

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Metode	Hasil
1	Dameyanti Sihombing, Walangitan, Pingkan A.K Pratasris	2019	Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek di Kota Bitung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Pabrik Minyak PT. MNS)	Observasi, Studi Kepustakaan, Analisis Data	Hasil questioner menyatakan 100% (YA) karena pekerjaan konstruksi telah memberikan alat pelindung diri (APD) 98% mengetahui apa yang dimaksud dengan keselamatan dan kesehatan kerja ; 100% pekerja mengatakan adanya jaminan keselamatan kerja .
2	Nining Wahyui, Bambang Suyadi, Wiwin Hartanto	2018	Pengaruh Keselamatan Kerja Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pada PT. Kutai Timber Indonesia	Kuesioner, Observasi, Wawancara dan Dokumen	Variabel Keselamatan kerja terhadap produktivitas kerja karyawan memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas kerja karyawan. Hal itu dapat dilihat dari nilai R sebesar 67,9%

3	Ade Sofyan	2018	Pengaruh Keselamatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Karyawan PT. Bekart Indonesia Plant Karawang	Kuantitatif dan Populasi	Kondisi K3 Rata-rata skor responden 78,98 Baik. Indikasi k3 baik ini ditunjukkan dengan APD yang sudah sesuai dengan standar serta memiliki ketersediaan yang selalu ada. Kondisi Karyawan Rata-rata skor responden 85,48 yang dapat diinterpretasikan dengan Baik.
---	------------	------	---	--------------------------	---

## 2.2 Definisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Menurut ILO/WHO (1998) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah suatu promosi, perlindungan dan peningkatan derajat kesehatan yang setinggi-tingginya mencakup aspek fisik, mental, dan sosial untuk kesejahteraan seluruh pekerja di semua tempat kerja. Pelaksanaan K3 merupakan salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi dan atau bebas dari kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja.

Keselamatan kerja menunjukkan kondisi yang aman atau selamat dari penderitaan, kerusakan dan kerugian di tempat kerja. Resiko keselamatan merupakan aspek-aspek dari lingkungan kerja yang dapat menyebabkan kebakaran, korsleting listrik, terpotong, luka memar, keseleo, patah tulang, kebutaan, tuli, dan lain sebagainya.

Sedangkan kesehatan kerja menunjukkan pada kondisi yang bebas dari gangguan fisik, mental, emosi, atau rasa sakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja (Anwar, 2013).

Keselamatan kerja adalah membuat kondisi kerja yang aman dengan dilengkapi alat-alat pengaman, penerangan yang baik, menjaga lantai dan tangga bebas dari air, minyak, nyamuk dan memelihara fasilitas air yang baik (Anwar, 2013).

Pendapat lain menyebutkan bahwa keselamatan kerja berarti proses merencanakan dan mengendalikan situasi yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja melalui persiapan prosedur operasi standar yang menjadi acuan dalam bekerja (Pitasari, 2014).

Pasaribu (2017) menyebutkan, keselamatan kerja merujuk pada perlindungan terhadap kesejahteraan seseorang, dan tujuan utama keselamatan kerja di perusahaan adalah mencegah kecelakaan atau cedera yang terkait dengan pekerjaan.

Zulkarnaini (2014) menjelaskan tujuan keselamatan kerja untuk menyelamatkan kepentingan ekonomis perusahaan yang disebabkan kecelakaan, dan selanjutnya menyelamatkan pekerja serta mencegah terjadinya kecelakaan di tempat kerja, dengan cara menciptakan keamanan menyeluruh di tempat kerja. Kesehatan dan keselamatan kerja merujuk kepada kondisi-kondisi fisiologisfisikal dan psikologis tenaga kerja yang diakibatkan oleh lingkungan kerja yang disediakan oleh perusahaan (Anwar, 2013).

Jika perusahaan menjalankan tindakan-tindakan kesehatan dan keselamatan kerja yang efektif, maka lebih sedikit pekerja yang menderita cedera atau penyakit, sebagai akibat dari pekerjaan mereka di perusahaan tersebut.

Kondisi fisiologis-fisikal meliputi penyakit-penyakit dan kecelakaan kerja, seperti kehilangan nyawa, anggota badan, cedera akibat gerakan yang rutin dan berulang, penyakit yang disebabkan zat-zat kimia berbahaya, dan lain sebagainya.

Untuk dapat bekerja produktif, maka pekerjaan harus dilakukan dengan cara kerja dan pada lingkungan kerja yang memenuhi syarat kesehatan dan keselamatan. Lingkungan kerja merupakan aspek yang dapat dikendalikan (*controllable*) oleh perusahaan, sedangkan cara bekerja yang sehat dan selamat merupakan aspek yang juga *controllable* dilakukan oleh tenaga tenaga kerja (Pasaribu, 2017).

Dalam lingkungan perusahaan, banyak sekali sumber-sumber yang bisa mengganggu atau bisa menimbulkan gangguan keselamatan dan kesehatan kerja.

Syafi'i (2008) mengelompokkan beberapa faktor sebagai berikut:

1. Keadaan tempat lingkungan kerja

- a. Penyusunan dan penyimpanan barang-barang yang berbahaya kurang diperhitungkan keamanannya.

