

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Teori Perancangan**

Perancangan merupakan suatu proses yang diawali dengan perencanaan matang sebelum segala sesuatu diwujudkan. Dalam perancangan, ide-ide kreatif yang awalnya tidak terstruktur akan diolah dan disusun melalui tahapan-tahapan tertentu, sehingga hasil akhirnya menjadi visual yang teratur dan dapat berfungsi sesuai kebutuhan. Proses ini mencakup penggambaran, perencanaan, dan penyusunan sketsa dari berbagai elemen yang sebelumnya terpisah menjadi suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Dengan demikian, perancangan dapat diartikan sebagai proses menciptakan spesifikasi baru yang dirancang untuk mengatasi berbagai permasalahan berdasarkan analisis yang telah dilakukan, sehingga dapat menghasilkan sistem baru yang efektif dalam sebuah sistem yang ada (Sari, 2020).

Tujuan perancangan melibatkan berbagai aspek penting yang biasanya menjadi fokus utama dalam proses tersebut. Berikut adalah beberapa tujuan umum dalam perancangan:

##### **1. Memenuhi Kebutuhan dan Tujuan**

Tujuan utama adalah menciptakan solusi yang sesuai dengan kebutuhan dan sasaran yang telah ditentukan. Ini memerlukan pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna, tujuan fungsional, dan kriteria kesuksesan yang telah ditetapkan.

##### **2. Meningkatkan Pengalaman Pengguna**

Perancangan bertujuan untuk menciptakan pengalaman pengguna yang positif dan memuaskan. Hal ini mencakup perhatian pada aspek ergonomi, kegunaan, interaksi manusia-komputer, serta desain antarmuka yang intuitif dan menarik, sehingga pengguna dapat menggunakan produk atau sistem dengan mudah dan efektif.

##### **3. Mengoptimalkan Kinerja dan Efisiensi:**

Proses perancangan bertujuan untuk menemukan dan menerapkan solusi yang dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi dari produk atau sistem yang sedang dirancang.

##### **4. Memastikan Keamanan dan Kepatuhan**

Perancangan juga bertujuan untuk memastikan bahwa produk atau sistem aman digunakan, dapat mencegah risiko, dan mematuhi semua persyaratan serta standar yang berlaku.

##### **5. Inovasi dan Diferensiasi**

Salah satu tujuan penting adalah menciptakan solusi yang inovatif dan unik, yang dapat membedakan produk atau sistem dari yang lain. Ini melibatkan pemikiran kreatif, penerapan teknologi terbaru, dan penemuan solusi baru untuk memberikan nilai tambah dan keunggulan kompetitif.

#### **6. Keberlanjutan dan Tanggung Jawab Sosial**

Perancangan juga sering kali mempertimbangkan aspek keberlanjutan, seperti dampak lingkungan, penggunaan sumber daya secara efisien, dan tanggung jawab sosial terkait siklus hidup produk atau sistem.

#### **7. Menghasilkan Produk yang Ekonomis:**

Selain itu, perancangan bertujuan untuk menciptakan produk atau solusi yang ekonomis dan efisien dalam produksi, dengan memperhatikan biaya produksi, pemilihan bahan yang terjangkau, dan efisiensi operasional.

Tujuan perancangan akan beragam tergantung pada konteks spesifik, jenis produk atau sistem yang dirancang, serta nilai-nilai dan kebutuhan khusus dari perancang dan pemangku kepentingan yang terlibat (Rasyid, 2023).

Proses perancangan adalah tahapan dasar dalam teknik perancangan yang sering disebut dengan istilah NIDA, yang merupakan singkatan dari *Need* (kebutuhan), *Idea* (ide), *Decision* (keputusan), dan *Action* (tindakan). Pada tahap awal, perancang menentukan dan mengidentifikasi kebutuhan terkait alat atau produk yang akan dirancang. Setelah itu, dilakukan pengembangan ide-ide untuk menghasilkan berbagai alternatif yang bisa memenuhi kebutuhan tersebut. Selanjutnya, dilakukan penilaian dan analisis terhadap berbagai alternatif yang ada, sehingga perancang bisa memilih (*decision*) alternatif terbaik. Akhirnya, proses perancangan dilanjutkan dengan pembuatan (*action*) produk atau alat yang telah dipilih. Perancangan suatu peralatan kerja yang didasarkan pada data antropometri penggunanya bertujuan untuk mengurangi tingkat kelelahan, meningkatkan kinerja, serta meminimalkan risiko kecelakaan dalam lingkungan kerja (Vetran, 2015).

