

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### 2.1. Getaran

Getaran adalah pergerakan yang terjadi pada suatu objek secara terus-menerus, acak, atau berulang akibat adanya dorongan alami dari struktur dan kerusakan mekanis. Beberapa faktor yang sering menjadi penyebab getaran pada mesin meliputi ketidakseimbangan pada elemen yang berputar, ketidak lurusan pada kopling dan bearing, eksentrisitas, kerusakan pada bantalan antifricition, kerusakan pada bantalan sleeve, kelonggaran mekanik, kerusakan pada roda gigi, gaya aerodinamika dan hidrolik, serta gesekan (Entek IRD, 1996).

Ketidakseimbangan (*unbalance*) terjadi saat poros putar mengalami ketidakseimbangan akibat gaya sentrifugal, yang berdampak pada timbulnya gaya getaran. Efeknya, gerakan poros dan gaya getaran akan ditransmisikan ke bantalan. Tingkat ketidakseimbangan juga dipengaruhi oleh kecepatan putar poros (Entek IRD, 1996). Poros dapat mengalami ketidakseimbangan karena berbagai faktor, seperti sifat material poros yang tidak homogen (terdapat lubang/void saat proses pembuatan poros), eksentrisitas poros, adanya alur dan pasak pada poros, serta distorsi yang dapat berupa retakan, bekas pengelasan, atau perubahan bentuk pada poros. Ketidakseimbangan ini menyebabkan distribusi massa yang tidak merata di sepanjang poros, yang lebih dikenal sebagai massa ketidakseimbangan (Jabir, 2003).

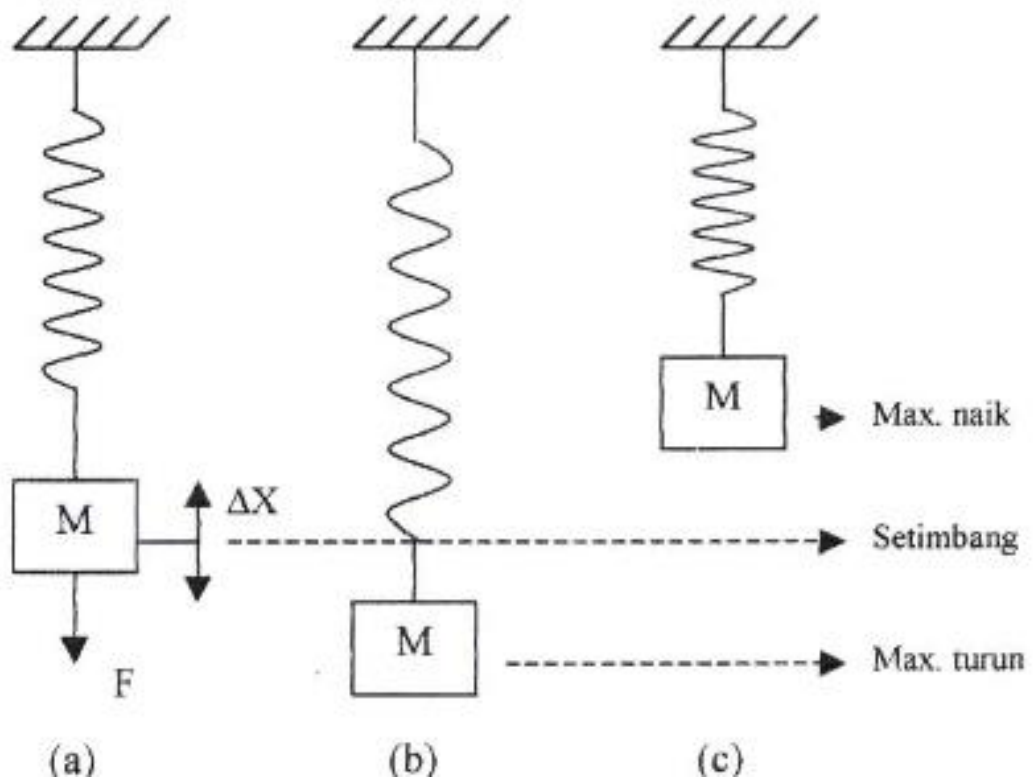
Balancing, yang merupakan prosedur perawatan untuk mengurangi ketidakseimbangan pada mesin, melibatkan pengukuran getaran dan penambahan atau pengurangan beban untuk mengatur distribusi massa. Tujuan balancing adalah untuk mencapai keseimbangan pada mesin putar dan mengurangi getaran yang dihasilkan (Tim Getaran Mekanis, 2002). Shi (2005) telah mengembangkan metode balancing untuk poros yang beroperasi pada putaran tinggi, namun proses balancing dilakukan pada putaran lebih rendah. Putaran poros saat balancing dilakukan berada di bawah putaran kritis I dari poros yang fleksibel. Dalam penelitian ini, metode *Low-Speed Hollow Balancing* digunakan untuk menyeimbangkan rotor tanpa harus memutar poros pada putaran tinggi, melainkan pada putaran kritisnya. Penelitian ini berhasil mengurangi getaran pada bantalan lebih dari 50% dibandingkan dengan