- b. Ruang kerja yang terlalu padat dan sesak
- c. Pembuangan kotoran dan limbah yang tidak pada tempatnya

2. Pengaturan udara/suhu

- a. Pergantian/sirkulasi udara di ruang kerja yang tidak baik
- b. Ruang kerja kotor, berdebu, lembab, dan berbau
- c. Suhu udara yang tidak dikondisikan pengaturannya

3. Pengaturan penerangan

- a. Pengaturan dan penggunaan sumber cahaya yang tidak tepat
- b. Ruang kerja yang kurang cahaya (remang-remang)

4. Pemakaian peralatan kerja

- a. Pengaman peralatan kerja sudah usung, aus atau rusak
- b. Penggunaan mesin, alat elektronik tanpa pengamanan yang tepat

5. Kondisi fisik dan mental karyawan

- a. Kerusakan panca indera
- b. Stamina karyawan tidak stabil
- c. Emosi pegawai labil
- d. Kepribadian pegawai rapuh
- e. Cara berpikir dan persepsi yang lemah
- f. Motivasi kerja rendah
- g. Sikap pegawai ceroboh
- h. Kurang cermat
- i. Kurang pengetahuan dalam penggunaan fasilitas kerja

Adapun syarat-syarat keselamatan kerja yang di atur dalam Undang-Undang keselamatan dan kesehatan kerja yang dibuat untuk (Undang-Undang K3 pasal 3 ayat 1, tahun 1970):

- 1) Mencegah dan mengurangi kecelakaan
- 2) Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran
- 3) Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan
- 4) Memberikan kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya
- 5) Memberi pertolongan pada kecelakaan
- 6) Memberi alat-alat perlindungan diri kepada pekerja
- 7) Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembapan, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran.
- 8) Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psikis
- 9) Menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik
- 10) Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai
- 11) Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup
- 12) Memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban
- 13) Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya

- 14) Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanamandan barang
- 15) Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan
- 16) Mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar muat, perlakuan danpenyimpanan barang
- 17) Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya
- 18) Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yangbahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.

### **2.3 Kecelakaan Akibat Kerja**

Menurut Socrates (2013), definisi kecelakaan adalah kejadian tidak terduga dan tidak diharapkan. Dikatakan tidak terduga karena dibelakang peristiwa yang terjadi tidak terdapat unsur kesengajaan atau unsur perencanaan, sedangkan tidak diharapkan karena peristiwa kecelakaan disertai kerugian materil ataupun menimbulkan penderitaan dari skala paling ringan sampai skala paling berat. Kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam hubungan kerja atau sedang melakukan pekerjaan di suatu tempat kerja. Ruang lingkup kecelakaan akibat kerja terkadang diperluas meliputi kecelakaan tenaga kerja yang terjadi saat perjalanan ke dan dari tempat kerja.

Menurut Syafi'i (2008) kecelakaan kerja adalah kejadian tidak diharapkan yang mengakibatkan kesakitan (cedera atau korban jiwa) pada orang, kerusakan pada properti dan kerugian dalam proses yang terjadi

saat pekerjaan dilakukan. Kecelakaan kerja biasanya terjadi karena adanya kontak dengan bahan atau sumber energi (bahan kimia, suhu tinggi, kebisingan, mesin, listrik, dan lain-lain) di atas nilai ambang batas kemampuan tubuh manusia untuk dapat menerimanya, yang kemungkinan dapat menyebabkan terpotong, terbakar, luka lecet, patah tulang, dan terjadi gangguan fungsi fisiologis alat tubuh.

#### 1. Pengalaman kerja

Semakin banyak pengalaman kerja dari seseorang, maka semakin kecil kemungkinan terjadinya kecelakaan akibat kerja. Pengalaman untuk kewaspadaan terhadap kecelakaan kerja bertambah baik sesuai dengan usia, masa kerja atau lamanya bekerja di tempat yang bersangkutan. Pengalaman kerja merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja. Berdasarkan berbagai penelitian dengan meningkatnya pengalaman dan keterampilan akan disertai dengan penurunan angka kecelakaan akibat kerja.

#### 2. Tingkat pendidikan

Pendidikan seseorang berpengaruh dalam pola pikir seorang dalam menghadapi pekerjaan yang dipercayakan kepadanya, selain itu pendidikan juga akan mempengaruhi tingkat penyerapan terhadap pelatihan yang diberikan dalam rangka melaksanakan pekerjaan dan keselamatan kerja. Hubungan tingkat pendidikan dengan lapangan yang tersedia bahwa pekerja dengan tingkat pendidikan rendah, seperti Sekolah Dasar atau bahkan tidak pernah bersekolah akan bekerja di lapangan yang



mengandalkan fisik. Hal ini dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja karena beban fisik yang berat dapat mengakibatkan kelelahan yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja. Pendidikan adalah pendidikan formal yang diperoleh disekolah dan ini sangat berpengaruh terhadap perilaku pekerja. Namun disamping pendidikan

formal, pendidikan non formal seperti penyuluhan dan pelatihan juga dapat berpengaruh terhadap pekerja dalam pekerjaannya.

#### b. Faktor lingkungan

##### 1. Lokasi/tempat kerja

Tempat kerja adalah tempat dilakukannya pekerjaan bagi suatu usaha, dimana terdapat tenaga kerja yang bekerja, dan kemungkinan adanya bahaya kerja di tempat itu. Disain dari lokasi kerja yang tidak ergonomis dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Tempat yang baik apabila lingkungan kerja aman dan sehat.

