang terjadi secara tidak menentu dan tidak dapat diulang. Contohnya adalah hujan yang menghantam atap dan pin bowling yang terjatuh. Gerak acak juga disebut noise. Sinyal waktu dari gerak acak ini akan berisi semua frekuensi dalam rentang yang diberikan. Seringkali, gerakan acak dalam mesin disebabkan oleh kelonggaran yang parah. (James, 2003)



**Gambar 2.3.** Gerak Acak (James, 2003)

Getaran juga memiliki 3 ukuran yang dijadikan sebagai parameter dari pengukuran suatu getaran. Ketiga parameter itu ialah sebagai berikut:

1. Amplitudo

Amplitudo juga diartikan sebagai jarak atau simpangan terjauh dari titik keseimbangan dalam sinusoidal. Amplitudo ialah nilai besar sinyal vibrasi yang dihasilkan dari pengukuran vibrasi yang menunjukkan besar gangguan atau vibrasi yang terjadi. Makin besar amplitudo maka makin besar getaran atau gangguan pada suatu benda atau media.

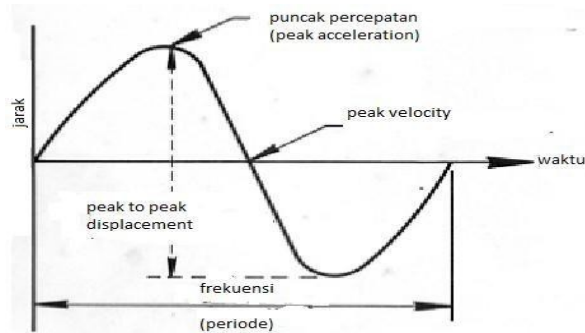
2. Frekuensi

Frekuensi yaitu banyaknya jumlah getaran gelombang dalam satu putaran waktu. Frekuensi dari pengukuran vibrasi dapat mengartikan jenis gangguan yang terjadi. Frekuensi juga biasanya ditunjukkan dalam satuan hertz (Hz).

3. Fase Vibrasi

Phase merupakan penggambaran akhir dari karakteristik suatu getaran atau vibrasi pada suatu benda atau mesin yang sedang bekerja. Phase merupakan perpindahan posisi dari bagian-bagian yang bergetar secara relative untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar.(?)

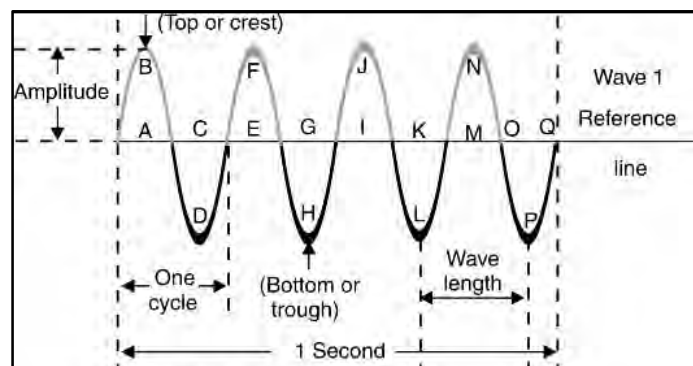
Karakteristik getaran digunakan untuk mengetahui masalah dari pengukuran getaran suatu benda atau media seperti pada Gambar II.1.



**Gambar 2.4.** Karakteristik Getaran

## 2.2 Karakteristik Getaran

Mengacu pada pergerakan pegas, kita dapat mempelajari karakteristik getaran dengan memetakan pergerakan pegas sebagai fungsi waktu. Karakteristik getaran yang penting antara lain adalah :



**Gambar 2.5.** Karakteristik Getaran (Scheffer dan Girdhar, 2004)

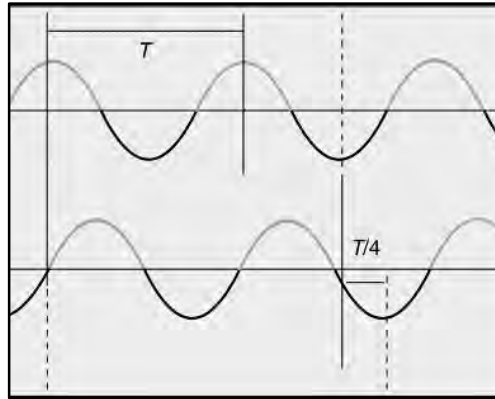
1. **Frekuensi getaran** (*vibration displacement*) menunjukkan jumlah gerakan bolak-balik (satu siklus lengkap) per unit waktu. Hubungan antara frekuensi dan periode getaran dapat dinyatakan dengan rumus sederhana : frekuensi =  $1 / \text{periode}$ . Frekuensi getaran biasanya dinyatakan sebagai jumlah siklus getaran yang terjadi setiap menit (CPM = Siklus per menit). Misalnya, mesin



bergetar 60 kali (siklus, dalam 1 menit frekuensi getaran motor adalah 60 CPM, frekuensi juga dapat dinyatakan dalam CPS (siklus per detik) atau dalam Hertz

