

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab tinjauan pustaka membahas mengenai teori *Alignment*, *misalignment*, getaran dan lainnya sebagai dasar teori dalam pengerjaan proyek akhir ini.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengaruh *shaft Alignment* terhadap karakteristik getaran pada pompa sentrifugal telah dilakukan oleh Rahmad Mulyadi, Darto, dan Agus Iswantoko (2022) dalam jurnal *The Effectiveness of Centrifugal Pump Shaft Alignment Process Against Vibration Reduction*. Penelitian tersebut bertujuan menganalisis efektivitas proses *shaft Alignment* dalam menurunkan tingkat getaran pada pompa sentrifugal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parallel *misalignment* menyebabkan peningkatan amplitudo getaran pada frekuensi $1\times$, $2\times$, dan $3\times$ putaran poros. Setelah dilakukan proses *alignment*, nilai overall vibration mengalami penurunan yang signifikan sehingga pompa dapat beroperasi secara normal. Penelitian ini menjadi dasar bahwa proses *Alignment* yang tepat mampu meningkatkan keandalan sistem pompa serta memperpanjang umur komponen mekanis.

Penelitian lain dilakukan oleh Kurnianto Joko Santoso (2020) dengan judul *Analisis Misalignment Dengan Vibration Trend Analysis*. Penelitian ini membahas hubungan antara kondisi *misalignment* dengan tingkat getaran pada mesin berputar menggunakan metode vibration trend analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan kondisi kaki motor (soft foot) dan penyimpangan *Alignment* menyebabkan

peningkatan tingkat getaran sehingga kondisi mesin berubah dari kategori good menjadi *unsatisfactory* bahkan *unacceptable* berdasarkan standar ISO 20816-1. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa analisis getaran dapat digunakan sebagai metode diagnosis dini untuk mendeteksi kerusakan akibat *misalignment*.

Selanjutnya, Kallam Diaz Alzaaim, Bambang Setyoko. S.T.,M.Eng (2018). Melakukan penelitian berjudul *Rancang Bangun Test Bed Pengukuran Alignment dan Getaran. Studi Kasus Pergeseran 1 mm ke Kanan dengan Variabel Beban poros 1-10 kg*. Pengujian getaran dilakukan pada sembilan titik pengukuran, yaitu titik vertikal, horizontal, dan aksial pada bearing 1, bearing 2, dan motor listrik bagian depan dan belakang. Pada kasus pergeseran 1 mm ke kanan, dengan variasi variabel beban dengan plot putaran konstan motor listrik sebesar 1400 rpm, sehingga dapat data getaran terhadap pengaruh pergeseran dan variasi beban poros 1-10 kg.

Selanjutnya, Muchlisinalahuddin (2021) melakukan penelitian berjudul *Analisis Pengaruh Kelurusan Poros Kopling Pompa Hidraulik terhadap Variasi Tekanan pada PLTA Maninjau*. Penelitian ini mengamati pengaruh kelurusan poros terhadap karakteristik getaran dan performa pompa hidraulik menggunakan alat ukur getaran Fluke 810. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi *misalignment* menyebabkan peningkatan kecepatan getaran (*vibration velocity*) dibandingkan kondisi *alignment*. Pengukuran dilakukan dengan mengacu pada standar ISO 10816-3 sehingga dapat diketahui tingkat kelayakan operasi mesin berdasarkan nilai getaran yang diperoleh.

Penelitian mengenai pengaruh *Alignment* terhadap konsumsi daya motor juga dilakukan oleh Dimas Yudha Satria Utama, Moh. Arif Batutah, dan Suhariyanto (2025) melalui penelitian berjudul *Analysis of Shaft Alignment on Vibration and Motor Power Consumption in Cooling Water Pumps*. Penelitian tersebut menunjukkan

bahwa proses shaft *alignment* mampu menurunkan nilai getaran aksial maupun vertikal serta mengurangi konsumsi daya motor. Hasil penelitian membuktikan bahwa *alignment* tidak hanya meningkatkan keandalan mesin, tetapi juga meningkatkan efisiensi energi pada sistem pompa.

