

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu komponen atau sistem yang bekerja terus menerus akan mengalami penurunan kinerja dan keandalan. Perawatan merupakan serangkaian aktifitas untuk memperbaiki, mengganti, dan memodifikasi suatu komponen atau sistem. Perawatan bertujuan untuk menjaga atau memperbaiki agar komponen tersebut dapat berfungsi seperti spesifikasi yang diinginkan dalam waktu dan kondisi tertentu. (Fajar kurniawan 2013).

Maka dari itu, untuk menjaga kinerja dan keandalan suatu komponen atau sistem diperlukan tindakan Maintenance.

Maintenance (perawatan) menurut Wati (2009) adalah “semua tindakan teknik dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin/peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya dengan baik, efisien, dan ekonomis sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi.

Villemeur (1992) mendefinisikan perawatan sebagai keseluruhan kombinasi tindakan teknis maupun administratif yang bertujuan untuk memelihara, mengembalikan suatu peralatan dalam keadaan atau kondisi yang selalu dapat berfungsi. Sullivan mendefinisikan perawatan sebagai suatu keputusan atau kegiatan dalam mengontrol dan menjaga peralatan dan aset perusahaan.

Dalam usaha untuk dapat menggunakan terus mesin/peralatan agar kontinuitas produksi dapat terjamin, maka dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan yang meliputi: (Stephens, 2004 : 3)

1. Kegiatan pengecekan.
2. Meminyaki (lubrication).
3. Perbaikan/reparasi atas kerusakan – kerusakan yang ada.
4. Penyesuaian/penggantian spare part atau komponen.

Berikut ini beberapa tujuan kegiatan perawatan menurut Wati (2009), antara lain :

1. Memperpanjang usia pakai dari mesin/peralatan.
2. Menjaga fungsi dari mesin/peralatan agar tetap baik.
3. Menjamin ketersediaan optimum mesin/peralatan.
4. Menjamin kesiapan operasional mesin/peralatan.
5. Mengurangi waktu downtime dari mesin/peralatan

Perkembangan teknologi yang begitu pesat disegala bidang telah banyak membantu dan mempermudah manusia dalam melakukan aktivitas manusia. Sebagai makhluk pemikir selalu berusaha untuk meningkatkan sistem kerja yang telah ada, yang akhirnya menimbulkan kreasi-kreasi baru yang berhasil dan berdaya guna untuk kepentingan manusia. Pesatnya pertumbuhan dan perkembangan industri saat ini juga seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Untuk menyeimbangkan produksi yang dihasilkan yang sesuai dengan permintaan konsumen maka industri-industri dituntut untuk meningkatkan/menaikkan hasil produksi serta untuk memperlancar pendistribusian produknya baik itu dengan kapasitas kecil maupun dengan kapasitas yang besar.

Didalam meningkatkan kebutuhan pasar atau konsumen, proses perawatan mesin produksi akan semakin meningkat dan harus dilakukan secara berkala, contohnya pada proses produksi fraksinasi di PT. Permata Hijau Palm Oleo (PHPO) Belawan yang selalu Produksi selama 24 jam secara continue dalam seminggu untuk mencapai target Produksi yang dapat menimbulkan cepatnya peralatan-peralatan menjadi rusak. Contohnya adalah Pompa sentrifugal yang berperan sebagai pensupply air cooling tower ke chiller sebagai media pendingin air. Semakin sering mesin pompa tersebut di gunakan maka akan menurunkan kinerja daripada kemampuan pompa, sehingga dapta menyebabkan chiller trip.

Gejala yang sering terjadi pada pompa adalah kebocoran pada packing dan juga over heating pada bearing. Penurunan kondisi mesin inilah

yang menjadi masalah yang dihadapi oleh PT. PHPO Belawan.

Sistem perawatan di PT. PHPO Belawan kurang memperhatikan keandalan mesin dimana jika terjadi kerusakan hanya akan mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan kondisi mesin apakah masih dapat beroperasi sesuai dengan harapan atau tidak.

Berdasarkan uraian diatas, penulis merasa tertarik untuk melakukan analisis pada pompa yang ada di *PT PHPO BELAWAN* dengan mengangkat judul Tugas Akhir ini “*ANALISA KEGAGALAN POMPATYPE SKB PADA PLAN FRAKSINASI DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT. PHPO BELAWAN*”.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efek getaran terhadap pompa dengan metode pengukuran getaran
2. Untuk menentukan akibat akibat terjadinya kerusakan pompa
3. Untuk mengetahui tingkat kehandalan Pompa

1.3 Batasan Masalah

Lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya membahas mesin Pompa Sentrifugal Type SKB
2. Analisa kerusakan berdasarkan pengukuran getaran menggunakan alat ukur vibrometer
3. Data yang diambil hanya dari perusahaan PT. PHPO Belawan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Kata pemeliharaan diambil dari bahasa Yunani yang artinya merawat, menjaga dan memelihara. Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia, tidak ada yang tidak mungkin rusak, tetapi usia penggunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan. (Corder, Antony, K.Hadi, 1992). Oleh karena itu, sangat dibutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan pemeliharaan dan perawatan mesin yang digunakan dalam proses produksi.