2. **Perpindahan Getaran (*vibration displacement*)** adalah jarak yang ditempuh dari satu puncak ke puncak getaran lainnya. Perpindahan biasanya dinyatakan dalam satuan mikron ( $\mu\text{m}$ ) atau mil. ( $1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$  dan  $1 \text{ mils} = 0.001 \text{ inch}$ ).
3. **Kecepatan Getaran (*vibration velocity*)**. Karena getaran adalah gerakan, sehingga memiliki kecepatan. Dalam gerak periodik kecepatan maksimum terjadi pada saat posisi netral, sedangkan kecepatan minimum adalah pada saat posisi puncak (*peak*). Kecepatan getaran ini biasanya dinyatakan dalam mm/det. Karena kecepatan ini selalu berubah secara sinusoidal, mm/detik (nilai rms) sering digunakan. Kadang-kadang juga digunakan dalam satuan inci/detik(*peak*) atau inci/detik(rms).  $1 \text{ inci} = 25,4 \text{ mm}$ .
4. **Percepatan Getaran (*vibration acceleration*)** adalah fitur getaran penting lainnya. Pada saat posisi puncak kecepatan getaran sama dengan nol tetapi di bagian ini, akselerasi akan maksimum. Pada saat posisi netral, akselerasi getaran adalah nol. Secara teknis, akselerasi adalah laju perubahan kecepatan. Akselerasi getaran biasanya dinyatakan dalam satuan puncak gs, di mana g adalah akselerasi yang disebabkan oleh gaya gravitasi di permukaan bumi.
5. **Phase Getaran**. Pengukuran *phase* getaran memberikan informasi untuk menentukan bagaimana suatu bagian bergetar relatif terhadap bagian yang lain, atau untuk menentukan posisi suatu bagian yang bergetar pada suatu

saat, terhadap suatu referensi atau terhadap bagian lain yang bergetar dengan frekuensi yang sama.



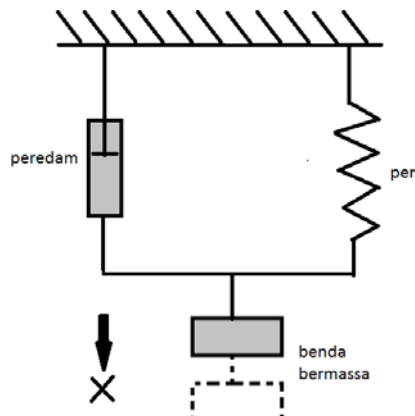
**Gambar 2.6.** *Phase* Getaran (Scheffer dan Girdhar, 2004)

### 2.3 Prinsip Kerja Accelerometer

Prinsip kerja accelerometer yaitu prinsip kerja percepatan. Kebanyakan accelerometer memiliki cara kerja seperti sebuah per dengan benda yang memiliki massa dimana benda tersebut diletakkan pada sistem mekanika acuan. Sehingga prinsip kerja accelerometer yaitu gerakanya benda bermassa pada accelerometer yang diakibatkan oleh adanya gaya, sesuai dengan hokum kedua newton.

$$F = m \cdot a$$

Dimana F ialah gaya, m berarti massa dari benda, dan a ialah percepatan benda yang terjadi



**Gambar 2.7.** Prinsip Kerja Accelerometer

Pada sensor accelerometer ini, percepatan getaran yang dihasilkan akan mengakibatkan perubahan kapasitansi. Perubahan kapasitansi inilah yang menjadi hasil pengukuran. Yang selanjutnya akan mengakibatkan perubahan pada tegangan output. Sehingga tegangan inilah yang membaca percepatan yang dipengaruhi oleh gravitasi.

Prinsip kerja lainnya dari accelerometer ini yaitu apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. Accelerometer yang diletakkan pada permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1g (ukuran gravitasi bumi). pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka accelerometer akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini dikarenakan sesuai dengan tipe dan jenis sensor accelerometer yang digunakan karena setiap sensor memiliki spesifikasi yang berbeda tergantung pada perusahaan pembuatnya. Saat ini hampir semua sensor accelerometer sudah dalam bentuk digital ( bukan dengan sistem mekanik).

## 2.4 Analisis getaran

Analisis getaran digunakan untuk menentukan kondisi operasi dan mekanik peralatan. Keuntungan utama adalah bahwa analisis getaran dapat mengidentifikasi masalah yang berkembang sebelum mereka menjadi terlalu serius dan menyebabkan *downtime* yang tidak terjadwal.

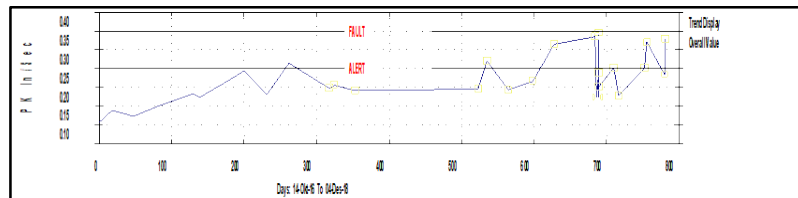
Semua mesin yang berputar menghasilkan getaran yang merupakan fungsi dari dinamika mesin, seperti *misalignment* dan *imbanlance* bagian-bagian yang berputar. Mengukur amplitudo getaran pada frekuensi tertentu dapat memberikan informasi berharga tentang keakuratan kelurusan dan keseimbangan poros, kondisi bantalan atau roda gigi, dan efeknya pada mesin karena resonansi dari selubung, pipa dan struktur lainnya. Pengukuran getaran adalah metode yang efektif dan tidak mengganggu untuk memantau kondisi alat berat saat *start-up*, *shutdown*, dan operasi normal. Analisis getaran digunakan terutama pada peralatan berputar seperti turbin uap dan gas, pompa, motor, kompresor, mesin kertas, pabrik *rolling*, peralatan mesin dan *gearbox*.