Penelitian yang berkaitan dengan pengembangan media praktikum dilakukan oleh Fadlan Rival Muzaki, Ferli Nur Rahman, Mokhammad Munir Fahmi, dan Dibyo Setiawan (2025) dengan judul *Modifikasi Dudukan Shaft Alignment Test pada Pompa Sentrifugal Tunggal EBARA 80×65FS2G untuk Praktikum Teknik Monitoring Kondisi Mesin*. Penelitian tersebut bertujuan memodifikasi alat praktikum shaft *alignment* agar memiliki fleksibilitas perpindahan motor yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat hasil modifikasi memenuhi kebutuhan praktikum karena mampu memberikan ruang gerak yang lebih luas serta menghasilkan respon getaran yang sesuai untuk kegiatan pembelajaran.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian terdahulu umumnya berfokus pada penerapan *alignment* di lingkungan industri atau hanya menganalisis karakteristik getaran mesin tanpa mengintegrasikan aspek pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) berupa modifikasi alat peraga *alignment* dan getaran menggunakan motor listrik dan pompa sentrifugal yang dilengkapi digital flow meter. Pengujian dilakukan menggunakan metode Reverse Dial Indicator dengan variasi frekuensi inverter (30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz) serta variasi bukaan katup (30°, 60°, dan 90°). Parameter yang dianalisis meliputi kondisi *alignment*, karakteristik getaran, putaran motor, arus listrik, dan debit aliran. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan informasi mengenai pengaruh *alignment* terhadap performa sistem pompa, tetapi juga menghasilkan media pembelajaran yang lebih representatif untuk

praktikum *alignment* dan analisis getaran di laboratorium.

2.2 Alignment

Alignment adalah suatu pekerjaan atau proses mensimetriskan kedua objek atau sumbu poros sehingga sentris antara poros penggerak dengan sumbu poros yang digerakkan dengan dua tumpuan saling berkaitan. Tetapi dalam kenyataannya pengertian lurus tidak bisa didapatkan 100% sehingga harus diberikan toleransi, untuk mendapatkan kesentrisan antara kedua poros pemutar dan poros yang diputar hingga tidak menimbulkan gesekan, getaran, dan faktor-faktor lainnya.

Alignment dapat meminimalisir atau menghindari kemungkinan terjadinya proses memperpendek umur sebuah mesin yang tentu akan mengurangi beban operasional perbaikan mesin anda. Kehandalan unit produksi suatu perusahaan yang didalamnya terdiri dari berbagai macam unit mesin sangatlah didambakan oleh seluruh pengelolanya dan ownernya, agar hasil produksi selalu mencapai target yang telah ditentukan.

Shaft alignment kadang kala juga dikenal sebagai “*coupling alignment*” adalah proses untuk membuat dua atau lebih poros yang berotasi menjadi segaris atau rata dalam sebuah garis lurus, baik secara vertikal maupun horizontal. Kebanyakan mesin yang berotasi sangat rentan untuk mengalami ketidakrataan. Ketidakrataan poros sangatlah mempengaruhi siklus mesin. *Alignment* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 1 *Alignment*

(Sumber: <https://www.spminstrument.com/measuring-techniques/shaft-Alignment/>)

2.3 Misalignment

Misalignment adalah kondisi ketidakselarasan antara poros penggerak (driver) dan poros yang digerakkan (driven). Kondisi ini terjadi akibat adanya pergeseran atau penyimpangan salah satu poros dari garis sumbunya sehingga kedua poros tidak berada pada satu garis lurus. *Misalignment* dapat menyebabkan meningkatnya getaran, terutama pada arah aksial, serta menurunkan kinerja mesin.

Misalignment mengakibatkan timbulnya gaya tambahan yang diteruskan ke komponen seperti *bearing*, *coupling*, *seal*, dan poros. Akibatnya, tingkat getaran, gesekan, dan panas pada mesin meningkat sehingga mempercepat keausan komponen, mengurangi efektivitas pelumasan, serta memperpendek umur pakai mesin. Pada kondisi tertentu, *misalignment* juga dapat menurunkan kualitas hasil produksi.

Bagian-bagian mesin yang berpotensi mengalami kerusakan akibat *misalignment* antara lain:

1. Poros, terjadi getaran yang berlebihan pada masing-masing poros.
2. Bantalan, terjadinya gesekan yang berlebihan pada bantalan mengakibatkan timbulnya panas yang berlebihan.