Pemeliharaan mesin merupakan hal yang sangat sering dipermasalahkan antara Bagian Pemeliharaan dan Bagian Produksi. Karena Bagian Pemeliharaan dianggap yang memboroskan biaya, sedangkan Bagian Produksi merasa yang merusakkan tetapi juga yang membuat uang (Soemarno, 2008).

Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992). Untuk Pengertian Pemeliharaan lebih jelas adalah tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa pakai dan kegagalan/kerusakan mesin.(Setiawan F.D, 2008). Menurut Jay Heizer dan Barry Render, (2001) pemeliharaan adalah : “all activities involved in keeping a system’s equipment in working order”. Artinya: pemeliharaan adalah segala kegiatan yang didalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar pekerjaan dapat sesuai dengan pesanan.

Maintenance atau pemeliharaan pompa adalah sebuah aktivitas yang bertujuan untuk memastikan suatu fasilitas secara fisik bisa terus menerus melakukan apa yang pengguna atau pemakai inginkan.

Menurut M.S Sehwarat dan J.S Narang, (2001) pemeliharaan (maintenance) adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas).

Menurut Sofjan Assauri (2004) pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Sedangkan menurut Manahan P. Tampubolon, (2004), Pemeliharaan merupakan semua aktivitas termasuk menjaga peralatan dan mesin selalu dapat melaksanakan pesanan pekerjaan.

Jenis pompa yang digunakan sebagai acuan dalam pemeliharaan atau perawatan adalah pompa jenis sentrifugal yang menjadi inti dari pembahasan ini, dimana pompa sentrifugal ini adalah pompa yang digunakan untuk menyuplai air dingin dari *cooling tower* ke mesin *Chiller*. *Chiller* (unit pendingin), adalah mesin yang berfungsi untuk mendinginkan air dengan suhu yang sangat rendah. Prinsip kerja dari mesin *Water chiller* ini adalah mendinginkan suatu media yang menghasilkan panas dengan cara di aliri air yang dingin, sehingga melalui air ini panas bisa di redam sesuai dengan kemampuan mesin dan temperatur yang diharapkan. Air dingin dari mesin *Water chiller* ini di pompa menuju media yang di dinginkan.

Mesin *Chiller* ini bekerja secara terus menerus selama 24 jam sehari selama seminggu penuh, dan jika Pompa penyuplai air dingin dari *cooling tower* ke mesin *Chiller* ini rusak. Maka proses pendinginan pada *Chiller* tidak akan bekerja dan akan mengganggu proses produksi, maka dari itu Proses *maintenance* pada pompa tentunya sangat penting dilakukan, karena jika tidak dilakukan maka akan terjadi kerusakan atau kegagalan pada proses pengoperasian pompa yang menyebabkan proses produksi berhenti.

2.1.1 Defenisi Pemeliharaan

Pemeliharaan merupakan kegiatan pengembalian setiap peralatan dan mesin pada kondisi siap beroperasi. Presepsi pemeliharaan secara tradisional adalah untuk memperbaiki komponen peralatan yang rusak, sehingga kegiatan pemeliharaan terbatas pada tugas-tugas reaktif tindakan perbaikan atau pergantian komponen peralatan korektif (Oktaria, 2011).

Menurut Assauri, 2008 Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dengan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasional produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Menurut (Sudrajat, 2011) *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai.

Menurut (Corder, Antony, K. Hadi, 1992) kata pemeliharaan diambil dari bahasa Yunani *terein* artinya merawat, menjaga, dan memelihara. Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima.

Dari berbagai pendapat di atas bahwa dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk merawat ataupun memperbaiki peralatan perusahaan agar dapat melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien sesuai dengan pesanan yang telah direncanakan dengan hasil produk yang berkualitas.

2.1.2 Tujuan Pemeliharaan

Suatu kalimat yang perlu diketahui oleh orang pemeliharaan dan bagian lainnya bagi suatu pabrik adalah pemeliharaan (*maintenance*) murah sedangkan perbaikan (*repair*) mahal. (Setiawan F.D, 2008).