### **2.2. Getaran Pada Mesin Industri**

Getaran pada mesin industri adalah fenomena yang umum terjadi dalam berbagai jenis mesin yang digunakan dalam proses produksi. Getaran ini dapat dihasilkan oleh berbagai faktor, seperti ketidakseimbangan massa, gesekan, keausan komponen, atau masalah dalam sistem mekanis mesin itu sendiri. Dalam konteks industri, getaran mesin dapat menjadi indikator penting dari

kondisi operasi mesin dan dapat digunakan untuk mendeteksi dini adanya kerusakan atau masalah dalam mesin.

Getaran merujuk pada gerakan berulang, acak, atau konstan yang terjadi pada suatu objek akibat adanya gangguan alami dari struktur serta kerusakan mekanis. Beberapa faktor penyebab getaran pada mesin antara lain adalah ketidakseimbangan elemen yang berputar, ketidak lurusan pada kopling dan bantalan, eksentrisitas, kerusakan pada bantalan antifriction, kerusakan pada bantalan sleeve, kelonggaran mekanis, kerusakan pada roda gigi, gaya aerodinamika dan hidrolik, serta gesekan (Entek, 1996).

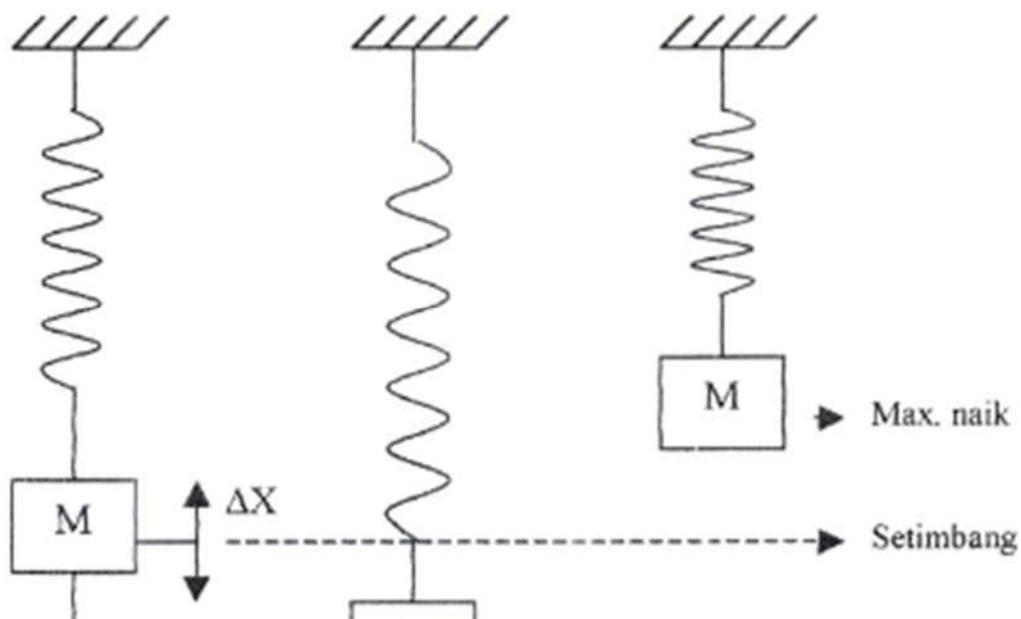
Ketidakseimbangan, atau yang sering disebut sebagai unbalance, muncul ketika poros putar mengalami ketidakseimbangan akibat gaya sentrifugal, yang menghasilkan gaya getaran. Gerakan poros serta gaya getaran tersebut akan diteruskan ke bantalan. Besarnya ketidakseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan putar poros. Penyebab ketidakseimbangan pada poros meliputi faktor seperti heterogenitas material poros (adanya lubang atau void saat proses pembuatan poros), eksentrisitas poros, adanya alur dan pasak, serta distorsi yang bisa berupa retakan, bekas pengelasan, atau deformasi pada poros. Ketidakseimbangan ini menciptakan distribusi massa yang tidak merata di sepanjang poros, sering disebut sebagai massa ketidakseimbangan (Jabir, 2003).