3. Baut-baut kopling akan rusak/putus.
4. Mempercepat kebocoran cairan yang dipompa pada *stuffing box*.
5. Pada pompa menurunkan efisiensi mekaniknya.
6. Kumputan pada motor listrik akan bergesekan sehingga dapat menimbulkan hubungan arus pendek.

a. Macam-macam *misalignment* dibagi menjadi 4 yaitu:

1. *Parallel Misalignment*

Parallel misalignment adalah posisi dari kedua poros dalam keadaan tidak sejajar dengan ketinggian yang berbeda.

2. *Angular Misalignment*

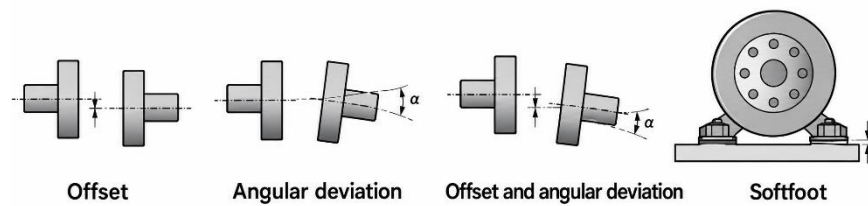
Angular misalignment adalah ketidaklurusan kedua poros yang posisinya saling menyudut, sedangkan kedua ujungnya (pada kopling) memiliki ketinggian yang sama.

3. *Combination Misalignment*

Combination misalignment adalah ketidaklurusan kedua poros yang posisinya saling menyudut dan kedua ujung poros tidak sama.

4. *Soft Foot*

Soft Foot adalah sebuah kondisi dimana mesin duduk pada landasan dasar lantai. Hal ini berarti sebuah kondisi yang kurang stabil, baik karena sifat dasar pondasi lantai maupun material dudukannya.



Gambar 2. 2 Jenis-jenis *misalignment*

(Sumber: <https://www.scribd.com/doc/115580727/Misalignment>)

2.4 Penyebab Misalignment

Misalignment dapat disebabkan oleh berbagai hal sebagai berikut:

1. Kendornya baut pengikat kaki-kaki peralatan pada pondasi.

Baut pengikat kaki mesin (*holding bolt*) yang kendur atau tidak mampu menahan gaya yang bekerja pada *base plate* dapat menyebabkan pergeseran posisi mesin dari tempat semestinya. Pergeseran tersebut mengakibatkan berubahnya keselarasan antara poros penggerak (*driver*) dan poros yang digerakkan (*driven*), sehingga terjadi *misalignment*. Oleh karena itu, pemeriksaan dan pengencangan baut pengikat secara berkala perlu dilakukan sebagai bagian dari perawatan rutin untuk menjaga kondisi *alignment* mesin.

2. Sifat elastis ganjal (*Springy Shims*)

Penggunaan shim (ganjal) pada proses alignment harus disesuaikan dengan kebutuhan. Jumlah shim yang terlalu banyak dapat menyebabkan pergeseran dan menurunkan kestabilan sehingga berpotensi menimbulkan *misalignment*. Oleh karena itu, penggunaan shim sebaiknya dibatasi sesuai rekomendasi pabrikan serta

dipastikan bersih dan memiliki ketebalan yang sesuai.

3. *Soft foot*

Soft foot adalah kondisi ketika salah satu kaki mesin tidak menempel sempurna pada permukaan *base plate* atau pondasi. Kondisi ini menyebabkan mesin menjadi tidak stabil sehingga dapat mengakibatkan *misalignment*, meningkatkan getaran, dan mempercepat kerusakan komponen. *Soft foot* umumnya disebabkan oleh permukaan dudukan yang tidak rata, pemasangan shim yang tidak tepat, atau baut pengikat yang tidak dikencangkan dengan baik.

4. Pemuaian thermal (*Thermal growth*)

Pemuaian termal terjadi akibat peningkatan suhu selama mesin beroperasi. Ketika suhu meningkat, material seperti poros dan casing mesin akan memuai sehingga posisi sumbu poros dapat bergeser dari kondisi awal. Pergeseran ini berpotensi menyebabkan *misalignment*, terutama jika tidak diperhitungkan saat proses pemasangan atau *alignment*. Oleh karena itu, proses *alignment* sebaiknya mempertimbangkan kondisi operasi mesin agar perubahan akibat pemuaian termal tidak mengganggu keselarasan poros.