##### 2. Perlengkapan/peralatan

Proses produksi adalah bagian dari perencanaan produksi. Langkah penting dalam perencanaan adalah memilih peralatan dan perlengkapan yang efektif sesuai dengan apa yang diproduksi. Padadasarnya peralatan/perlengkapan mempunyai bagian-bagian kritis yang dapat menimbulkan keadaan bahaya, yaitu:

##### a. Bagian-bagian fungsional

b. Bagian-bagian operasional

Bagian-bagian mesin yang berbahaya harus ditiadakan dengan jalan mengubah konstruksi, memberi alat perlindungan. Peralatan dan perlengkapan yang dominan menyebabkan kecelakaan kerja, antara lain:

- a. Peralatan/perlengkapan yang menimbulkan kebisingan
- b. Peralatan/perlengkapan dengan penerangan yang tidak efektif
- c. Peralatan/perlengkapan dengan temperature tinggi ataupun terlalu rendah
- d. Peralatan/perlengkapan yang mengandung bahan-bahan kimia berbahaya

- e. Peralatan/perlengkapan dengan efek radiasi yang tinggi
  - f. Peralatan/perlengkapan yang tidak dilengkapi dengan pelindung,dll.
  - g. Peralatan/perlengkapan dengan temperature tinggi ataupun terlalurendah
  - h. Peralatan/perlengkapan yang mengandung bahan-bahan kimiaberbahaya
  - i. Peralatan/perlengkapan dengan efek radiasi yang tinggi
  - j. Peralatan/perlengkapan yang tidak dilengkapi dengan pelindung,dll.
3. Shift kerja

Menurut *National Occupational Health and Safety Committee*, shift kerja adalah bekerja diluar jam kerja normal, dari Senin sampai Jumat termasuk hari libur dan bekerja dimulai dari jam 07.00 sampai dengan jam 19.00 atau lebih. Shift kerja malam biasanya lebih banyak menimbulkan kecelakaan kerja dibandingkan dengan shift kerja siang, tetapi shift kerja pagi-siang tidak menutup kemungkinan dalam menimbulkan kecelakaan akibat kerja.

## **2.4 Definisi Bahaya**

Bahaya adalah segala sesuatu termasuk situasi atau tindakan yang berpotensi menimbulkan kecelakaan atau cedera pada manusia, kerusakan atau gangguan lainnya. Karena hadirnya bahaya maka diperlukan upaya pengendalian agar bahaya tersebut tidak menimbulkan akibat yang merugikan. (Syafi'i, 2008)

Bahaya merupakan sifat yang melekat dan menjadi bagian dari suatu zat, sistem, kondisi atau peralatan. Misalkan api, secara alamiah mengandung sifat panas yang bila mengenai benda atau tubuh manusia dapat menimbulkan kerusakan atau cedera.

### **2.41 Jenis Bahaya**

Ditempat umum banyak terdapat sumber bahaya seperti perkantoran, tempat rekreasi, mal, jalan raya, sarana olahraga dan lain-lain. Di tempat kerja juga banyak jenis bahaya seperti di pertambangan, pabrik kimia, kilang minyak, pengecoran logam dan lainnya. Kita tidak dapat mencegah kecelakaan jika tidak dapat mengenal bahaya dengan baik dan seksama. Jenis bahaya dapat diklasifikasikan antara lain (Syafi'i, 2008):

a. Bahaya mekanis

Bahaya mekanis bersumber dari peralatan mekanis atau benda bergerak dengan gaya mekanika baik yang digerakkan secara manual maupun dengan penggerak. Misalnya mesin gerinda, bubut, potong, press, tempa, pengaduk dan lain-lain.

b. Bahaya listrik

Adalah sumber bahaya yang berasal dari energi listrik. Energi listrik dapat mengakibatkan berbagai bahaya seperti kebakaran, sengatan listrik, dan hubungan arus pendek. Dilingkungan kerja banyak ditemukan bahaya listrik, baik dari jaringan listrik, maupun peralatan kerja atau mesin yang menggunakan energi listrik.

c. Bahaya kimiawi

Bahan kimia mengandung berbagai potensi bahaya sesuai dengan sifat dan kadungannya. Banyak kecelakaan terjadi akibat bahan kimiawi.

d. Bahaya fisik

Bahaya yang berasal dari faktor fisik diantaranya: karena getaran, tekanan, gas, kebisingan, suhu panas atau dingin, cahaya penerangan, radiasi dari bahan radioaktif.

## 2.5 Definisi Risiko

Risiko adalah suatu peristiwa atau kondisi yang tidak pasti, jika terjadi, memiliki efek positif atau negatif pada tujuan proyek. Risiko pada umumnya dipandang sebagai sesuatu yang negatif seperti kecelakaan, kehilangan, bahaya dan konsekuensi lainnya. Namun kerugian tersebut merupakan bentuk ketidak pastian yang seharusnya dipahami dan dikelola secara efektif oleh organisasi sebagai bagian dari strategi sehingga dapat menjadi nilai positif dan mendukung pencapaian tujuan organisasi. Oleh sebab itu dibutuhkan manajemen risiko kecelakaan yang baik agar kerugian dari risiko kecelakaan dapat dikurangi atau dihindari.

### 2.5. 1 Jenis-Jenis Kecelakaan Kerja

Bentuk kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek konstruksi bermacam-macam dan merupakan dasar dari penggolongan atau pengklasifikasian jenis kecelakaan. Menurut Pasaribu (2017) jenis-jenis kecelakaan kerja dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

#### 1. Terbentur (*struck by*)

Kecelakaan ini terjadi pada saat seseorang yang tidak diduga ditabrak atau ditampar sesuatu yang bergerak atau bahan kimia. Contohnya terkena pukulan palu, ditabrak kendaraan, benda asing misal material.

#### 2. Membentur (*struck against*)

Kecelakaan yang selalu timbul akibat pekerja yang bergerak terkena atau bersentuhan dengan beberapa objek atau bahan – bahan kimia.

#### 3. Terperangkap (*caught in, on, between*)

Contoh dari *caught in* adalah kecelakaan yang akan terjadi bila kaki pekerja tersangkut di antara papan – papan yang patah di lantai. Contoh

dari *cought on* adalah kecelakaan yang timbul bila baju dari pekerja terkena pagar kawat, sedangkan contoh dari *cought between* adalah kecelakaan yang terjadi bila lengan atau kaki dari pekerja tersangkut dalam bagian mesin yang bergerak.