Balancing, atau penyeimbangan, adalah salah satu prosedur perawatan yang bertujuan untuk mengurangi ketidakseimbangan pada mesin, dengan cara mengukur getaran dan menambah atau mengurangi beban guna mengatur distribusi massa. Tujuan dari balancing adalah mencapai keseimbangan mesin putar dan menurunkan getaran yang dihasilkan (Mekanis, 2002). Shi (2005) mengembangkan metode balancing untuk poros berkecepatan tinggi, namun dilakukan pada putaran yang lebih rendah. Saat balancing, putaran poros berada di bawah putaran kritis pertama dari poros yang fleksibel. Metode *Low-Speed Hollow Balancing* yang digunakan dalam penelitian ini berhasil mengurangi getaran pada bantalan lebih dari 50% dibandingkan dengan kondisi awal, menunjukkan efektivitas proses balancing tersebut (Shi, 2005).

Menyeimbangkan poros menjadi lebih kompleks ketika poros tersebut beroperasi mendekati atau melebihi daerah putaran kritis. Ini terjadi karena deformasi elastis poros yang mengakibatkan perubahan distribusi massa terhadap sumbu rotasi. Perubahan distribusi massa tersebut dapat menyebabkan pergeseran pusat massa atau perubahan orientasi sumbu utama inersia terhadap sumbu rotasi (Abidin, 1996).

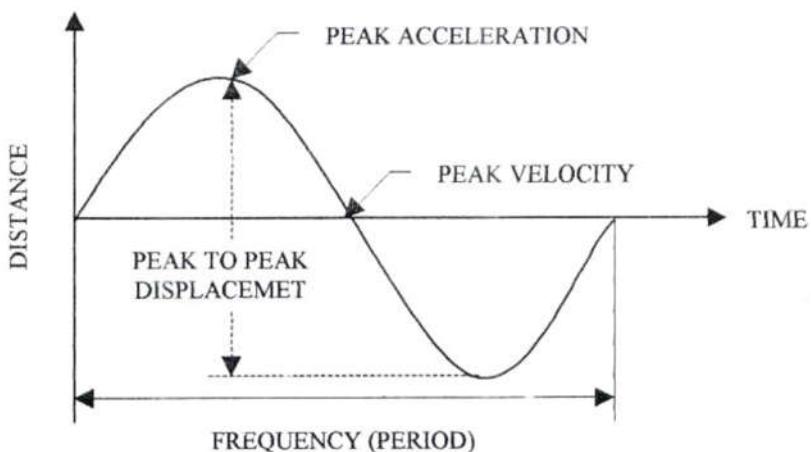
Nicholas (2000) melakukan penelitian mengenai operasi *turbomachinery* pada atau di dekat putaran kritis kedua, di mana beberapa mesin tidak mengalami masalah signifikan sedangkan yang lain mengalami kerusakan. Analisis terhadap tiga variasi turbin dilakukan, yaitu dengan menggunakan bantalan dan pedestals kaku, bantalan fleksibel dan pedestals kaku, serta bantalan dan pedestals yang fleksibel. Tujuan dari analisis tersebut adalah untuk mempelajari fenomena ini. Hasil analisis digambarkan dalam bentuk grafik untuk memprediksi letak putaran kritis kedua. Dalam analisis ini, variasi dengan bantalan dan pedestals fleksibel menunjukkan prediksi letak putaran kritis kedua yang lebih akurat dibandingkan dengan pencatatan respon aktual pada bantalan saat perubahan putaran. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin-mesin sebelumnya didesain untuk beroperasi di bawah putaran kritis kedua, namun kenyataannya beberapa mesin beroperasi pada atau di dekat putaran kritis kedua 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 4. Awalnya, sistem berada dalam keadaan setimbang (Gambar 4.a). Ketika gaya  $F$  diberikan pada massa, massa akan turun hingga mencapai batas tertentu (Gambar 4.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 4.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).



Kondisi mesin dan kerusakan mekanis dapat diidentifikasi dengan menganalisis karakteristik getarannya. Pada sistem pegas-massa, karakteristik getaran dapat dipelajari dengan membuat grafik yang menggambarkan pergerakan beban terhadap waktu. Grafik ini akan menunjukkan pergerakan beban dari posisi netral ke batas atas, lalu kembali ke posisi netral (kesetimbangan), bergerak ke batas bawah, dan kembali lagi ke posisi kesetimbangan. Satu siklus gerakan ini diukur dalam satuan waktu yang disebut periode, sedangkan jumlah siklus yang terjadi dalam waktu tertentu dikenal sebagai frekuensi (Arif, 2022).

Dalam konteks analisis getaran mesin, frekuensi sangat penting karena berhubungan dengan putaran mesin per menit (rpm). Ilustrasi pada Gambar 5 menggambarkan karakteristik getaran dari suatu sistem yang dapat diamati.