Ini bisa dicapai dengan melakukan pemantauan berkala getaran mesin baik secara terus menerus atau pada interval terjadwal. Pemantauan getaran secara teratur dapat mendeteksi bantalan yang memburuk atau rusak, kerugian mekanis dan gigi aus atau rusak. Analisis getaran juga dapat mendeteksi ketidakselarasan dan ketidakseimbangan sebelum kondisi ini menyebabkan kerusakan pada bantalan atau poros. (Scheffer dan Girdhar, 2004).

Pada dasarnya data getaran dapat ditampilkan dalam 3 bentuk grafik yaitu :

## 1. Data Overall

Data overall adalah pengukuran yang tidak difilter pada daerah frekuensi tertentu. Tujuannya adalah memperoleh gambaran kondisi mesin secara umum.

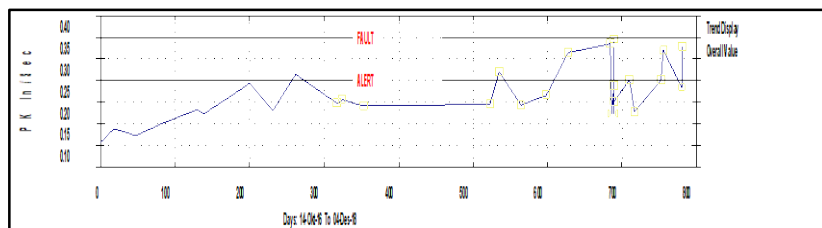


**Gambar 2.8.** Data Overall (Algazali, 2019)

## 2. Data Spektrum


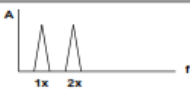
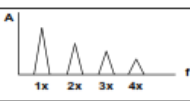

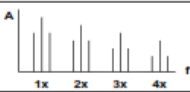
Data spektrum adalah data yang digunakan untuk menemukan masalah dan penyebabnya dengan mengkaji pola perbandingan besarnya amplitudo getaran pada semua frekuensi yang mungkin terjadi.

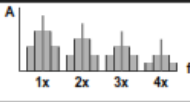
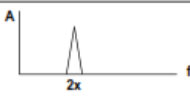

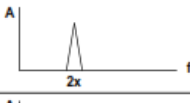
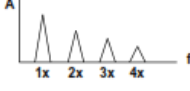
Dilihat dari tingkat keberhasilan dalam mendeteksi kelainan dan kerusakan mesin berdasarkan tingkat getarannya maka analisa spektrum merupakan cara yang paling berguna dibandingkan dengan cara analisa orbit maupun analisa fasa. Hal ini juga telah dibuktikan bahwa 85% masalah mekanis pada rotating machinery dapat diidentifikasi dengan cara melihat pada hasil pengukuran amplitude getaran vs frekuensi ini.



**Gambar 2.9.** Data Spektrum (Algazali, 2019)

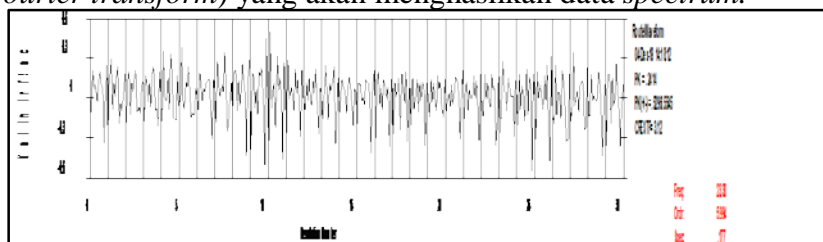
**Tabel 2.1.** Spektrum Getaran dan Penyebabnya (Algazali, 2019)

PENYEBAB	AMPLITUDO	FREKUENSI	FASE	KETERANGAN	GAMBAR SPECTRUM
1. Unbalance	Sebanding dgn ketidak balance, dominan pd radial (2x aksial)	1 x rpm	Single reference mark	Kondisi sering ditemui	
2. Misalignment kopling atau poros bengkok	Dominan pd aksial, 50% atau lebih dari arah radial	Sering 1 x & 2 x rpm. Kadang 3 x rpm	Single double triple	Ditandai timbulnya vibrasi aksial. Gunakan alat laser-alignment. Apabila mesin baru dipasang terjadi vibrasi, maka kemungkinan besar karena misalignment.	
3. Anti friction bearing buruk	Tidak stabil, ukur acceleration untuk freq. tinggi	Sangat tinggi, beberapa kali Rpm, 1x, 2x, 3x, 4x ... 10x... x	Tdk tentu, Berubah-ubah	Vibrasi akan timbul apabila bearing sdh parah. Gunakan enveloping & shockpulse	
4. Sleeve, metal, Jurnal bearing (friction bearing)	Tidak besar, aksial lebih tinggi	1 x rpm, seolah-olah seperti unbalance	Single	pd rodagigi vibrasi segaris dengan pusat kontak. pd motor/gen vibrasi hilang bila mesin dimatikan. pd pompa/blower kemungkinan unbalance	
5. Rodagigi buruk atau bersuara	Rendah, ukur kecepatan & percepatan, gunakan accel.	Sangat tinggi Jumlah gigi x rpm	Tdk tentu	Awal rusak bersuara, semakin lama keras. Vibrasi biasanya dalam toleransi.	