4. Jatuh dari ketinggian (*fall from above*)

Kecelakaan ini banyak terjadi, yaitu jatuh dari ketinggian dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Contohnya jatuh dari tangga atau atap.

5. Jatuh pada ketinggian yang sama (*fall at ground level*)

Beberapa kecelakaan yang timbul pada tipe ini seringkali berupatergelincir, tersandung, jatuh dari lantai yang sama tingkatnya.

6. Pekerjaan yang terlalu berat (*over-exertion or strain*)

Kecelakaan ini timbul akibat pekerjaan yang terlalu berat yang dilakukan pekerja seperti mengangkat, menaikkan, menarik benda atau material yang dilakukan diluar batas kemampuan.

7. Terkena aliran listrik (*electrical contact*)

Luka yang ditimbulkan akibat pekerjaan ini terjadi akibat sentuhan anggota badan dengan alat atau perlengkapan yang mengandung listrik.

8. Terbakar (*burn*)

Kondisi ini terjadi akibat sebuah bagian dari tubuh mengalami kontak dengan percikan, bunga api atau dengan zat kimia yang panas.

### 2.5.2 Dentifikasi Risiko

Identifikasi risiko adalah suatu proses yang sifatnya berulang, sebab risiko–

risiko baru kemungkinan baru diketahui ketika proyek sedang berlangsung selama siklus proyek. Frekuensi pengulangan dan siapa personel yang terlibat dalam setiap siklus akan sangat bervariasi dari satu kasus ke kasus yang lain. Identifikasi harus mencakup semua risiko, baik yang ada atau tidak dalam organisasi, tujuannya untuk menghasilkan daftar risiko yang komprehensif dari suatu peristiwa yang dapat memberikan pengaruh terhadap setiap struktur elemen. Untuk melakukan proses identifikasi risiko dapat menggunakan *tools* dan teknik antara lain :

### 1. *Brainstroming*

Tujuan *brainstorming* adalah untuk mendapatkan daftar yang komprehensif risiko proyek. *Brainstorming* dilakukan dengan cara mengundang beberapa orang dan dikumpulkan dalam suatu ruangan untuk berbagi ide tentang risiko proyek. Ide tentang risiko proyek dihasilkan dengan bantuan dan kepemimpinan seorang *fasilitator*.

### 2. *Delphie Technique*

*Delphie technique* adalah cara mencapai konsensus dari para ahli. Para ahli dalam bidang risiko proyek berpartisipasi tanpa nama atau *anonumously* dan difasilitasi dengan suatu kuisisioner untuk mendapatkan ide tentang risiko proyek yang dominan. Respon yang ada diringkas, kemudian disirkulasi ulang kepada para ahli untuk komentar lebih lanjut. Konsensus mungkin dicapai didalam beberapa kali putaran proses. *Delphi technique* sangat membantu untuk mengurangi bias pada data dan menjaga untuk tidak dipengaruhi oleh pendapat yang tidak semestinya.

### 3. *nterviewing*

*Interviewing* atau wawancara adalah teknik untuk mengumpulkan data tentang risiko proyek. Wawancara dilakukan terhadap anggota tim proyek

dan *stakeholder* lainnya yang telah berpengalaman dalam risiko proyek.

#### 4. *Root Cause Identification*

Teknik ini dilakukan untuk mengetahui penyebab risiko yang esensial dan yang akan mempertajam definisi risiko, kemudian dibuat kedalam grup berdasarkan penyebab.

#### 5. *Strength, Weakness, Opportunities and Threats (SWOT) analysis*

Teknik ini dilakukan berdasarkan perspektif SWOT untuk meningkatkan pemahaman risiko yang lebih luas. Hasil utama dari proses identifikasi risiko adalah adanya daftar risiko (*risk register*) yang harus didokumentasikan sebagai bagian dari rencana manajemen proyek (*project management plan*).

Selanjutnya proses identifikasi yang biasa dilakukan dapat berupa :

##### 1. *Cheklis safety*

*Cheklis safety* biasa digunakan sebagai langkah awal atau tinjauan dari aspek keselamatan dalam suatu situasi. *Cheklis* dapat diterapkan setiap melakukan tinjauan. Dapat digunakan selama evaluasi setiap bagian peralatan.

##### 2. *Job Safety Analysis (JSA)*

*Job Safety Analysis (JSA)* adalah sebuah teknik analisis bahaya yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya yang ada pada pekerjaan seseorang dan untuk mengembangkan pengendalian yang tepat untuk mengurangi risiko. JSA umumnya tidak digunakan untuk melakukan peninjauan desain atau memahami bahaya dari suatu proses kompleks.



JSA merupakan suatu analisis yang menghasilkan sebuah rekomendasi dari tinjauan proses *hazard* yang lebih detail. Hasil dari JSA ini harus dituliskan dalam bentuk formal yaitu berupa prosedur untuk setiap pekerjaan.

### 3. What if

*What if* merupakan teknik analisis dengan metode *brainstorming* untuk menentukan hal-hal apa saja yang mungkin salah dan risiko dari setiap situasi.

Tujuan teknik ini adalah mengidentifikasi kemungkinan adanya kejadian yang tidak diinginkan dan menimbulkan suatu konsekuensi serius. Melalui teknik ini dapat dilakukan penilaian terhadap kemungkinan terjadinya penyimpangan rancang bangun, konstruksi atau modifikasi dari yang diinginkan.