Gambar 2. Karakteristik Getaran

Karakteristik Getaran diamati dari beberapa aspek meliputi frekuensi getaran, perpindahan, kecepatan dan percepatan, dan fasa. Berikut ini penjelasan masing – masing :

## 1. Frekuensi Getaran (*Vibration Frequency*)

Frekuensi merupakan jumlah siklus per unit waktu, dinyatakan dalam siklus per detik (*cycles per second/cps*) atau siklus per menit (*cycles per minute/cpm*). Pemahaman tentang frekuensi getaran sangat penting dalam analisis getaran mesin karena dapat mengindikasikan potensi masalah pada mesin. Dengan mengetahui frekuensi getaran, kita dapat mengidentifikasi komponen mesin yang mengalami kerusakan atau gangguan.

Getaran dihasilkan oleh gerakan rotasi elemen mesin yang menyebabkan perubahan dalam besaran dan arah gaya saat elemen tersebut bergerak dari posisi netralnya. Oleh karena itu, frekuensi getaran yang dihasilkan akan bergantung pada kecepatan putaran elemen yang bermasalah. Informasi tentang frekuensi ini memungkinkan kita untuk mendeteksi bagian mesin yang mungkin mengalami kerusakan. Frekuensi biasanya diukur dalam cps atau cpm, dan juga dapat dinyatakan dalam *Hertz*, di mana 1 cps setara dengan 1 Hz (CPS = Hz). Frekuensi merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kondisi mesin, seperti halnya detak jantung yang dapat menunjukkan kondisi kesehatan seseorang.

## 2. Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Pengukuran perpindahan (displacement), kecepatan (velocity), dan percepatan (acceleration) digunakan untuk menilai besaran dan intensitas getaran. Amplitudo getaran biasanya dijadikan indikator dari pengukuran tersebut. Perpindahan merujuk pada pergerakan suatu titik dari satu posisi ke posisi lain dengan mengacu pada titik acuan yang tetap. Dalam pengukuran getaran mesin, jarak perpindahan dari puncak positif ke puncak negatif (peak to peak displacement) adalah standar yang digunakan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3. Misalnya, perpindahan poros akibat gerakan rotasi. Jika perpindahan ini melampaui batas kelonggaran bantalan, hal itu dapat menyebabkan kerusakan pada bantalan.

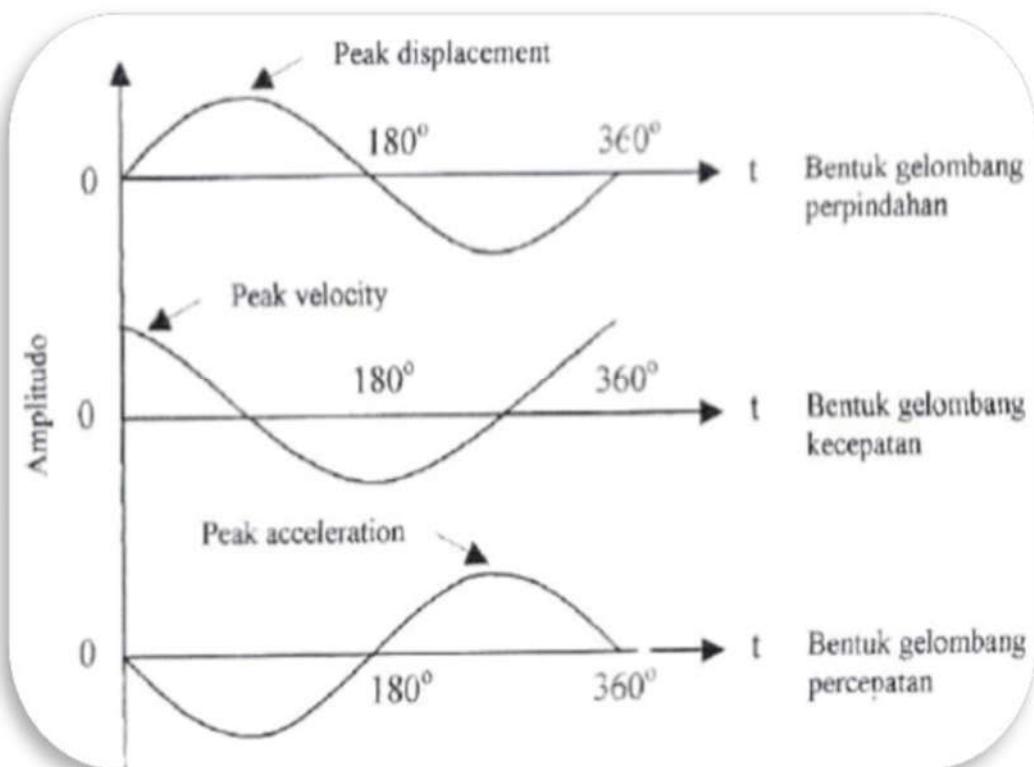
Kecepatan menggambarkan perubahan jarak per satuan waktu, dengan kecepatan puncak terjadi pada simpul gelombang. Dalam analisis getaran, kecepatan adalah parameter penting dan efektif, karena memberikan informasi tentang intensitas getaran yang terjadi. Sementara itu, percepatan adalah perubahan kecepatan per satuan waktu dan berkaitan erat dengan gaya. Mengetahui amplitudo getaran dapat membantu menentukan gaya yang bekerja pada bantalan mesin atau bagian lain. Amplitudo juga dapat menjadi indikasi tingkat kerusakan mesin dan digunakan untuk mengukur masalah getaran tertentu. Namun, respons frekuensi getaran