PENYEBAB	AMPLITUDO	FREKUENSI	FASE	KETERANGAN	GAMBAR SPECTRUM
6. Gear mesh buruk atau bersuara pada saat start/stop	Rendah, ukur kecepatan & percepatan, gunakan accel.	Sangat tinggi Jumlah gigi x rpm	Tdk tentu	Sering terjadi pada saat pemasangan	
7. Mechanical looseness (Housing bearing aus)	Tinggi pada aksial	2 x rpm	2 referensi agak kacau	Sering bersamaan dgn unbalance / misalignment	
8. Mechanical Looseness (Pondasi kendor - dudukan lemah/karat - baut kendor)	Tinggi pada vertikal	Kurang dari 1 x rpm	Tdk tentu	Kencangkan baut Untuk memastikan	
9. Mechanical looseness (Pondasi melengkung)	Tinggi pada vertikal, horizontal & aksial	2 x rpm	2 referensi agak kacau	Sering bersamaan dgn unbalance / misalignment	
10. Drive belt buruk	Tdk tentu/berpuls	1,2,3 atau 4 x rpm belt	1 atau 2 tergantung frekuensi, tdk tetap	Biasanya terjadi karena belt tdk berada pada tempatnya secara sempurna.	

3. Data waveform

*Data waveform* adalah grafiik *Amplitudo vs Time*. *Data waveform* adalah data gabungan antara beberapa putaran beda yang akan menghasilkan data *waveform* yang akan menghasilkan grafik yang lebih spesifik, yang akan dibaca dengan FFT (*fast fourier transform*) yang akan menghasilkan data *spectrum*.



**Gambar 2.10.** Data *Waveform* (Algazali, 2019)

4. Root mean square

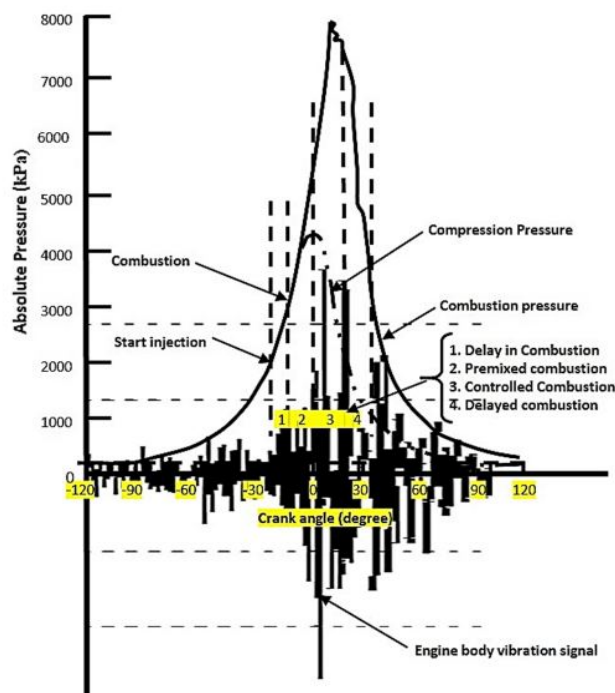
Root mean square digunakan untuk membandingkan getaran mesin pada kondisi yang berbeda root mean square pada signal akselerasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$\alpha_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \alpha_k^2}$$

Dimana :  $\alpha_{RMS}$  = *root mean square* dari signal akselerasi

$\alpha$  = nilai akselerasi dari domain waktu

N = banyaknya akselerasi yang di hasilkan



**Gambar 2.11.** simulasi kompresi dan pembakaran sesuai dengan getaran mesin

## 2.5 Fast Fourier Transform

*Fast Fourier Transform* (FFT) yang ditemukan tahun 1965 merupakan pengembangan dari Fourier Transform (FT). Penemu FT adalah J. Fourier pada tahun 1822. FT membagi sebuah sinyal menjadi frekuensi yang berbeda-beda dalam fungsi eksponensial yang kompleks.

Definisi *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah metode yang sangat efisien untuk menghitung koefisien dari Fourier diskrit ke suatu finite sekuen dari data yang kompleks. Karena substansi waktu yang tersimpan lebih dari pada metoda konvensional, fast fourier transform merupakan aplikasi temuan yang penting didalam sejumlah bidang yang berbeda seperti analisis spectrum, speech and optical signal processing, design filter digital. Algoritma FFT berdasarkan atas prinsip pokok dekomposisi perhitungan discrete fourier transform dari suatu sekuen sepanjang N kedalam transformasi diskrit Fourier secara berturut-turut lebih kecil. Cara prinsip ini diterapkan memimpin ke arah suatu variasi dari algoritma yang berbeda, di mana semuanya memperbandingkan peningkatan kecepatan perhitungan.

*Fast Fourier Transform*, adalah suatu algoritma untuk menghitung transformasi fourier diskrit dengan cepat dan efisien. Karena banyak sinyal-sinyal dalam sistem komunikasi yang bersifat kontinyu, sehingga untuk kasus sinyal kontinyu kita gunakan transformasi fourier. Transformasi Fourier didefinisikan oleh rumus:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

(1)



Dimana  $s(f)$  adalah sinyal dalam domain frekuensi (*frequency domain*),  $s(t)$  adalah sinyal dalam domain waktu (*time domain*), dan  $A$  adalah konstanta dari nilai sebuah sinyal,  $f$  adalah frekuensi dan  $t$  adalah waktu.

FFT (*Fast Fourier Transform*) merupakan salah satu metode untuk transformasi sinyal suara dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang *spectrum* suara yang berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa *spectrum* frekuensi suara yang telah direkam.