kondisi awal, menunjukkan bahwa proses balancing yang dilakukan efektif (Shi, 2005). Menyeimbangkan poros menjadi lebih sulit saat poros tersebut beroperasi mendekati atau melebihi daerah putaran kritis. Hal ini disebabkan oleh deformasi elastis poros yang mengakibatkan perubahan distribusi massa terhadap sumbu rotasi. Perubahan distribusi massa ini dapat menyebabkan perpindahan pusat massa atau perubahan orientasi sumbu utama inersia terhadap sumbu rotasi (Abidin, 1996).

Nicholas (2000) melakukan penelitian terkait operasi turbomachinery pada atau dekat dengan putaran kritis II, di mana beberapa mesin tidak mengalami masalah signifikan sementara yang lain mengalami kerusakan. Melalui analisis pada tiga variasi turbin, yaitu menggunakan bantalan dan pedestals yang kaku, bantalan fleksibel dan pedestals yang kaku, serta bantalan fleksibel dan pedestals fleksibel, penelitian tersebut bertujuan untuk mempelajari fenomena ini. Hasil analisis kemudian digambarkan dalam bentuk grafik untuk memprediksi letak putaran kritis II. Dalam analisis tersebut, variasi dengan bantalan fleksibel dan pedestals fleksibel menunjukkan prediksi letak putaran kritis II yang lebih akurat dibandingkan dengan pencatatan respon getaran aktual pada bantalan saat perubahan putaran. Hasil ini menunjukkan bahwa sebelumnya, mesin-mesin didesain untuk beroperasi di bawah putaran kritis II, namun dalam kenyataannya, beberapa mesin beroperasi pada atau dekat dengan putaran kritis II karena prediksi yang kurang akurat (Nicholas, 2000).

Sebuah contoh sederhana fenomena getaran dapat dilihat pada sebuah pegas dengan salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya diberi massa  $M$ , seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2. Awalnya, sistem berada dalam keadaan setimbang (Gambar 2.a). Ketika gaya  $F$  diberikan pada massa, massa akan turun hingga mencapai batas tertentu (Gambar 2.b). Perpindahan maksimum posisi massa tergantung pada besarnya gaya  $F$ , massa, dan kekuatan tarik pegas yang melawan gaya  $F$  tersebut. Jika gaya  $F$  dihilangkan, massa akan ditarik kembali ke atas oleh pegas karena energi potensial yang tersimpan dalam pegas (Gambar 2.c). Massa akan kembali ke posisi kesetimbangan, kemudian bergerak ke atas hingga mencapai batas tertentu. Perpindahan maksimum ke atas dipengaruhi oleh kekuatan tarik pegas dan massa benda. Proses ini akan berulang hingga tidak ada gaya eksternal

yang mempengaruhi sistem. Gerakan bolak-balik massa ini dikenal sebagai osilasi mekanis. Dalam konteks mesin, getaran (*machinery vibration*) merujuk pada gerakan bolak-balik mesin atau elemen mesin dari posisi setimbang (istirahat).