merupakan unit pengukuran yang lebih tepat. Gambar 6 menggambarkan hubungan antara Perpindahan dan Frekuensi.

**Gambar 3. Displacement and Frequency**

Fasa menggambarkan posisi relatif suatu elemen getaran terhadap titik atau elemen getaran lainnya, menunjukkan perbedaan awal dari siklus yang terjadi. Hubungan fasa antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan dijelaskan dalam Gambar 7, di mana kecepatan puncak terjadi 90 derajat sebelum puncak perpindahan positif. Artinya, kecepatan mengalami pergeseran sebesar 90 derajat terhadap perpindahan, sementara percepatan mengalami pergeseran sebesar 180 derajat 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. Membandingkan gerakan relatif antara dua atau lebih elemen mesin sering diperlukan dalam diagnosis kerusakan spesifik suatu mesin. Misalnya, jika analisis menunjukkan bahwa getaran mesin tidak sefase dengan getaran dasar, hal tersebut dapat mengindikasikan adanya kekendoran pada baut atau pemisahan mesin dari dasarnya. Penyebab utama getaran adalah gaya yang mengalami perubahan dalam arah dan besaran. Karakteristik getaran yang muncul bergantung pada cara gaya tersebut dihasilkan, itulah mengapa setiap penyebab getaran memiliki karakteristik yang spesifik.

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

- (1) Kesetimbangan statis
- (2) Kesetimbangan kopel
- (3) Kesetimbangan kuasi – statis
- (4) Ketidakseimbangan dinamis

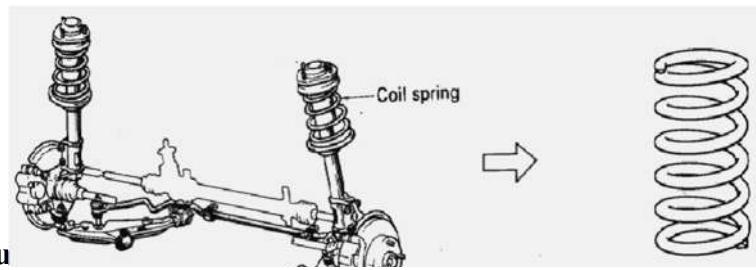
### **2.3. Sistem Suspensi Pada Mesin**

Sistem suspensi merupakan komponen penting dalam berbagai jenis mesin dan alat berat, termasuk kendaraan, peralatan industri, dan mesin yang digunakan dalam proses manufaktur. Sistem ini berperan dalam mengurangi dampak getaran, goncangan, dan gerakan mekanis lainnya yang dapat mempengaruhi kinerja dan umur operasional mesin (Gunawan, 2011).

Astra Motor mengkategorikan sistem suspensi menjadi beberapa komponen utama, termasuk pegas yang digunakan pada kendaraan. Pegas ini dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan bahan pembuatannya, yaitu pegas logam dan non-logam. Pegas yang terbuat dari logam meliputi pegas daun (*leaf spring*), pegas koil (*coil spring*), dan pegas batang torsi (*torsion bar*). Sementara itu, pegas non-logam mencakup pegas karet dan pegas udara. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai jenis-jenis pegas tersebut:

#### **1. Pegas Koil**

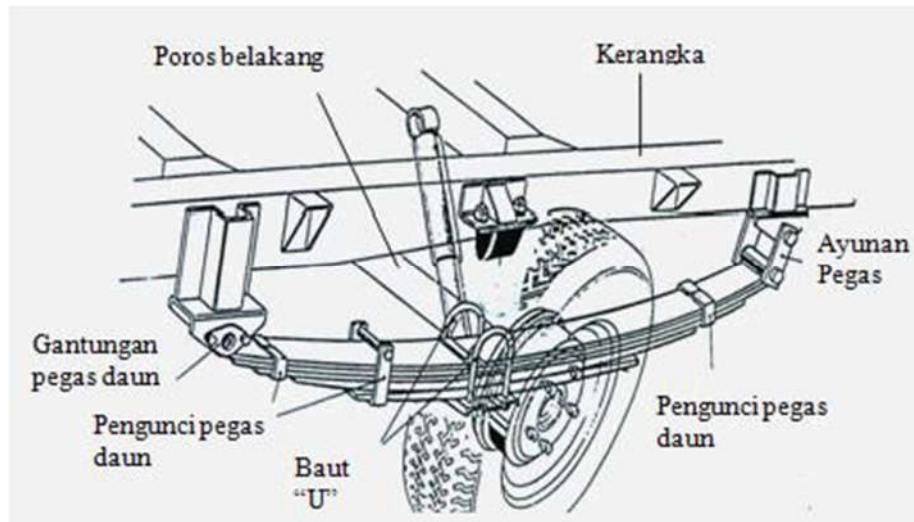
Pegas koil dibuat dari batang baja khusus yang dibentuk menjadi koil. Saat beban diterapkan pada pegas koil, batang baja akan terpuntir, sehingga energi dapat disimpan dan kejutan diredam. Contoh ilustrasi pegas koil ditampilkan pada Gambar 8.



## 2. Pegas Dau

Gambar 5. Pegas Koil

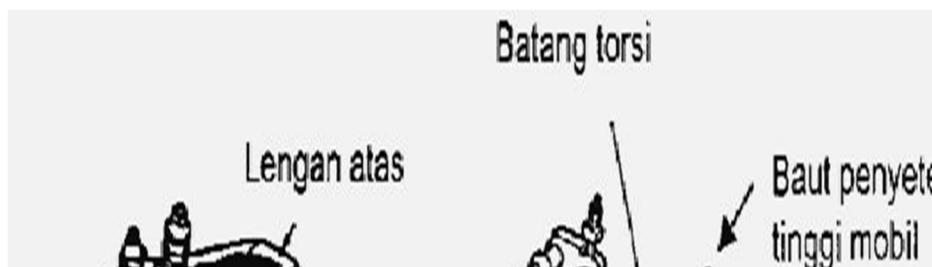
Pegas daun terdiri dari beberapa lembar baja pegas yang unik bersama, dimulai dari lembar terpendek hingga yang terpanjang. Bagian tengahnya dihubungkan dengan baut atau paku keling, dan beberapa bagian diberi pengikat baja (*metal clips*). Gambar 9 menunjukkan pegas daun.



Gambar 6. Pegas Daun

## 3. Pegas Batang Torsi

Pegas batang torsi, sering disebut batang torsi, terbuat dari baja pegas yang memanfaatkan elastisitas puntir untuk menahan gaya puntiran. Satu ujung batang torsi dipasang pada bodi, sementara ujung lainnya dipasangkan pada komponen yang menerima beban puntir. Pegas ini mampu menyerap energi lebih besar dibandingkan jenis pegas lainnya, namun tidak memiliki kemampuan untuk meredam getaran secara mandiri.



#### **4. Pegas Karet**

Pegas karet menyerap kejutan melalui gesekan dalam material karet. Kelebihan dari pegas karet termasuk fleksibilitas dalam bentuk, operasi yang tidak berisik, dan tidak memerlukan pelumasan.

#### **5. Pegas Udara**

Pegas udara memiliki karakteristik elastisitas yang serupa dengan pegas logam ketika udara di dalamnya dikompresikan. Untuk berfungsi optimal, pegas udara memerlukan kompresor dan perangkat pengontrol tekanan udara.

*Shock absorber* (peredam kejut) berperan dalam meredam gerakan naik-turun pegas saat menerima guncangan dari jalan. Berdasarkan klasifikasinya, seperti yang disebutkan oleh Astra Motor, *shock absorber* dibagi menjadi tiga kategori: berdasarkan cara kerja, konstruksi, dan medium kerjanya.

a) Berdasarkan cara kerjanya, shock absorber terbagi menjadi dua tipe:

1) Tipe *Single-action*

Peredaman hanya terjadi saat shock absorber berekspansi, sedangkan saat kompresi tidak ada peredaman yang terjadi.