## 2.6 Standar *Vibration* ISO 10816

Standar ini dapat digunakan untuk menentukan tingkat getaran yang dapat diterima bagi berbagai kelas permesinan. Dengan demikian, untuk menggunakan standar ini, pertama-tama perlu mengklasifikasikan permesinan yang akan diuji sesuai Tabel 2.2. yang menunjukkan pedoman bagi kelayakan permesinan (ISO 10186-1:1995).

**Tabel 2.2.** standar vibration ISO 10816

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			

Dengan membaca tabel diatas kita dapat mengkaitkan kondisi kerusakan permesinan dengan getaran sebagai monitoring perawatan berbasis kondisi. Standar yang digunakan adalah parameter kecepatan (rms) untuk mengindikasikan kerusakan. Warna – warna seperti terlihat pada Tabel mengklasifikasikan tingkat keparahan sesuai dengan kelas permesinan, sebagai berikut:

- a. Zona Good, getaran dari mesin sangat baik dan dibawah getaran yang diizinkan.
- b. Zona Satisfactory, getaran dari mesin baik dan dapat dioperasikan karena masih dalam batas yang diizinkan.
- c. Zona Unsatisfactory, getaran dari mesin dalam batas toleransi dan hanya dioperasikan dalam waktu terbatas.
- d. Zona unacceptable, getaran dari mesin dalam batas berbahaya dan kerusakan dapat terjadi pada mesin.
- e. Class I, bagian mesin dan motor listrik terpisah, secara integral bagian mesin dikaitkan sebagai permesinan lengkap dalam kondisi pengoperasian normal ( motor listrik sampai 15kW)
- f. Class II, peralatan permesinan berukuran sedang (*motor* listrik dengan output 15-75 kW) tanpa fondasi khusus, mesin terpasang mati (hingga 300 kW) dengan fondasi khusus.
- g. Class III, mesin dengan penggerak utama yang lebih besar dan mesin-mesin besar lainnya dengan *rotating masses* terpasang mati pada fondasi padat dan fondasi berat yang indikatornya sulit bagi penjalaran getaran.

- h. Class IV, mesin dengan penggerak utama yang lebih besar dan mesin-mesin besar lainnya dengan rotating masses-terpasang pada fondasi yang indikatornya mudah bagi pengukuran getaran.

## **2.7 Kebisingan**

Bising adalah bunyi yang ditimbulkan oleh gelombang suara dengan intensitas dan frekuensi yang tidak menentu. Berdasarkan frekuensi, tingkat tekanan bunyi, tingkat bunyi dan tenaga bunyi maka bising dibagi dalam 3 kategori:

1. Occupational noise (bising yang berhubungan dengan pekerjaan) yaitu bising yang disebabkan oleh bunyi mesin di tempat kerja, misal bising dari mesin ketik.
2. Audible noise (bising pendengaran) yaitu bising yang disebabkan oleh frekuensi bunyi antara 31,5 – 8.000 Hz.
3. Impuls noise (Impact noise = bising impulsif) yaitu bising yang terjadi akibat adanya bunyi yang menyentak, misal pukulan palu, ledakan meriam, tembakan bedil.

Kebisingan terus menerus dimana fluktuasi intensitasnya tidak lebih dari 6 dB, kebisingan jenis ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu

- a. Steady State Wide Band Noise, Yaitu kebisingan seluruh energi akustik terbesar didalam daerah atau range frekuensi yang luas, seperti suara yang ditimbulkan oleh motor diesel, kompresor dan fan.
- b. Steady State Narrow Band Noise, yaitu kebisingan yang seluruh energi

akustiknya terbesar didalam daerah atau range frekuensi yang lebih sempit atau seolaholah terpusat pada suatu frekuensi. Contoh : suara katup gas.

- c. Kebisingan terputus-putus ( intermitten Noise), yaitu kebisingan dimana suara mengeras dan melemah secara perlahan-lahan. Contoh: Kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan. Kebisingan Impulsif, yaitu kebisingan yang membutuhkan waktu kurang dari 35 mili detik untuk mencapai puncak intensitas. Bila impulse terjadi secara berulang-ulang dengan selang waktu kurang dari 0,5 detik. Kebisingan impulsive ini dapat diklasifikasikan sebagai kebisingan terusmenerus (setiawan dkk 2015)

## 2.8 Standar Kebisingan

Kebisingan merupakan bunyi yang tidak diinginkan dalam tingkat dan waktu tertentu karena dapat menyebabkan gangguan terhadap kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No:KEP-48/MENLH/11/1996, 1996). Tingkat kebisingan menunjukkan ukuran energi bunyi dalam satuan desibel disingkat dB (Djalante, 2010). Untuk mengukur tingkat kebisingan, alat yang umum digunakan adalah *soud level meter* (SLM). Tingkat kebisingan dapat diklasifikasikan berdasarkan intensitas yang diukur dengan satuan *decibel* (dB) seperti Tabel 1 berikut.