Menurut Sofyan Assauri, 2004, tujuan pemeliharaan yaitu:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi,
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu,
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut,
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien,
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja,
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (return on investment) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

Sedangkan menurut Daryus A, (2008) dalam bukunya manajemen pemeliharaan mesin, Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Untuk menjaga kegunaan,
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin,
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.

2.1.3 Fungsi Pemeliharaan

Fungsi pemeliharaan adalah untuk memberikan usia panjang pada kegunaan aset. Pemeliharaan dilakukan untuk memperpanjang waktu penggunaan suatu mesin. Dengan adanya pemeliharaan atau perawatan

maka mesin akan berjalan sesuai fungsinya . sehingga umur mesin dapat sesuai dengan spesifikasi mesin yang telah ditentukan sebelumnya (Maulana, 2023)

Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan adanya pemeliharaan yang baik terhadap mesin, adalah sebagai berikut (Agus Ahyari, 2002):

1. Mesin dan peralatan produksi yang ada dalam perusahaan yang bersangkutan akan dapat dipergunakan dalam jangka waktu panjang,
2. Pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan yang bersangkutan berjalan dengan lancar,
3. Dapat menghindarkan diri atau dapat menekan sekecil mungkin terdapatnya kemungkinan kerusakan-kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan,
4. Peralatan produksi yang digunakan dapat berjalan stabil dan baik, maka proses dan pengendalian kualitas proses harus dilaksanakan dengan baikpula,
5. Dapat dihindarkannya kerusakan-kerusakan total dari mesin dan peralatan produksi yang digunakan
6. Apabila mesin dan peralatan produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan normal,
7. Dengan adanya kelancaran penggunaan mesin dan peralatan produksi dalam perusahaan, maka pembebanan mesin dan peralatan produksi yang ada semakin baik.

2.1.4 Jenis-jenis Pemeliharaan

Menurut Corder, Antony, K. Hadi, (1992) secara umum ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan dikategorikan dalam dua cara, yaitu Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*) dan Pemeliharaan Tak Terencana (*Unplanned maintenance*).

1. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Pemeliharaan terencana adalah pemeliharaan yang dilakukan secara terorganisir untuk mengantisipasi kerusakan peralatan di waktu yang akan datang, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992). Pemeliharaan terencana dibagi menjadi dua aktivitas utama yaitu:

a. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi berhenti atau berkurangnya fungsi mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan, kondisi tersebut dan mengembalikan mesin ke kondisi semula atau dengan kata lain deteksi dan penanganan diri kondisi abnormal mesin sebelum kondisi tersebut menyebabkan cacat atau kerugian. (Setiawan F.D, 2008).

Menurut Jay Heizer dan Barry Render, (2001) dalam bukunya "*Operations Management*" preventive maintenance adalah : "*A plan that involves routine inspections, servicing, and keeping facilities in good repair to prevent failure*". Artinya *preventive maintenance* adalah sebuah perencanaan yang memerlukan inspeksi rutin, pemeliharaan dan menjaga agar fasilitas dalam keadaan baik sehingga tidak terjadi kerusakan di masa yang akan datang. Ruang lingkup pekerjaan preventive termasuk: inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan. (Daryus A, 2007).

Menurut Dhillon B.S, (2006) dalam bukunya "*maintainability, maintenance, and reliability for engineers*" ada 7 elemen dari pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) yaitu:

- a. Inspeksi: memeriksa secara berkala (periodic) bagian-bagian tertentu untuk dapat dipakai dengan membandingkan fisiknya, mesin, listrik, dan karakteristik lain untuk standar yang pasti,
- b. Kalibrasi: mendeteksi dan menyesuaikan setiap perbedaan dalam

akurasi untuk material atau parameter perbandingan untuk standar yang pasti,

- c. Pengujian: pengujian secara berkala (*periodic*) untuk dapat menentukan pemakaian dan mendeteksi kerusakan mesin dan listrik,
- d. Penyesuaian: membuat penyesuaian secara periodik untuk unsur variabel tertentu untuk mencapai kinerja yang optimal,
- e. Servicing: pelumasan secara periodik, pengisian, pembersihan, dan seterusnya, bahan atau barang untuk mencegah terjadinya dari kegagalan baru jadi,
- f. Instalasi: mengganti secara berkala batas pemakaian barang atau siklus waktu pemakaian atau memakai untuk mempertahankan tingkat toleransi yang ditentukan,
- g. Alignment: membuat perubahan salah satu barang yang ditentukan elemen variabel untuk mencapai kinerja yang optimal.

b. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Menurut Jay Heizer dan Barry Reder, 2001 pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah :“*Remedial maintenance that occurs when equipment fails and must be repaired on an emergency or priority basis*”. Pemeliharaan ulang yang terjadi akibat peralatan yang rusak dan harus segera diperbaiki karena keadaan darurat atau karena merupakan sebuah prioritas utama.