### 4. Hazard And Operability Analysis (HAZOP)

*Hazard And Operability Analysis* (HAZOP) merupakan teknik identifikasi bahaya yang digunakan untuk industri proses seperti industri kimia, petrokimia dan kilang minyak. Metode ini sebaiknya dilakukan oleh orang yang tepat. Penilaian dilakukan dengan menggunakan kata-kata kunci.

Teknik HAZOP merupakan sistem yang sangat terstruktur dan sistematis sehingga dapat menghasilkan kajian yang komprehensif. Kajian HAZOP juga bersifat multidisiplin sehingga hasil kajian akan lebih mendalam dan rinci karena telah ditinjau dari berbagai latar belakang, disiplin dan keahlian.

### 5. Event Tree Analysis (ETA)

*Event Tree Analysis* (ETA) menunjukkan dampak yang mungkin terjadi diawali dengan mengidentifikasi pemicu kejadian dan proses dalam setiap tahapan yang menimbulkan terjadinya kecelakaan. Sehingga dalam ETA perlu diketahui pemicu dari kejadian dan fungsi sistem keselamatan atau prosedur kegawatdaruratan yang tersedia untuk menentukan langkah perbaikan yang ditimbulkan oleh pemicu kejadian.

#### 6. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

*Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) ditunjukkan untuk menilai potensi kegagalan dalam proses. Metode ini digunakan untuk manajemen risiko. FMEA adalah suatu tabulasi dari sitem, peralatan pabrik dan pola kegagalan serta efek terhadap operasi. FMEA adalah uraian mengenai bagaimana suatu peralatan dapat mengalami kegagalan.

FMEA sangat bermanfaat untuk memberikan gambaran mengenai tingkat kerawanan dari suatu komponen atau sub sistem atau dapat membantu dalam menentukan skala prioritas dalam program pemeliharaan, penyediaan komponen dan pengoperasiaan suatu alat, menekan biaya operasi dan pemeliharaan fasilitas.

#### 7. *Fault Tree Analysis* (FTA)

*Fault Tree Analysis* (FTA) menggunakan analisis yang bersifat deduktif. Dimulai dengan menetapkan kejadian yang dapat menimbulkan akibat dari kejadian puncak diidentifikasi dalam bentuk pohon logika kearah bawah. FTA merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengetahui bagaimana suatu kecelakaan spesifik dapat terjadi.

Tabel 2.2. Tingkat *Severity* FMEA Proses

Efek	Ranking	Kriteria
Berbahaya tanpa ada peringatan	10	Dapat membahayakan operator (mesin atau peralatan) tanpa adanya peringatan
Berbahaya dengan peringatan	9	Dapat membahayakan operator dengan Peringatan
Gangguan bersifat Mayor	8	Seluruh komponen (100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )
Gangguan yang Signifikan	7	Sebagian komponen (<100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )
Gangguan yang bersifat sedang	6	Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang secara <i>off-line</i> dan diterima ( <i>rework</i> )
Gangguan yang bersifat sedang	5	Sebagian (<100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang secara <i>off-line</i> dan diterima ( <i>rework</i> )
Gangguan yang bersifat sedang	4	Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>in-station</i> sebelum menuju proses selanjutnya
	3	Sebagian (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>in-station</i> sebelum menuju proses selanjutnya
Gangguan bersifat Minor	2	Efek yang kecil pada proses, operasi atau operator
Tidak Ada	1	Tanpa efek

Sumber : McDermott dkk (2009)

**Tabel 2.3. Tingkat Occurrence FMEA Proses**

<b>Kemungkinan Kegagalan</b>	<b>Tingkat Kegagalan</b>	<b>Ranking</b>
Sangat tinggi : kegagalan terus menerus terjadi	$\geq 100$ dari 1000 satuan	10
	50 dari 1000 satuan	9
Tinggi : kegagalan sering terjadi	20 dari 1000 satuan	8
	10 dari 1000 satuan	7
Menengah : kegagalan kadang-kadang terjadi	5 dari 1000 satuan	6
	2 dari 1000 satuan	5
	1 dari 1000 satuan	4
Rendah : kegagalan sedikit terjadi	0,5 dari 1000 satuan	3
	0,1 dari 1000 satuan	2
Hampir tidak ada kegagalan terjadi	$\leq 0,01$ dari 1000 satuan	1

*Sumber : McDermott dkk (2009)*

## 2.6 Bunyi / Suara

### 2.6.1 Defenisi Bunyi / Suara

Berdasarkan pendapat para ahli, defenisi dari bunyi atau suara adalah sebagai berikut :

1. Suara merupakan gangguan mekanik dalam medium gas, cair atau padat dikarenakan getaran molekul. (Bell, 1996).
2. Bunyi adalah perubahan tekanan dalam udara yang ditangkap oleh gendang telinga dan disalurkan ke otak (Harrington dan Gill, 2005).
3. Bunyi adalah suatu gelombang berupa getaran dari molekul – molekul zat yang saling beradu satu dengan yang lainnya secara terkoordinasi sehingga menimbulkan gelombang dan meneruskan energy

serta sebagian dipantulkan kembali. Media yang dilalui mempunyai massa yang elastic sehingga dapat mengantarkan bunyi tersebut. (Sarwono, 2002).

4. Bunyi atau suara didefinisikan sebagai serangkaian gelombang yang merambat dari suara sumber getar sebagai akibat perubahan kerapatan dan juga tekanan udara (Gabriel, 1996).