2.5 Toleransi Misalignment

Menurut ANSI/ASA S2.75-2017 Part 1, batas toleransi *alignment* dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin dan jenis kopling yang digunakan. Pada sistem dengan kopling FCL 90 (*elastomeric flexible coupling*) dan putaran 2850 rpm, toleransi *alignment* yang diperbolehkan adalah offset sekitar 0,07-0,075 mm dan angular sekitar 0,2 mm. Semakin tinggi kecepatan putaran, semakin kecil nilai toleransi yang diizinkan. Oleh karena itu, hasil *alignment* harus dijaga agar tetap berada dalam batas

toleransi tersebut sehingga kinerja poros dan kopling tetap andal serta umur pakai komponen menjadi lebih panjang (ANSI/ASA, 2017).

Tolerance range for flex planes separation 75 mm (3 inches) or greater, or couplings with elastomeric CML	Values @ RPM							
	900		1200		1800		3600	
	Offset μm (mils)	Angle $\mu\text{m}/\text{mm}$ or mils/in	Offset μm (mils)	Angle $\mu\text{m}/\text{mm}$ or mils/in	Offset μm (mils)	Angle $\mu\text{m}/\text{mm}$ or mils/in	Offset μm (mils)	Angle $\mu\text{m}/\text{mm}$ or mils/in
Minimal	191 (7.5)	1.5	178 (7.0)	1.4	157 (6.0)	1.2	122 (4.5)	0.9
Standard	106 (4.0)	0.8	97 (3.5)	0.7	87 (3.0)	0.6	66 (2.5)	0.5
Precision	51 (2.0)	0.4	46 (1.8)	0.3	41 (1.5)	0.3	30 (1.3)	0.2

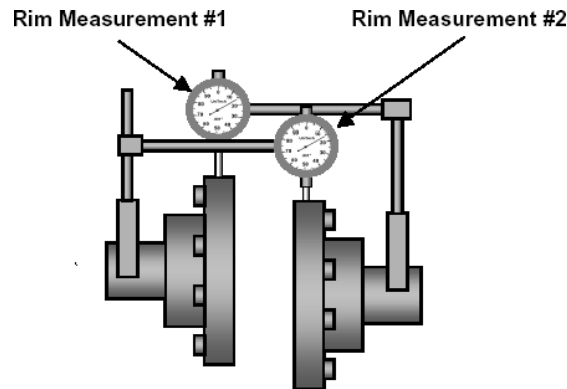
Gambar 2. 3 Toleransi *misalignment*

(Sumber: <https://share.google/xQvsDqOR2ETXBMwKP>)

2.6 Metode Dial Indicator (Reverse Dial)

Metode *reverse dial* menggunakan dua buah *dial indicator* yang membaca dari poros ke poros dan hampir serupa dengan metode cross dial, perbedaannya pada *dial indicator* yang berada pada bidang yang sama satu sama lain. Offset dan angularitas digabungkan dalam perhitungan pada metode ini.

Digunakan jika ada poros yang sulit diputar atau tidak memiliki ruang untuk penyetelan (*dial*). Keuntungan dari reverse dial indicator adalah proses *alignment* cukup diterapkan pada satu poros. Dengan begitu, pemasangan mesin tidak memiliki axial bearing bisa tetap disetel. *Reverse dial indicator* cocok untuk alignment motor listrik. Dengan memasang dua pasang dial seperti gambar dibawah adalah cara yang sangat cerdas untuk menghemat waktu. Dengan sekali putar menghasilkan dua penunjukan.



Gambar 2. 4 Metode *reverse dial*

(Sumber: <https://www.cnzahid.com/2015/02/tools-for-Alignment.html>)

Dengan memasang dua pasang dial seperti gambar diatas adalah cara yang sangat cerdas untuk menghemat waktu. Dengan sekali putar menghasilkan dua penunjukan.

a. Keuntungan:

1. Hanya memerlukan satu poros untuk diputar, sehingga cocok digunakan pada mesin yang salah satu porosnya sulit diputar atau tidak memiliki *thrust bearing*.
2. Sesuai untuk *alignment* motor listrik yang tidak memiliki thrust bearing karena tidak perlu memutar rotor sehingga mengurangi kesalahan pembacaan.
3. Dapat digunakan pada kopling berdiameter besar karena tersedia ruang yang cukup untuk pemasangan dial indicator.
4. Memudahkan pengamatan posisi relatif kedua poros selama proses *alignment*.