**Tabel 2.3** Skala Intensitas Kebisingan (dBA)

Tingkat Kebisingan	Keterangan	Skala Intensitas
0-20	Gemerisik daun Suara gemerisik	Sangat tenang
20-40	Perpustakaan, percakapan	Tenang
40-60	Radio pelan, Percakapan keras Rumah, gaduh kantor	Sedang
60-80	Perusahaan, radio keras dan jalan	Keras

80-100	Peluit polisi, jalan raya, pabrik tekstil dan pekerja mekanis	Sangat keras
100-120	Ruang ketel, mesin turbin uap mesin diesel besar dan kereta bawah tanah	Sangat amat keras
> 120	Ledakan bom, mesin jet dan mesin roket	Menulikan

Sumber: Khairina et al. (2014)

**Tabel 2.4** Nilai ambang batas Kebisingan (dBA)

Waktu pemaparan perhari	Intensitas kebisingan dalam dB
8 Jam	85
4	88
2	91
1	94
30 Menit	97
15	100
7,5	103
3,75	106
0,94	112
28,12 Detik	115
14,06	118
1,88	109
7,03	121
3,52	124
1,76	127
0,88	130
0,44	133
0,22	136
0,11	139
Tidak Boleh	140

Sumber: Kepmenaker no.51 tahun 1999

## 2.9 Mesin Diesel

Mesin diesel adalah mesin yang sistem pembakarannya di dalam (internal combustion engine) menjadi pilihan banyak pengguna motor bakar untuk kendaraannya karena keunggulan efisiensi bahan bakar. Sebagai efek dari semakin ketatnya peraturan terhadap pencemaran lingkungan hidup, mesin diesel menjadi salah satu pilihan dalam pemakaian sistem internal-combustion engine. Internal-combustion engine ini kita temui dalam sistem mobil, kapal, alat pembangkit listrik portable, bus, traktor dan lain-lain. Salah satu keunggulan mesin diesel adalah

sistem pembakarannya menggunakan *Compression-ignition* (pembakaran-tekan), yang tidak memerlukan busi. Pada Motor Bakar Diesel salah satu system terpenting adalah system aliran Bahan Bakar (Harsanto, 1984).

Mesin pembakaran internal sejauh ini merupakan bentuk mesin atau penggerak utama yang paling umum. Seperti kebanyakan mesin, tujuan biasanya adalah mencapai hasil kerja yang tinggi dengan efisiensi tinggi. Terdapat dua jenis mesin pembakaran internal adalah: *Spark Ignition* (SI), di mana bahan bakar dinyalakan oleh percikan api; dan mesin *Compression Ignition* (CI), di mana kenaikan temperatur dan tekanan pada saat kompresi cukup untuk menyebabkan pengapian pada bahan bakar. Mesin *Spark Ignition* juga diesel, Mesin *Compression Ignition* juga disebut sebagai mesin diesel berdasarkan nama penemunya (Richard Stone. 2012).

Sistem bahan bakar adalah proses mengalirnya bahan bakar dari dalam tangki hingga masuk kedalam system. Oleh karena itu perlunya pemahaman tentang jalur aliran bahan bakar tersebut dan cara kerja dari komponen yang ada

Pada Sistem bahan bakar juga terdapat beberapa komponen-komponen penting yang menunjang kelancaran aliran bahan bakar. Apabila terdapat masalah pada sistemnya maka dapat mengganggu kerja dari mesin, maka penting juga untuk dapat menganalisis, memperbaiki dan melakukan pengujian terhadap proses kerja dari masing-masing komponen sistem bahan bakar motor diesel terbagi menjadi tiga yaitu yang pertama yaitu sistem injeksion in-line,yang kedua sistem injeksion distributor,dan yang terakhir yaitu sistem yang terbaru yaitu dengan sistem common-rail yaitu menggunakan sistem Elektronik Control Unit (ECU) sistem ini

banyak digunakan pada engine diesel yang baru karna sistem elektronik yang lebih menjamin keakuratan untuk mendapatkan daya mesin yang optimum, pemakaian bahan bakar yang hemat serta tingkat emisi yang rendah.

## **2.10 Karakteristik Mesin Diesel**

Sejak diperkenalkan pertama kali oleh Rudolf Diesel pada 1892 di Jerman, mesin diesel telah mengalami perkembangan yang sangat pesat mulai penggunaan bahan bakar hingga peningkatan kinerja yang berhubungan dengan teknologi mekanis hingga *improvement power*, dan konsumsi bahan bakar agar lebih bersahabat dengan lingkungan.

Motor diesel sebagai sebuah sumber tenaga penggerak memiliki prinsip yang hampir sama dengan motor bensin (*gasoline engine*) dimana energi dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar, Ada beberapa perbedaan utama antara karakteristik mesin bensin dan mesin diesel. Mesin diesel menggunakan prinsip *auto-ignition* (terbakar sendiri). Sedangkan mesin bensin menggunakan prinsip *spark-ignition* (pembakaran yang dipicu oleh percikan api pada busi). Oleh karenanya motor diesel sering juga disebut dengan "*compression ignition engine*". Agar dapat mencapai suhu dan tekanan pembakaran, tekanan kompresi pada mesin diesel diusahakan mampu mencapai 30-45kg/cm<sup>2</sup>, agar temperatur udara yang dikompresikan mencapai 500 derajat celsius, sehingga bahan bakar mampu terbakar dengan sendirinya tanpa dipicu oleh letikan bunga api dari busi.