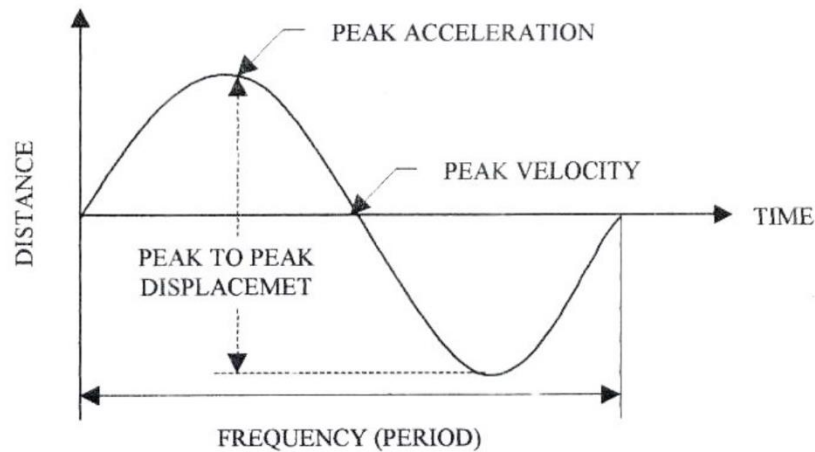


Gambar 1. Getaran Pada Sistem Pegas – Masa Sederhana

## 2.2. Karakteristik Getaran Mesin

Informasi tentang kondisi mesin dan kerusakan mekanis dapat diperoleh dengan mempelajari karakteristik getaran mesin. Dalam sebuah sistem pegas-massa, karakteristik getaran dapat dipahami melalui pembuatan grafik pergerakan beban terhadap waktu. Gerakan beban dari posisi netral ke batas atas, kemudian kembali ke posisi netral (kesetimbangan), dilanjutkan dengan gerakan ke batas bawah dan kembali ke posisi kesetimbangan, mewakili satu siklus gerakan. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus ini disebut periode, sedangkan jumlah siklus yang terjadi dalam suatu interval waktu tertentu disebut frekuensi (Arif, 2022).

Dalam analisis getaran mesin, frekuensi memiliki nilai yang lebih signifikan karena terkait dengan rpm (putaran per menit) mesin tersebut . Gambar 3 menunjukkan karakteristik getaran suatu sistem yang dapat diamati.



Gambar 2. Karakteristik Getaran

a. Frekuensi Getaran (*Vibration Frequency*)

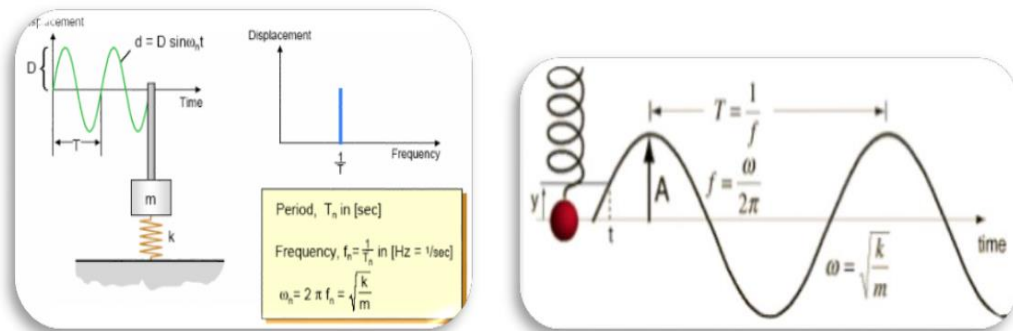
Frekuensi adalah jumlah siklus yang terjadi dalam satu unit waktu. Nilainya dapat dinyatakan dalam siklus per detik (*cycles per second/cps*) atau siklus per menit (*cycles per minute/cpm*). Dalam analisis getaran mesin, pengetahuan tentang frekuensi getaran sangat penting karena dapat mengindikasikan adanya masalah pada mesin tersebut. Dengan mengetahui frekuensi getaran, kita dapat mengidentifikasi bagian mesin yang mengalami kerusakan atau masalah. Gaya yang menyebabkan getaran dihasilkan oleh gerakan rotasi elemen mesin. Gaya tersebut berubah baik dalam ukuran maupun arahnya ketika elemen berputar dan berpindah dari posisi netralnya. Sebagai akibatnya, frekuensi getaran yang dihasilkan akan tergantung pada kecepatan putaran elemen yang mengalami gangguan. Oleh karena itu, dengan mengetahui frekuensi getaran, kita dapat mengidentifikasi bagian mesin yang mungkin mengalami masalah. Frekuensi umumnya diukur dalam siklus per detik (CPS) atau siklus per menit (CPM), atau dapat juga dinyatakan dalam Hertz, di mana 1 CPS sama dengan 1 Hz (CPS = Hz).