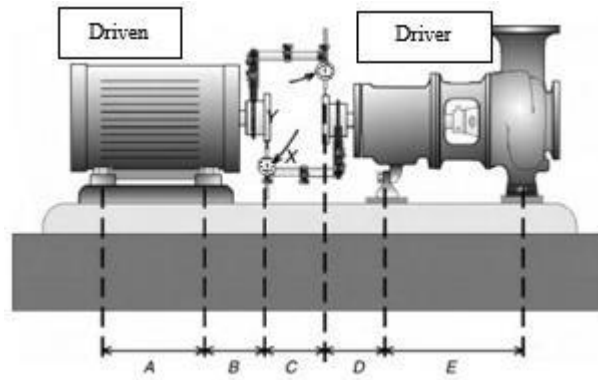
b. Kerugian:

1. Hasil pengukuran dapat kurang akurat apabila rotor memiliki *hydrodynamic thrust bearing* yang menyebabkan perpindahan aksial.

2. Pengukuran menjadi lebih sulit pada motor yang tidak memiliki *thrust bearing* karena poros dapat bergerak maju-mundur saat diputar.
3. Pada beberapa jenis mesin, proses pengukuran memerlukan pelepasan spool atau kopling.
4. Perhitungan dan penggambaran perpindahan hasil *alignment* relatif lebih rumit dibandingkan metode lainnya.

Perhitungan:

Ada hubungan matematis antara ukuran mesin (yaitu, di mana baut kaki berada), tempat dilakukannya pengukuran posisi poros, dan poros pengukuran itu sendiri. Setelah semua pengukuran telah dilakukan, dan poros diplot ke dalam model penyelarasan, solusi gerakan korektif dapat dicapai. menunjukkan hubungan matematis antara dimensi mesin dan pembacaan dial indicator ditangkap menggunakan teknik indikator terbalik. Persamaannya akan menyelesaikan langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk memperbaiki kondisi *misalignment* (yaitu, membawa poros ke dalam hubungan *collinear* ketika *off-line*) pada satu mesin atau mesin lainnya kasus. Ini adalah kondisi. Jika Anda memutuskan untuk menjaga pengemudi tetap diam, Anda menyelesaikannya gerak pada mesin yang digerakkan atau sebaliknya (Piotrowski, 2006).



Gambar 2. 5 Keterangan perhitungan *reverse dial*

(Sumber: *Shaft Alignment Handbook*, John Piotrowski, Third Edition)

Dimana :

A, B, C, D, E = Jarak ditampilkan (dalam in).

X = Pembacaan dial pada posisi yang bersilangan dengan X (dari posisi atas ke bawah atau samping ke samping dalam mil).

Y = Pembacaan dial pada posisi yang bersilangan dengan Y (dari atas ke bawah atau samping ke samping dalam mil).

$$\begin{array}{l} \text{Inboard feet of} \\ \text{driver} \end{array} = \frac{(C + D)(X + Y)}{C} - (X)$$

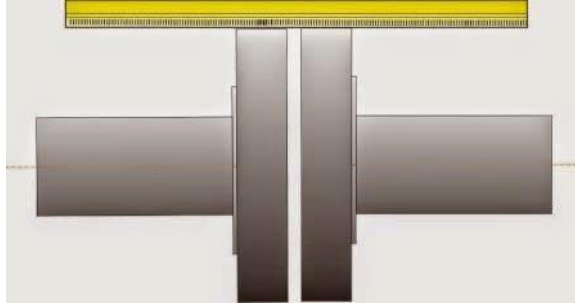
$$\begin{array}{l} \text{Outboard feet of} \\ \text{driver} \end{array} = \frac{(C + D + E)(X + Y)}{C} - (X)$$

$$\begin{array}{l} \text{Inboard feet of} \\ \text{driven} \end{array} = \frac{(C + D)(X + Y)}{C} - (X)$$

$$\begin{array}{l} \text{Outboard feet of} \\ \text{driven} \end{array} = \frac{(C + D + E)(X + Y)}{C} - (X)$$

2.7 Alat Yang Digunakan Untuk Melakukan Alignment

1. Penggaris



Gambar 2. 6 Metode penggaris

(Sumber: <https://www.cnzahid.com/2015/02/tools-for-Alignment.html>)

Alat untuk melakukan *alignment* yang paling sederhana adalah penggaris. *Alignment* dengan penggaris dapat dilakukan jika diameter dua poros yang diukur sama. Metode penggaris ini sangat mengandalkan ketelitian indera penglihatan untuk menentukan penyimpangan *alignment*. Untuk peralatannya sendiri cukup beragam, ada penggaris metal, taper gauge, feeler gauge, dan inside micrometer.