Untuk dapat mencapai tekanan dan temperatur yang demikian, pada motor diesel harus memiliki perbandingan kompresi yang lebih tinggi kira-kira mencapai 25:1

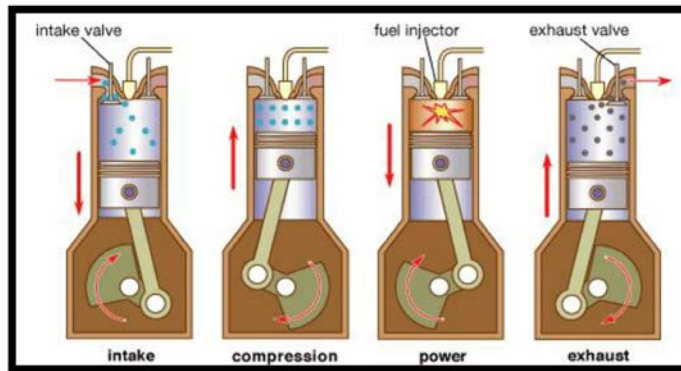
dan membutuhkan gaya yang lebih besar untuk memutarinya. Sehingga motor diesel memerlukan alat pemutar seperti motor starter dan baterai yang berkapasitas besar pula. Disamping itu motor diesel memiliki efisiensi panas yang sangat tinggi, hemat konsumsi bahan bakar, memiliki kecepatan lebih rendah dibanding mesin bensin, getarannya sangat besar dan agak berisik, momen yang didapatkan lebih besar, sehingga motor ini umumnya digunakan pada kendaraan niaga, kendaraan penumpang dan sebagai motor penggerak lainnya. Karena tekanan pembakaran yang tinggi, maka mesin diesel harus dibuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan tinggi dan harus mempunyai struktur yang sangat kuat. Disamping itu getaran motor yang dihasilkan sangat besar, ini diakibatkan oleh tekanan pembakaran maksimum yang dicapai hampir dua kali lipat lebih besar dari pada motor bensin, sehingga suara dan getaran mesin diesel menjadi lebih besar.

### **2.11 Proses Kerja Mesin Diesel 4 Langkah**

Mesin diesel empat langkah merupakan salah satu mesin pembakaran yang merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik. Motor diesel empat langkah itu sendiri membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus di dalam silinder. Dengan kata lain, setiap silinder membutuhkan empat langkah torak pada dua putaran poros engkol untuk



melengkapi siklusnya.



**Gambar 2.12** Siklus empat langkah.

*Sumber: Dimas Priyanto & Bambang Sudarmanta, 2015 Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*

Secara skematis prinsip kerja motor diesel empat langkah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Langkah pemasukan. Pada langkah ini katup masuk membuka dan katup terbuang tertutup. Udara mengalir ke dalam silinder.
2. Langkah kompresi. Pada langkah ini kedua katup menutup, piston bergerak dari TMB ke TMA, menekan udara yang ada dalam silinder. Sesaat sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan.
3. Langkah ekspansi. Karena injeksi bahan bakar ke dalam silinder bertemperatur tinggi, bahan bakar terbakar dan berekspansi menekan piston untuk melakukan kerja sampai piston mencapai TMB. Kedua katup tertutup pada langkah ini.
4. Langkah buang. Ketika piston hampir mencapai TMB, katup buang terbuka,

katup masuk tertutup. Ketika piston bergerak TMA, gas sisa pembakaran terbang keluar ruang bakar. Akhir langkah ini adalah ketika piston mencapai TMA. Siklus kemudian berulang lagi. (Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, 2013).

## 2.12 Perbandingan Rasio Kompresi

Perbandingan kompresi adalah mencirikan seberapa banyak campuran bahan bakar dan udara yang masuk didalam silinder pada langkah hisap, dan yang dimanfaatkan pada langkah kompresi (Irwan, 2015).

$$PK = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

Dimana: PK = perbandingan kompresi

$V_s$  = volume silinder

$V_c$  = volume kompresi (ruang bakar)

Angka perbandingan kompresi yang tinggi mengakibatkan tekanan awal pembakaran menjadi lebih tinggi. Dengan tekanan awal pembakaran yang tinggi berarti tekanan maksimum yang dihasilkan oleh pembakaran akan menjadi lebih tinggi sehingga tenaga yang dihasilkan menjadi lebih besar. Apabila gaya yang mendorong lebih besar maka akan lebih besar pula momen yang dihasilkan, sehingga semakin besar tekanan hasil pembakaran di dalam silinder maka akan semakin besar momen yang dihasilkan pada poros engkol (Irwan, 2015).

Semakin tinggi nilai perbandingan kompresi semakin tinggi pula nilai tekanan kompresi. Pengaruh tekanan kompresi terhadap mesin adalah semakin besar tekanan kompresi semakin besar pula tenaga yang dihasilkan oleh mesin. Motor

dengan perbandingan kompresi yang tinggi mempunyai kelemahan yakni dengan tingginya tekanan pada akhir kompresi atau tekanan awal pembakaran berarti suhu dalam ruang kompresi juga akan naik. Apabila hal ini terjadi maka bisa terjadi detonasi (bila tekanan kompresi yang tinggi tidak diikuti dengan pemakaian bahan bakar yang beroktan tinggi (Irwan, 2015).