Sedangkan menurut Corder Antony K. Hadi, 1992 Pemeliharaan secara korektif (*corrective maintenance*) adalah pemeliharaan yang dilakukan secara berulang atau pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah terhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima. Pemeliharaan ini meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana jangka pendek, yang mungkin timbul diantara pemeriksaan, juga overhaul terencana.

Maka dalam pemeliharaan terencana yang harus diperhatikan adalah jadwal operasi pabrik, perencanaan pemeliharaan, sasaran perencanaan

pemeliharaan, faktor-faktor yang diperhatikan dalam perencanaan pekerjaan pemeliharaan, sistem organisasi untuk perencanaan yang efektif, dan estimasi pekerjaan. (Daryus A, 2007). Jadi, pemeliharaan terencana merupakan pemeliharaan yang paling tepat mengurangi keadaan darurat dan waktu nganggur mesin.

Adapun keuntungan lainnya yaitu:

- a. Pengurangan pemeliharaan darurat,
- b. Pengurangan waktu nganggur,
- c. Meningkatkan ketersediaan (*availability*) untuk produksi,
- d. Meningkatkan penggunaan tenaga kerja untuk pemeliharaan dan produksi,
- e. Memperpanjang waktu antara overhaul,
- f. Pengurangan penggantian suku cadang, membantu pengendalian sediaan,
- g. Meningkatkan efisiensi mesin,
- h. Memberikan pengendalian anggaran dan biaya yang bisa diandalkan,
- i. Memberikan informasi untuk pertimbangan penggantian mesin.

2. Pemeliharaan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Pemeliharaan tak terencana adalah yaitu pemeliharaan darurat atau *breakdown maintenance*, yang didefinisikan sebagai pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. (Corder, Antony, K. Hadi, 1992).

Pada umumnya sistem pemeliharaan merupakan metode tak terencana, dimana peralatan yang digunakan dibiarkan atau tanpa disengaja rusak hingga akhirnya, peralatan tersebut akan digunakan kembali maka diperlukannya perbaikan atau pemeliharaan.

Menurut Daryus A, (2007) dalam bukunya Manajemen pemeliharaan mesin membagi pemeliharaan menjadi:

- a. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara pemeliharaan yang direncanakan untuk pencegahan.

b. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.

c. Pemeliharaan berjalan (*Running Maintenance*)

Pemeliharaan berjalan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Pemeliharaan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.

d. Pemeliharaan prediktif (*Predictive Maintenance*)

Pemeliharaan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari system peralatan. Biasanya pemeliharaan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat-alat monitor yang canggih.

e. Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Pekerjaan pemeliharaan ini dilakukan ketika terjadinya kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, alat- alat dan tenaga kerjanya.

f. Pemeliharaan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Pemeliharaan darurat adalah pekerjaan pemeliharaan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

g. Pemeliharaan berhenti (*shutdown maintenance*)

Pemeliharaan berhenti adalah pemeliharaan yang hanya dilakukan selama mesin tersebut berhenti beroperasi.

h. Pemeliharaan rutin (*routine maintenance*)

Pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan yang dilaksanakan secara rutin atau terus-menerus.

i. Merancang pemeliharaan (*Design out maintenance*)

Merancang pemeliharaan adalah merancang ulang peralatan untuk menghilangkan sumber penyebab kegagalan dan menghasilkan model kegagalan yang tidak lagi atau lebih sedikit membutuhkan maintenance.

2.1.5 Hubungan Pemeliharaan Dengan Proses Produksi

Pemeliharaan dengan proses produksi sangatlah berhubungan terhadap proses produksi sehari-hari dalam perusahaan, untuk menjaga agar seluruh fasilitas dan peralatan perusahaan tetap berada pada kondisi yang baik dan siap selalu untuk digunakan dan kegiatan hendaknya tidak mengganggu jadwal produksi.