5. Gelombang bunyi adalah gelombang mekanis longitudinal, gelombang bunyi tersebut dapat dijalarkan di dalam benda padat, benda cair dan gas (Halliday,1990)

### **2.6.2 Karakteristik Bunyi / Suara**

Karakteristik dasar dari suatu bunyi atau suara terbagi menjadi 2 bagian (Tambunan, 2005), yaitu :

Karakteristik fisik gelombang suara, yang terdiri dari :

Frekuensi

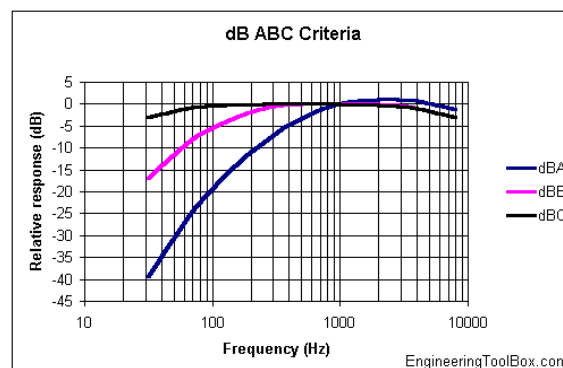
Frekuensi diartikan sebagai jumlah perubahan tekanan dalam setiap detiknya atau frekuensi setiap detiknya dalam satuan *cycles per second* (cls) atau Hertz (Hz). Sifat dari bunyi ditentukan oleh frekuensi dan intensitasnya. Medium dan suhu mempengaruhi kecepatan rambatan suara yang bervariasi, tetapi untuk kecepatan, perambatan suara pada medium udara pada suhu 20°C berkisar 344 m/s, pada kondisi tersebut maka panjang gelombang suara berkisar 13 inch (0,344 m) pada frekuensi 1000 Hz (Wardhana, 2001).

### 2.6.3 Sumber Bunyi Suara

Bunyi merupakan salah satu bentuk energi yang dapat didengar. Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar. Semua getaran benda yang dapat menghasilkan bunyi disebut sumber bunyi. Salah satu contoh sumber bunyi/suara yaitu suara mesin (contoh mesin kendaraan bermotor, mesin diesel), benturan antar benda, suaramanusia dan lain sebagainya

### 2.6.4 Desibel (dB)

Desibel merupakan satuan yang sering digunakan sebagai skala penguatan dalam rangkaian Elektronika seperti rangkaian pada peralatan Audio dan Komunikasi. Besaran-besaran yang menggunakan skala penguatan Desibel tersebut diantara seperti penguatan pada Daya, Tegangan, Arus dan juga Intensitas suara. Jadi pada dasarnya Desibel adalah satuan yang menggambarkan suatu perbandingan atau Rasio. Secara definisi, Desibel yang sering disingkat dengan “dB” ini dapat diartikan sebagai “perbandingan antara dua besaran dalam skala Logaritma.



**Gambar 2.1** Grafik Hubungan antara Respon Relative dan Frekuensi

## 2.7 Kebisingan

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 48 tahun 1996 menyatakan, “kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan”. Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan desibel disingkat

kebisingan memiliki baku tingkat kebisingan dimana adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Menurut Keputusan Menteri tenaga Kerja No. 51 Tahun

1999, “kebisingan yaitu semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran”.

Niosh (1973) dalam Rangga Adi (2009) menyatakan, pada umumnya kebisingan yang terjadi di pabrik memiliki kualitas dan kuantitas tertentu, biasanya irama gelombang bunyi yang dihasilkan bersifat tetap ataupun periodik. Sehingga dapat dikatakan bising yang terjadi dilingkungan kerja khususnya pabrik atau industri ialah kumpulan bunyi yang didasarkan atas gelombang-gelombang akustik dengan berbagai macam frekuensi serta intensitasnya.

### 2.7.1 Jenis Bising

Bising memiliki jenis yang berbeda-beda berdasarkan sifatnya, misalnya bising berdasarkan sifat spektrum dan bunyi, bising berdasarkan pengaruhnya pada manusia dan bising berdasarkan frekuensi.

1. Berdasarkan sifat spektrum dan bunyi, jenis-jenis kebisingan dapat dibagi sebagai berikut (Buchari,2008) :

a. Bising Kontinyu

Bising ini bersifat secara terus-menerus tanpa ada jeda dan memiliki fluktuasi dari intensitasnya tidak lebih dari 6 dB. Bising kontinyu dibagi2.

- *Wide Spectrum* adalah bising dengan spektrum frekuensi yang luas. bising ini relatif tetap dalam batas kurang dari 5 dB untuk periode 0.5 detik berturut-turut, seperti suara kipas angin, suara mesin tenun.
- *Narrow Spectrum* adalah bising ini juga relatif tetap, akan tetapi hanya mempunyai frekuensi tertentu saja (frekuensi 500, 1000, 4000) misalnya gergaji sirkuler, katup gas.

b. Bising terputus-putus

Bising ini memiliki sifat yang tidak terus-menerus namun ada jeda atau memiliki periode yang relatif tenang, misalnya lalu lintas, kendaraan, kapal terbang, kereta api.

c. Bising impulsif

Bising jenis ini memiliki sifat perubahan intensitas suara dalam waktu sangat cepat dan mengejutkan pendengarnya, perubahan intensitas suara dapat melebihi 40dB seperti suara tembakan suara ledakan mercon, meriam.



d. Bising impulsif berulang

Sama dengan bising impulsif, hanya bising ini terjadi berulang-ulang, misalnya mesin tempa.

2. Berdasarkan pengaruhnya pada manusia, bising dapat dibagi (Buchari,2008) :

a. Bising yang mengganggu (*Irritating noise*).