Frekuensi merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam analisis kondisi mesin, mirip dengan detak jantung yang mengindikasikan kesehatan.

b. Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Pengukuran perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) digunakan untuk menilai magnitudo dan kekerasan suatu getaran. Amplitudo getaran biasanya digunakan sebagai representasi pengukuran tersebut. Perpindahan (*displacement*) merujuk pada gerakan suatu titik dari satu lokasi ke lokasi lain dengan mengacu pada titik tetap yang tidak bergerak. Dalam pengukuran getaran mesin, standar yang digunakan adalah jarak perpindahan dari puncak positif ke puncak negatif (*peak to peak displacement*), seperti yang terlihat pada Gambar 3. Contohnya adalah perpindahan poros akibat gerakan rotasi. Jika perpindahan poros melebihi batas clearance bantalan, dapat menyebabkan kerusakan pada bantalan.

Kecepatan (*velocity*) menggambarkan perubahan jarak per satuan waktu. Kecepatan puncak (*peak velocity*) terjadi pada simpul gelombang. Dalam analisis getaran, kecepatan merupakan parameter penting dan efektif, karena data kecepatan dapat memberikan informasi tentang tingkat getaran yang terjadi. Sementara itu, percepatan (*acceleration*) adalah perubahan kecepatan per satuan waktu. Percepatan memiliki hubungan yang erat dengan gaya. Dengan mengetahui besaran getaran, dapat ditentukan gaya yang menyebabkannya pada bantalan mesin atau bagian lain. Amplitudo getaran juga dapat memberikan petunjuk tentang tingkat kerusakan pada mesin dan digunakan untuk mengukur beberapa masalah getaran. Namun, unit pengukuran yang lebih tepat terkait dengan respons frekuensi getaran. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara *Displacement* (perpindahan) dan *Frequency* (frekuensi).

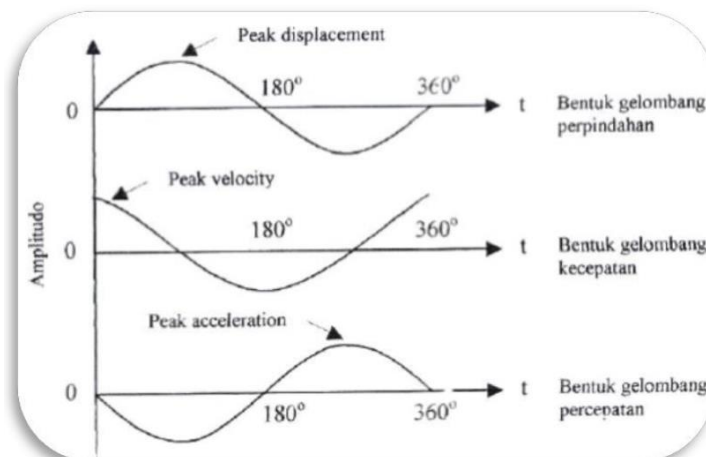


Gambar 3. Displacemenet dan Frequency

Perpindahan (*displacement*) memberikan informasi tentang jarak yang ditempuh oleh suatu objek saat bergetar, kecepatan (*velocity*) menggambarkan seberapa cepat objek tersebut bergerak saat bergetar, sedangkan percepatan (*acceleration*) menjelaskan hubungan antara gerakan objek yang bergetar dan gaya yang menyebabkannya (Arif, 2022).

c. Fasa

Fasa merupakan posisi relatif elemen getaran terhadap titik atau elemen getaran lainnya. Fasa menggambarkan perbedaan awal dari siklus yang terjadi. Hubungan fasa antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan dijelaskan dengan ilustrasi pada Gambar 5, di mana kecepatan puncak maju terjadi 90° sebelum puncak perpindahan positif. Dengan kata lain, kecepatan mengalami pergeseran sebesar 90° terhadap perpindahan, sementara percepatan mengalami pergeseran sebesar 180° terhadap perpindahan.