### **2.13 Solar**

Bahan bakar diesel adalah bahan bakar yang digunakan dalam mesin pengapian diesel atau kompresi. Dalam mesin diesel, udara dikompresi ke suhu tinggi sebelum bahan bakar disuntikkan ke dalam silinder untuk menyala atau meledak. Dibandingkan dengan mesin pengapian percikan, mesin diesel lebih hemat biaya karena keunggulan operasinya, efisiensi yang lebih besar, output daya tinggi, dan penghematan bahan bakar dalam semua beban. Namun, ia memiliki kelemahan kebisingan dan emisi partikulat dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). Tiga kelas bahan bakar diesel yang umum digunakan: (1) bahan bakar diesel transportasi darat, digunakan dalam truk bus, kereta api, atau kendaraan transportasi darat lainnya yang memiliki variasi kecepatan dan beban tinggi; (2) bahan bakar diesel transportasi laut, digunakan di kapal yang memiliki kecepatan variabel tetapi beban relatif tinggi dan seragam; dan (3) bahan bakar diesel mesin industri, digunakan pada pembangkit listrik yang memiliki kecepatan rendah atau sedang dengan beban berat. Oleh karena itu, kualitas bahan bakar diesel tergantung pada persyaratan kinerja mesin.

Bahan bakar diesel dianalisis berdasarkan sifat fisik dan komposisi kimianya

untuk mengatasi berbagai masalah termasuk kinerjanya (efisiensi pembakaran), stabilitas penyimpanan, evaluasi efisiensi proses pemurnian dan kualitas produk, dan penilaian dampak lingkungan.

#### **2.14 Alat Purifikasi**

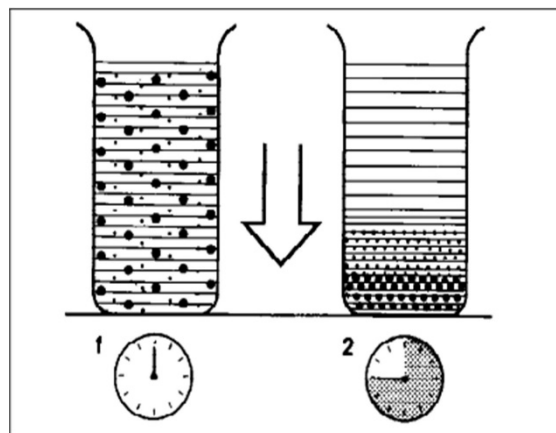
Charnews (2007:67) *Purifier* adalah pesawat bantu yang berfungsi untuk memisahkan minyak, air dan kotoran dengan menggunakan gaya sentrifugal yang bekerja berdasarkan perbedaan berat jenis dan minyak, air dan kotoran, sehingga zat yang mempunyai berat jenis lebih besar akan terlempar keluar terlebih dahulu. Pesawat *purifier* bekerja berdasarkan gaya sentrifugal dalam rotasi mangkok yang sangat cepat, gaya gravitasi akan diganti dengan gaya sentrifugal yang menjadi ribuan kali lebih besar dimana maksud dari peningkatan ribuan kali lebih besar adalah pada bagian *bowl* purifier ini bekerja karena perbedaan berat jenis yang terjadi antara minyak, air dan lumpur maka lumpur yang berat jenisnya lebih besar akan terlempar lebih jauh ketimbang air dan minyak karena gaya sentrifugal oleh sebab itu peningkatan lebih besar yang dimaksud yaitu perbandingan antara gaya gravitasi dan gaya sentrifugal dimana gaya sentrifugal di sini dimaksudkan meningkatkan gaya gravitasi itu sendiri yang memungkinkan gaya sentrifugal itu sendiri bisa lebih sempurna untuk pemisahan minyak, air dan lumpur.

Cara kerja *purifier* sangat identik dengan gaya berat yang dialami prosesnya didukung oleh gaya sentrifugal sehingga proses pemisahannya sangat cepat. Percepatan gaya sentrifugal besarnya antara 6000-7000 kali lebih besar dari

pengendapan gravitasi. Mesin pemisah kotoran yang lazim disebut *Separator/purifier* yaitu pemisah dengan putaran yaitu melakukan pemisahan dengan pengendapan di bidang sentrifugal. Jika pengendapan dengan gaya sentrifugal bekerja sesuai dengan rpm 1500- 1900 per menit, maka pemisahan dan pembersihannya jauh lebih besar daripada pengendapan gravitasi bumi.

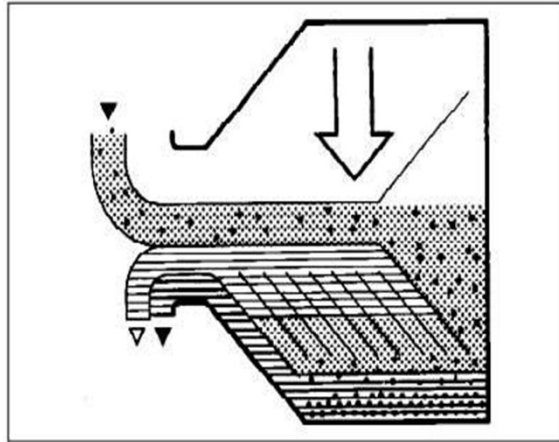
Keuntungan-keuntungan *Purifier* adalah:

- a. Lumpur-lumpur dapat dipisahkan dengan mudah dan dibuang dengan cara *diblow up*.
- b. Gerakan pembuangan lumpur dilakukan dalam suatu waktu yang singkat dengan pembersih yang tinggi.
- c. Proses pembersihan jauh lebih efisien dan ekonomis dibanding dengan metode gravitasi.



**Gambar 2.13** Prinsip Dasar Pengendapan Zat Cair.(2005 *Permesinan Bantu, BP3IP : Jakarta*)

Proses lain pemisahan zat cair dapat juga dengan menggunakan peralatan susunan mangkuk (*Bowl*) seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.14** Proses Pemisahan Dengan Susunan *Bowl*. (2005 *Permesinan Bantu, BP3IP: Jakarta*)