Merupakan bising yang mempunyai intensitas tidak terlalu keras namun menimbulkan rasa ketidaknyamanan, misalnya mendengarkan.

b. Bising yang menutupi (*Masking noise*)

Merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas, secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja , karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain.

c. Bising yang merusak (*damaging/injurious noise*)

Merupakan bunyi yang intensitasnya melampaui Nilai Ambang Batas. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.

3. Menurut Gabriel (1996) dalam Umaryadi (2006) kebisingan berdasarkan frekuensi, tingkat tekanan bunyi terdiri dari:

a. Audible noise (bising pendengaran), adalah bising yang disebabkan oleh frekuensi bunyi antara 31,5-800Hz

b. Occupational noise (bising yang berhubungan dengan pekerjaan), adalah bising yang disebabkan oleh bunyi mesin ditempat kerja

c. Impuls noise (bising implusif) disebabkan oleh bunyi menyentak seperti pukulan palu atau ledakan meriam.

### 2.7.2 Sumber Bising di Industri

Pada umumnya sumber bising di Industri berasal dari mesin-mesin pembangkit tenaga, pesawat dan peralatan-peralatan yang digunakan dalam proses kerja diakibatkan oleh adanya tumbukan atau benturan pada peralatan kerja yang umumnya terbuat dari benda keras atau logam (Rangga Adi,2009). Kebisingan juga dapat timbul dari adanya gesekan antara molekul gas/udara lalu merambat melalui pergerak udara, gas ataupun cairan Menurut Umaryadi (2006) Dan Djamal Thib (2005) dalam Rangga Adi (2009), sumber bising dibagi menjadi tiga kelompok, antara lain :

1. Mesin, kebisingan dari suatu mesin dapat timbul dari getaran selama mesin aktif atau beroperasi dan karena ada gesekan atau putaran serta faktor kurang memadainya damper. Kebisingan yang ditimbulkan mesin tergantung pada :

- a. Jumlah silinder

Silinder merupakan tabung yang didalamnya ada piston untuk terjadinya pembakaran dalam. Kebisingan suatu mesin bergantung pada jumlah silinder, semakin banyak silindernya maka menyebabkan tingginya kebisingan yang timbul.

b. Putaran Motor

Motor dalam hal ini merupakan penggerak mesin. Semakin besar putaran motornya maka semakin tinggi pula tingkat kebisingan yang ditimbulkan.

c. Berat jenis Motor

Berat jenis motor juga mempengaruhi kebisingan yang dihasilkan, dan semakin besar berat jenis motor maka kebingannya semakin tinggi pula.

d. Jumlah Daun Propeller

Propeller merupakan balin-baling yang terdapat di dalam suatu mesin. Jumlah daun propeller mempengaruhi tingkat kebisingan suatu mesin. Semakin banyak jumlahnya maka tingkat kebisingan mesin semakin tinggi.

e. Umur Mesin

Lama pemakaian mesin dan cara perawatan skeepada mesin juga mempengaruhi tingkat kebisingan yang ditimbulkan

2. Peralatan yang bergetar/ berputar selama proses kerja alat sehingga menimbulkan efek bunyi hingga bising. Peralatan kerja yang memiliki sifat bergtar/bergesek maupun berputar terbuat dari campuran metal.
3. Outlet, sumber bising dari outlet dipengaruhi oleh aliran udara atau gas yang memiliki tekanan. Pada saat aliran udara terjepit, maka

menimbulkan suara yang memiliki frekuensi tinggi dan tergolong bising.

### **2.7.3 Metode Pengukuran Kebisingan**

Pengukuran kebisingan lingkungan berfungsi untuk mengetahui seberapa besar tingkat kebisingan di suatu area. Alat yang dapat digunakan ialah SPL (Sound Pressure Level). Berikut adalah metode untuk pengukuran kebisingan lingkungan (Rais Ridwan dkk,2011) :

#### **1. Pengukuran dengan titik sampling**

Pengukuran ini dilakukan hanya pada beberapa lokasi saja, pengukuran ini juga dapat dilakukan untuk mengevaluasi kebisingan dari suatu peralatan sederhana, misalnya kompresor/generator. Hal yang harus diperhatikan dalam pengukuran yaitu arah mikrofon dan letaknya yang harus dicantumkan.

#### **2. Pengukuran dengan peta kontur**

Pengukuran dengan peta kontur dapat menentukan gambar tentang kebisingan dalam cakupan sebuah area. Gambar yang dibuat untuk pengukuran ini yaitu gambar isopleth adalah garis yang menunjukkan angka kuantitas yang bersamaan. Gambar yang dibuat memiliki kode warna untuk mengetahui keadaan kebisingan yang terjadi

#### **3. Pengukuran dengan Grid**

Untuk pengukuran ini, awalnya harus membuat contoh data kebisingan terlebih dahulu pada lokasi yang diinginkan. Pengambilan titik

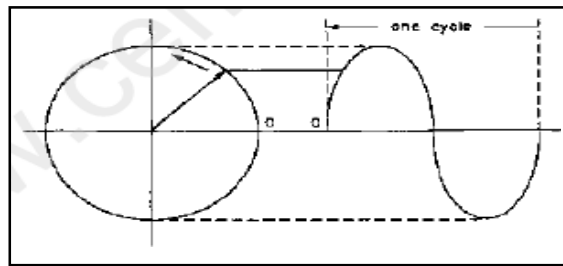
sampling dilokasi semua harus memiliki jarak interval yang sama. Jadi dalam pengukuran lokasi dibagi menjadi beberapa kotak yang berukuran dan jarak yang sama, misalnya : 10 x10 m. kotak tersebut ditandai dengan baris dan kolom untuk memudahkan identitas

## 2.8 Getaran Pertambahan

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.