Gambar 4. Beda Fasa Antar Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Pengukuran fasa digunakan untuk menentukan hubungan relatif antara gerakan elemen-elemen dalam sebuah sistem getaran. Perbandingan gerakan relatif antara dua atau lebih elemen mesin sering kali diperlukan dalam diagnosis kerusakan spesifik suatu mesin. Misalnya, jika analisis menunjukkan bahwa getaran mesin tidak sefase dengan getaran dasar (base), hal tersebut mungkin menandakan adanya kekendoran pada baut atau pemisahan mesin dari dasarnya.

Penyebab utama getaran adalah gaya yang mengalami perubahan dalam arah dan magnitudo. Karakteristik getaran yang muncul bergantung pada cara gaya tersebut dihasilkan. Inilah mengapa setiap penyebab getaran memiliki karakteristik

yang spesifik. Teknik mesin keseimbangan dinamik digunakan untuk mengidentifikasi, mengkompensasi, dan mendistribusikan massa yang menyebabkan ketidakseimbangan. Untuk memahami cara memperbaiki ketidakseimbangan dengan benar, penting untuk memahami beberapa istilah yang terkait dengan keseimbangan (Arif, 2022). Terdapat beberapa jenis ketidakseimbangan, yaitu:

- 1) Ketidakseimbangan statis
- 2) Ketidakseimbangan kopel
- 3) Ketidakseimbangan quasi statis
- 4) Ketidakseimbangan dinamis

### 2.3. Jenis – Jenis Pakan Ikan

Pakan ikan terbagi menjadi 2 (dua) yaitu :

#### a. Pakan Ikan Alami

Pakan alami merupakan opsi pakan yang sangat diinginkan dalam budidaya ikan, terutama pada tahap pembenihan dan pendederan. Keunggulan pakan alami terletak pada kandungan nutrisinya yang tidak dapat digantikan oleh pakan buatan. Sebagai contoh, cacing sutera menjadi pakan alami yang ideal untuk pemeliharaan lele pada fase larva. Cacing sutera memiliki ukuran yang sesuai dengan mulut larva dan kandungan protein yang tinggi. Namun, pakan alami tidak disarankan untuk digunakan pada tahap pembesaran ikan. Beberapa contoh pakan alami meliputi:

- a. Plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton.
- b. Berbagai jenis tumbuhan air seperti azolla, lumut, dan ganggang.
- c. Binatang air seperti moina, daphnia, dan sejenisnya.

#### b. Pakan Ikan Buatan

Pakan buatan umumnya diproduksi secara industri, meskipun dapat juga dibuat secara mandiri. Pakan buatan memiliki keunggulan tertentu, seperti memiliki komposisi gizi yang sesuai dengan kebutuhan lele, mudah didapatkan, praktis, dan lebih aman dalam penggunaannya terutama terkait masalah penyakit. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pakan buatan pabrik dapat meningkatkan bobot biomassa ikan hingga 4,4 kali lipat. Meskipun pakan buatan pabrik memiliki harga relatif mahal karena bahan baku yang digunakan, terutama tepung ikan yang harganya cukup tinggi, seperti halnya harga tepung ikan impor yang lebih mahal.

Komposisi pakan ikan yang ideal mencakup protein, energi, lemak, serta penambahan vitamin, mineral, dan komposisi khusus lainnya. Semua ini dirancang untuk mempercepat pertumbuhan, pigmentasi, perkembangan seksual, kelengkapan fisik, palatabilitas, atau daya tahan pakan. Selain nilai nutrisinya, juga dipertimbangkan kemampuan penyerapan air dan daya tahan pelet sebagai fungsi penyusun pakan. Hal ini memiliki pengaruh pada produksi dan kualitas fisik pakan. Baik pakan alami maupun buatan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, manajemen pakan yang dilakukan oleh pembudidaya memainkan peran penting dalam menentukan kapan penggunaan pakan alami atau buatan sesuai dengan kebutuhan ikan.