Kelebihan *Alignment* dengan penggaris terletak pada ketersediaan alatnya. Penggaris dan peralatan sejenis bisa didapatkan dengan mudah dan harganya terjangkau. Proses pengukuran pun sederhana dan tidak melalui proses penghitungan yang rumit.

Metode penggaris ini juga memiliki kekurangan. Kekurangan yang paling menonjol terletak pada tingkat akurasi. *Alignment* menggunakan penggaris sangat mengandalkan mata sehingga rentan salah karena human error. Selain itu, penggaris juga hanya dapat digunakan pada poros dengan toleransi sangat tinggi, tidak direkomendasikan untuk mesin mesin kapasitas besar dan putaran tinggi.

2. *Dial indicator*



Gambar 2. 7 *Dial Indicator*

(Sumber: <https://www.cnzahid.com/2015/02/tools-for-Alignment.html>)

Berikutnya yaitu *dial indicator*. Metode ini sangat populer dan paling sering dipakai dalam pekerjaan alignment karena disamping hasilnya akurat atau teliti juga karena harganya relatif murah dibanding dengan optical atau laser. Jika dibandingkan dengan penggaris, alat untuk melakukan alignment satu ini memiliki akurasi yang lebih baik. Secara umum, ada 2 jenis dial indicator, yaitu:

a) *Dial indicator analog*

Dial indicator dengan penunjukan analog, rancangan plunyer khusus, di pakai untuk ruang yang sempit. Dengan pembacaan manual melalui angka atau strip yang ditunjukkan oleh plunyer.



Gambar 2. 8 *Dial Indicator* analog

(Sumber: <https://share.google/EfiotLgwt4fx9y02U>)

b) *Dial indicator digital*

Dial indicator dengan rancangan penunjukan digital, pembacaan langsung dapat dibaca dengan angka yang ditampilkan secara digital, sehingga hal ini sangat mengurangi salah baca.



Gambar 2. 9 *Dial indicator digital*

(Sumber: <https://share.google/DKqA6gAvaRDkxh5I6>)

c) *Bracket dial indicator*

Dial indicator dengan rancangan penunjukan *digital*, pembacaan langsung dapat dibaca dengan angka yang ditampilkan secara *digital*, sehingga hal ini sangat mengurangi salah baca.



Gambar 2. 10 *Bracket dial* dengan sistem klem

(Sumber: *central measuremen tool catalog*)



Gambar 2. 11 *Bracket dial magnetic base*

(Sumber: *central measuremen tool catalog*)



Gambar 2. 12 *Bracket dial* dengan batang *flexible*

(Sumber: *central measuremen tool catalog*)

2.8 Getaran

Getaran adalah suatu permasalahan yang pasti terjadi dalam sebuah sistem kerja pada satu instalasi mesin. Meski demikian, getaran yang berlebih tentunya akan mempengaruhi performa maupun umur kekuatan dari suatu komponen yang ada. Pengukuran getaran merupakan kegiatan yang paling umum dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan dan kerusakan. (Saputra, 2017).

Getaran adalah bagian dari dinamika yang berhubungan dengan gerakan elemen mekanis dan struktur, akan tetapi getaran yang berlebih justru dapat merusak peralatan. Getaran yang diakibatkan oleh *misalignment* adalah suatu kondisi pada poros kopling yang terhubung namun tidak berada dalam satu garis sumbu. Dalam sistem mekanis getaran tidak diinginkan dan dapat merusak peralatan sebagai contoh getaran dalam mesin kendaraan yang mengalami kelelahan akan mengakibatkan kegagalan. Getaran dapat terjadi dimanapun dan banyak sekali kasus yang dipengaruhi oleh desain teknis, sifat dasar getaran mekanis sering membatasi performance suatu peralatan.

2.9 Parameter Getaran

Getaran merupakan fenomena kompleks yang dapat diukur dengan berbagai cara. Tiga parameter terpenting yang digunakan untuk mengukur getaran adalah perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*). Masing masing parameter ini memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri, yang jika digunakan dengan tepat kan memberi wawasan mengenai sifat getaran.

1. Perpindahan (*displacement*)

Perpindahan menunjukkan jarak antara objek yang berputar dan sensor yang berlaku. Jarak yang ditempuh dari puncak ke puncak atau peak to peak.