### a. Gerak Harmonik

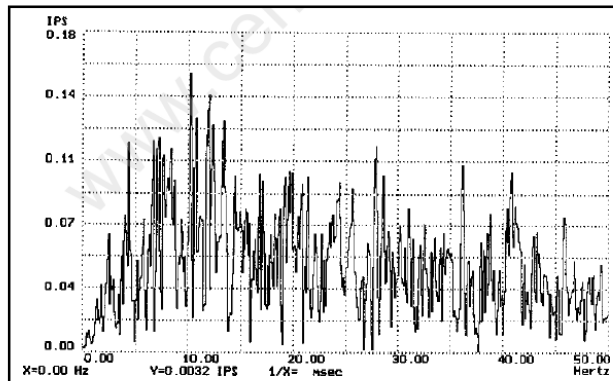
Gerak harmonik adalah gerak bolak-balik secara teratur melalui titik keseimbangannya dengan banyaknya getaran benda dalam setiap sekon selalu sama atau konstan. Semua gerak harmonik bersifat periodik, artinya berulang di beberapa titik waktu. Dalam sistem linier, ketidakseimbangan dalam peralatan berputar 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 2.2.** Gerak Harmonik (James, 2003)

b. Gerak Periodik

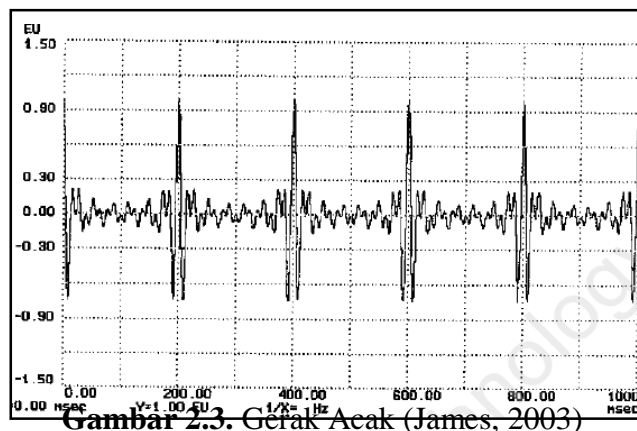
Gerakan periodik adalah semua gerakan yang berulang secara berkala. Gerakan periodik adalah setiap gerakan yang terulangi sendirinya dalam periode waktu yang sama. Misalnya, kopling motor yang tidak selaras dan longgar dapat memiliki tonjolan sekali per putaran poros. Meskipun gerakan ini tidak harmonis,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



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

c. 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

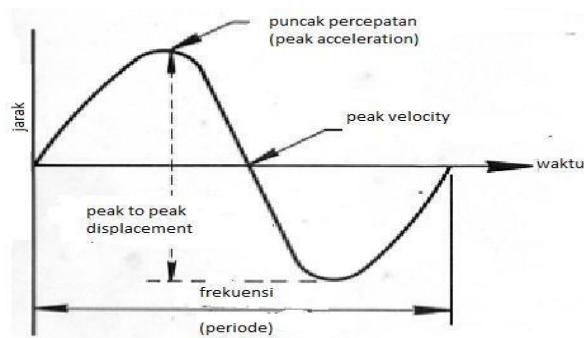
Frekuensi yaitu banyaknya jumlah getaran gelombang dalam satu putaran waktu. Frekuensi dari pengukuran vibrasi dapat mengartikan jenis gangguan yang terjadi. Frekuensi juga biasanya ditunjukkan dalam satuan hertz (Hz).

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



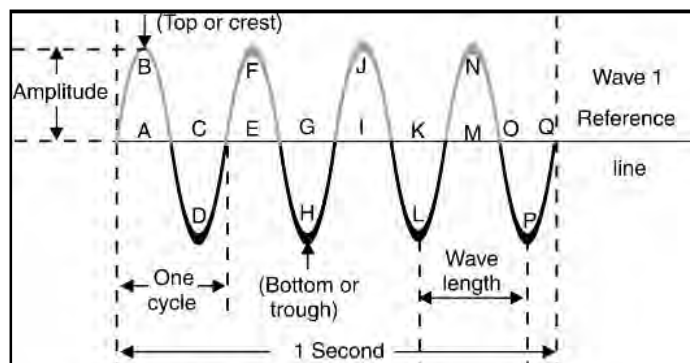


**Gambar 2.5.** Karakteristik Getaran

### 2.10.1 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 2.6.** Karakteristik Getaran (Scheffer dan Girdhar, 2004)

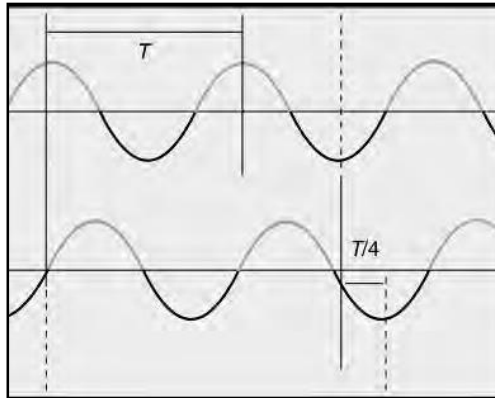
1. **Frekuensi getaran** (*vibration displacement*) menunjukkan jumlah gerakan bolak-balik (satu siklus lengkap) per unit waktu. Hubungan antara frekuensi dan periode getaran dapat dinyatakan dengan rumus sederhana :  $\text{frekuensi} = 1 / \text{periode}$ . Frekuensi getaran biasanya dinyatakan sebagai 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 g, di mana g adalah akselerasi yang disebabkan oleh gaya gravitasi di permukaan bumi.

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



**Gambar 2.7.** *Phase* Getaran (Scheffer dan Girdhar, 2004)