Pakan alami memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pakan buatan, seperti:

- 1) Pakan alami memiliki harga yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan pakan buatan.
- 2) Pakan alami mudah dicerna oleh ikan, memiliki nilai gizi yang lebih lengkap sesuai dengan kebutuhan tubuh ikan, dan tidak menyebabkan penurunan kualitas air di dalam wadah budidaya.
- 3) Penggunaan pakan alami cenderung menghasilkan tingkat pencemaran air yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan pakan buatan.

Di sisi lain, pakan buatan juga memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pakan alami, antara lain:

- 1) Penggunaan pakan buatan dapat mengurangi kemungkinan penularan penyakit pada ikan, karena pakan buatan tidak terinfeksi penyakit seperti yang mungkin terjadi pada pakan alami yang merupakan organisme hidup.
- 2) Pengelolaan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas pakan buatan lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan pakan alami. Pakan buatan yang diproduksi oleh pabrik dapat dibeli sesuai kebutuhan, sehingga mengurangi pekerjaan dan waktu yang diperlukan dalam pembudidayaan serta menghemat tenaga kerja.

Oleh sebab itu, terdapat kelebihan masing-masing antara pakan alami dan pakan buatan, sehingga pembudidaya dapat memilih pakan yang sesuai dengan kebutuhan ikan dan kondisi budidaya yang dimiliki (Arif, 2022).



## 2.4 Pelet

Pelet adalah bentuk makanan buatan yang dibuat dari beberapa macam bahan yang mengandung gizi untuk pertumbuhan ikan lele. Cara membuatnya, bahan-bahan tersebut dijadikan adonan kemudian dicetak sehingga berbentuk batangan atau bulatan kecil-kecil. Ukurannya berkisar antara 1-2 cm. Jadi pelet tidak berupa tepung, tidak berupa butiran, dan tidak pula berupa larutan (Dwi Ary Ertanto, 2017). Pelleting adalah proses untuk membentuk campuran bahan baku pakan menjadi bentuk pelet. Dalam teknik pelleting, digunakan mesin pelleter yang mencetak campuran pakan menjadi silinder pelet. Pelet merupakan hasil penggumpalan pakan melalui proses pemasukan pada setiap bahan atau campuran adonan dengan pemampatan dan tekanan melalui lubang die menggunakan tenaga mekanik. Mesin pelet terdiri dari dua roller dan diering. Roller tersebut terletak pada diering yang berputar searah dan mendorong bahan ke arah lubang die pada diering.

Pencetakan dilakukan melalui mesin ekstruder untuk memadatkan bentuk pelet. Suhu bahan sebelum memasuki mesin pencetak biasanya sekitar 80°C dengan kelembaban 12-15%. Kelemahan dari sistem ini adalah perlunya penambahan air sebanyak 10-20% ke dalam campuran pakan, yang kemudian membutuhkan pengeringan setelah proses pencetakan. Penambahan air bertujuan untuk membuat campuran pakan menjadi lembut agar dapat keluar melalui cetakan. Jika tidak ditambahkan air, mesin dapat macet dan pelet yang keluar dari mesin pencetak biasanya kurang padat (Pujaningsih, 2011).

Sistem kerja mesin pencetak sederhana melibatkan mendorong campuran pakan dalam tabung besi atau baja menggunakan ulir (screw) menuju cetakan berbentuk pelat lingkaran dengan lubang berdiameter 2-3 mm, sehingga pakan keluar dalam bentuk pelet. Kelemahan dari sistem ini adalah penambahan air sebanyak 10-20% ke dalam campuran pakan yang kemudian membutuhkan pengeringan setelah proses pencetakan. Penambahan air dilakukan untuk membuat campuran pakan menjadi lembut agar dapat keluar melalui cetakan. Jika tidak ditambahkan air, mesin dapat macet. Selain itu, pelet yang keluar dari mesin pencetak biasanya kurang padat.