Perpindahan diukur dalam satuan micron (μm) atau mils. Perpindahan paling efektif dalam getaran frekuensi sangat rendah umumnya di bawah lima kali kecepatan berjalan pada mesin yang bergerak lambat.

2. Kecepatan (*velocity*)

Kecepatan adalah laju perubahan perpindahan dari waktu ke waktu dan diukur dalam satuan milimeter per detik (mm/s) (*peak*) atau inci per detik (in/s atau ips). Yang paling umum digunakan, kecepatan biasanya dianggap sebagai "jalan tengah yang tepat" antara perpindahan dan percepatan. Sementara perpindahan paling baik untuk mengukur getaran kecepatan/frekuensi yang sangat rendah, dan percepatan paling cocok untuk getaran kecepatan tinggi/frekuensi tinggi, kecepatan adalah solusi yang seimbang untuk sebagian besar kecepatan dan frekuensi.

Beberapa potensi kesalahan dapat diidentifikasi dengan kecepatan seperti ketidaksejajaran, ketidakseimbangan, kelonggaran mekanis, getaran terkait baling-baling atau impeller, dan daftarnya terus bertambah. Parameter kecepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana pada posisi positif maximum dan negatif maximum kecepatan adalah nol, sedangkan pada posisi gerakan melewati daerah netral kecepatan adalah maximum.

3. Percepatan (*acceleration*)

Akselerasi adalah laju perubahan kecepatan dari waktu ke waktu. Akselerasi diukur dalam satuan meter per detik kuadrat (m/s^2) atau g . Akselerasi paling efektif dalam mendeteksi getaran yang berdampak dan berfrekuensi tinggi.

Percepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana maximum pada saat displacement mencapai positif maximum atau mendekati negatif maximum.

2.10 Alat Ukur Getaran

1. *Vibration meter*

Vibration meter adalah alat atau instrument yang berfungsi untuk mengukur getaran sebuah benda, misalnya motor, pompa, screen atau benda bergetar lainnya terutama dalam dunia industri. Cara kerjanya adalah dengan menempelkan vibration sensor atau magnetic base ke benda tau mesin yang akan diukur, lalu magnetic base mengirimkan data melalui kabel ke unit pembaca. Dengan demikian vibration meter menunjukkan nilai kuatnya getaran pada benda atau mesin yang diukur.



Gambar 2. 13 *Vibration Meter*

2. *Tachometer*

Tachometer adalah alat ukur genggam yang digunakan untuk mengukur kecepatan benda yang berputar seperti operasi mesin, dalam satuan RPM. Tachometer dirancang untuk mengukur kecepatan putaran

poros atau piringan saat mesin sedang bergerak. Dari beberapa jeni tachometer, kami menggunakan jenis non-contact type tachometer yaitu tachometer non kontak (laser photo tachometer) yang digunakan untuk mengukur dari jarak jauh menggunakan berkas cahaya inframerah atau laser. Jenis tachometer ini lebih efisien, tahan lama, akurat dan ringkas. Cara kerjanya yaitu ketika sinar cahaya mengenai target, sinar dipantulkan kembali ke sensor cahaya yang ditempatkan di dalam tachometer. Jika komponen berputar dengan baik, tachometer akan menghitung berapa kali alat ini menerima sinyal pantul yang memberikan pembacaan dalam RPM.



Gambar 2. 14 *Tachometer*

3. *Clamp meter*

Clamp meter (tang ampere) adalah alat yang berfungsi untuk mengukur arus listrik pada kabel konduktor tanpa harus memutus atau membuka pelindung kabel. Alat ini bekerja secara nonkontak menggunakan prinsip induksi magnetik.



Gambar 2. 15 *Clamp meter*

4. *Flowmeter*

Flowmeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui besarnya debit aliran fluida yang melewati sistem perpipaan. Pada alat peraga ini, flow meter digunakan untuk mengukur laju aliran air yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal pada setiap variasi bukaan katup. Data debit aliran tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan bukaan katup terhadap kinerja pompa serta sebagai parameter pendukung dalam analisis hubungan antara kondisi operasi pompa dengan nilai getaran yang terjadi pada sistem. Hasil pengukuran flow meter dinyatakan dalam satuan liter per menit (L/min).



Gambar 2. 16 *Flowmeter*