2) Tipe *Multiple-action*

Peredaman terjadi baik saat ekspansi maupun kompresi, sehingga shock absorber bekerja dalam kedua kondisi tersebut.

b) Berdasarkan konstruksinya, shock absorber juga dibagi menjadi dua tipe:

1) Tipe *Twin-tube*

Terdapat dua tabung di dalam shock absorber, yaitu *pressure tube* dan *outer tube*, yang memisahkan silinder dalam dan silinder luar.

2) b) Tipe *Mono-tube*

Shock absorber ini hanya memiliki satu silinder tanpa reservoir tambahan.

c) Berdasarkan medium kerjanya, *shock absorber* dibagi menjadi dua jenis:

1) Tipe Hidraulis

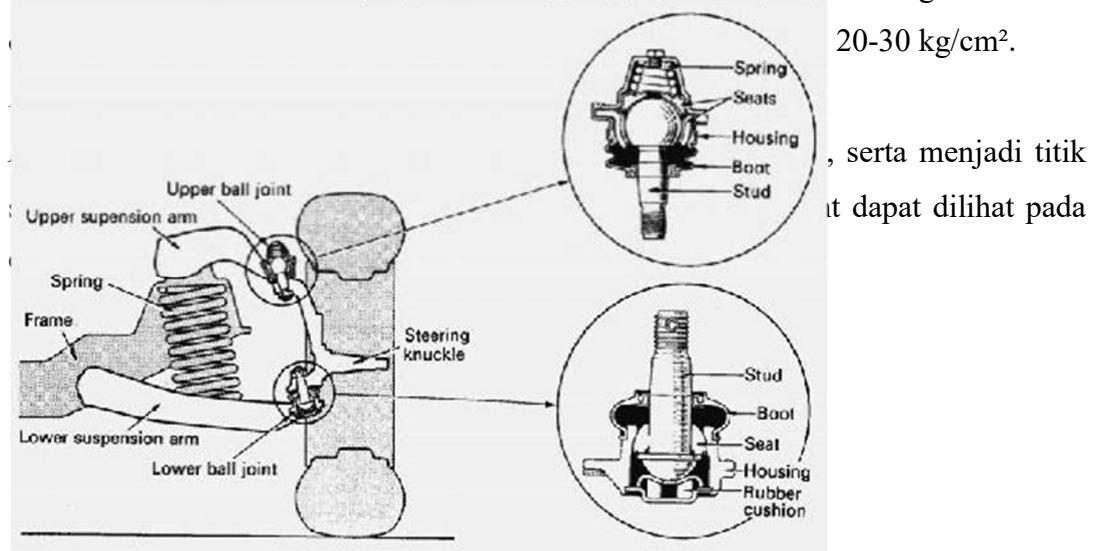
Menggunakan minyak sebagai medium kerja untuk meredam guncangan.

2) Tipe Berisi Gas

*Shock absorber* hidraulis yang diisi dengan gas, biasanya gas nitrogen. Gas ini

20-30 kg/cm<sup>2</sup>.

3)



## 2.4. Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang agar tetap berfungsi dengan baik, atau memperbaikinya hingga mencapai kondisi yang dapat diterima (Sularso, 2008). Pemeliharaan dilakukan dengan tujuan-tujuan berikut:

Gambar 8. *Ball Joint*

- a) Memperpanjang umur pemakaian aset.
- b) Menjamin ketersediaan optimal peralatan yang digunakan dalam produksi, sehingga laba maksimum dapat dicapai.
- c) Menjamin kesiapan operasional semua peralatan yang dibutuhkan dalam situasi darurat, kapan saja diperlukan.
- d) Memastikan keselamatan bagi orang yang menggunakan peralatan tersebut.

Adapun untuk klasifikasi pemeliharaan berdasarkan waktu pelaksanaannya, dapat dikategorikan menjadi dua:

1) Pemeliharaan yang direncanakan (*Planned Maintenance*)

Tindakan pemeliharaan yang dilakukan sesuai jadwal atau rencana.

2) Pemeliharaan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan secara mendadak atau tanpa perencanaan terlebih dahulu.

Bentuk-Bentuk Pemeliharaan dapat dibedakan menjadi 6 (enam) jenis, berikut ini adalah penjelasan masing – masing :

1) Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan ini bertujuan mencegah kerusakan melalui kegiatan yang terencana seperti inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan, dan penyetelan, sehingga mesin atau peralatan dapat beroperasi dengan lancar dan terhindar dari kerusakan.

2) Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan ini dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas atau peralatan agar memenuhi standar yang ditetapkan. Peningkatan ini dapat mencakup modifikasi desain agar peralatan menjadi lebih baik.

3) Pemeliharaan Berjalan (*Running Maintenance*)

Pemeliharaan yang dilakukan saat peralatan atau fasilitas tetap beroperasi. Jenis pemeliharaan ini diterapkan pada peralatan yang harus terus berfungsi selama proses produksi.

4) Pemeliharaan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Pemeliharaan ini bertujuan mendeteksi perubahan atau anomali dalam kondisi fisik maupun fungsi sistem peralatan. Biasanya dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat pemantau canggih.

5) Pemeliharaan setelah Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Pemeliharaan ini dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan. Untuk memperbaikinya, diperlukan suku cadang, material, peralatan, dan tenaga kerja yang telah dipersiapkan.

#### 6) Pemeliharaan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Pemeliharaan yang harus dilakukan segera akibat adanya kerusakan mendadak Ketika sedang operasional suatu mesin.

### 2.5. Prinsip Dasar Pengujian Getaran

Pengujian getaran dilakukan untuk mendeteksi ketidaknormalan dalam operasi mesin. Prinsip dasar pengujian ini melibatkan pengukuran parameter getaran seperti perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) dari komponen mesin yang bergetar. Data yang diperoleh dari pengujian ini dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik getaran, mengidentifikasi penyebab masalah, dan merencanakan tindakan korektif. Ada beberapa metode pengujian getaran yang umum digunakan, antara lain:

#### 1) Metode Pengukuran Frekuensi

Frekuensi getaran adalah jumlah siklus yang terjadi dalam satuan waktu tertentu. Pengukuran frekuensi getaran digunakan untuk mengidentifikasi masalah pada mesin, seperti ketidakseimbangan, keausan bantalan, dan kerusakan roda gigi. Frekuensi getaran dapat diukur menggunakan alat seperti *vibration analyzer* atau *spectrum analyzer*. Alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut ini :

##### a) Multimeter Digital

Multimeter digital dengan fungsi pengukuran frekuensi dapat menampilkan nilai frekuensi secara langsung. Untuk menggunakannya, pengguna harus mengatur multimeter ke mode pengukuran frekuensi, kemudian menghubungkan probe ke sirkuit yang ingin diukur. Nilai frekuensi akan muncul di layar digital.

##### b) Osiloskop

Osiloskop adalah alat yang digunakan untuk melihat bentuk gelombang dari sinyal listrik. Dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus gelombang, penganalisis Kualitas Daya. Alat ini tidak hanya mengukur frekuensi, tetapi juga tegangan, arus, dan daya. Ini sangat berguna untuk mendiagnosis masalah pada peralatan listrik.

c) Penganalisis Daya.

Alat ini digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik dengan akurasi tinggi, termasuk komponen frekuensi dasar dan harmonik dari sinyal listrik.

2) Metode Pengukuran Amplitudo

Amplitudo getaran adalah ukuran besar kecilnya gerakan getaran. Pengukuran amplitudo penting untuk menentukan tingkat keparahan getaran dan dampaknya terhadap komponen mesin. Amplitudo getaran biasanya diukur dalam satuan displacement (mm atau  $\mu\text{m}$ ), velocity (mm/s), atau *acceleration (g-force)*.

3) Metode Pengukuran Fasa

Fasa adalah pergeseran waktu antara dua sinyal getaran. Pengukuran fasa digunakan untuk menentukan hubungan antara getaran di berbagai titik pada mesin. Perbedaan fasa yang signifikan dapat mengindikasikan masalah seperti ketidakseimbangan atau *misalignment* pada mesin.

Berbagai alat dan instrumen digunakan dalam pengujian getaran, di antaranya:

a) *Vibration Meter*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya getaran pada suatu titik pada mesin. Vibration meter biasanya dilengkapi dengan sensor akselerometer untuk mengukur percepatan getaran.

b) *Spectrum Analyzer*

Alat ini digunakan untuk menganalisis spektrum frekuensi getaran. Dengan spektrum analyzer, teknisi dapat mengidentifikasi frekuensi getaran yang abnormal dan menghubungkannya dengan potensi masalah pada mesin.

c) *Tachometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan putaran poros atau komponen berputar lainnya. Data dari tachometer sering digunakan dalam analisis getaran untuk mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan kecepatan putaran (Rusianto & Susastriawan, 2021).