Menurut Sofjan Assauri (2004) agar proses produksi berjalan dengan lancar, maka kegiatan pemeliharaan yang harus dijaga dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menambah jumlah peralatan dan perbaikan para pekerja bagian pemeliharaan, dengan demikian akan di dapat waktu rata-rata kerusakan dari mesin yang lebih kecil,
2. Menggunakan pemeliharaan pencegahan, karena dengan cara ini dapat mengganti parts yang sudah dalam keadaan kritis sebelum rusak,
3. Diadakannya suatu cadangan di dalam suatu system produksi pada tingkat kritis, sehingga mempunyai suatu tempat parallel apabila terjadi kerusakan mendadak. Dengan adanya suku cadangan ini, tentu akan berarti adanya kelebihan kapasitas terutama untuk tingkat kritis tersebut, sehingga jika ada mesin yang mengalami kerusakan, perusahaan dapat berjalan terus tanpa menimbulkan adanya kerugian karena mesin-mesin menganggur,

4. Usaha-usaha untuk menjadikan para pekerja di bidang pemeliharaan ini sebagai suatu komponen dari mesin-mesin yang ada, dan untuk menjadikan mesin tersebut sebagai suatu komponen dari suatu system produksi secara keseluruhan,
5. Mengadakan percobaan untuk menghubungkan tingkat-tingkat system produksi lebih cermat dengan cara mengadakan suatu persediaan cadangan diantara berbagai tingkat produksi yang ada, sehingga terdapat keadaan dimana masing-masing tingkat tersebut tidak akan sangat tergantung dari tingkat sebelumnya.

2.2 Konsep *Reliability* (Keandalan)

Yang dimaksud dengan keandalan adalah :

1. Peluang sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling,1997, p5)
2. Serangkaian pengukuran atau serangkaian alat ukur yang memiliki konsistensi, bila pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur itu dilakukan secara berulang. Realibilitas tes adalah tingkat konsistensi suatu tes, yakni sejauh mana suatu tes dapat dipercaya untuk menghasilkan skor yang ajeg. relatif tidak berubah walaupun diteskan pada situasi yang berbeda-beda (Sugiono, 2005).
3. Reliabilitas suatu tes adalah seberapa besar derajat tes mengukur secara konsisten sasaran yang diukur. Reliabilitas dinyatakan dalam bentuk angka, biasanya sebagai koefisien. Koefisien tinggi berarti reliabilitas tinggi (Sukadji Soetarlinah, 2000).

2.3 Metode Perawatan Berbasis Keandalan (*Reliability Centered Maintenance*)

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode pemeliharaan yang menentukan langkah-langkah yang harus diambil untuk menjamin peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya.

Salah satu tujuan dari maintenance adalah untuk memastikan bahwa suatu aset fisik tetap melakukan tugasnya sesuai parameter yang diinginkan oleh penggunanya. Dalam hal ini, Reliability Centered Maintenance (RCM) mempunyai peranan penting dalam melakukan maintenance. RCM (Reliability Centered Maintenance) merupakan sebuah proses atau metode yang digunakan untuk menentukan kebutuhan maintenance suatu aset fisik agar tetap bisa melakukan tugasnya. Metode RCM meliputi pembuatan kegagalan fungsi yang kemudian akan dicari mode kerusakannya. Dengan adanya Mode kerusakan, penyebab kerusakan akan ditentukan sehingga dapat didapati dianalisa pengaruh kerusakan terhadap unjuk kerja peralatan.

2.3.1 Karakteristik *Reliability Centered Maintenance*

Karakteristik RCM adalah :

1. Tujuan utama dari metode RCM adalah untuk menjaga fungsi sistem peralatan, dan juga menjaga peralatan agar tetap bekerja. Mengetahui fungsi sistem berarti mengetahui keluaran yang menjadi tujuan sistem dan dengan demikian dapat direncanakan tindakan perawatan untuk menjaga keluaran sistem sesuai dengan performance yang dimiliki perawatan.
2. Mengidentifikasi mode kerusakan spesifik dalam bagian-bagian peralatan yang potensial menghasilkan kerusakan fungsi sistem.
3. Membuat prioritas perawatan dari mode kerusakan yang terjadi. Prioritas ini berdasarkan mode kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar dalam sistem akan mendapat prioritas tertinggi. Sistematis prioritas berdasarkan *Logic Tree Analysis*.
4. Tindakan yang telah diberi prioritas diberi tindakan pencegahan yang dapat diterapkan.

2.3.2 Tujuan *Reliability Centered Maintenance*

Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengembangkan desain yang sifatnya mampu dipelihara (maintenanceability).
2. Memperoleh informasi yang penting untuk melakukan improvement pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan system maintenance kepada reliability dan safety seperti awal mula equipment dari deteriorasi (kemunduran mutu) yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan diatas dengan biaya minimum.

2.3.3 Proses Penyusunan *Reliability Centered Maintenance*

Pada metode RCM yang paling penting adalah mengumpulkan informasi dan data untuk mengetahui dengan baik sistem yang akan dianalisa. Kegiatan dilakukan untuk mempermudah proses analisa sistem. Penerapan tahap-tahap metode RCM terdiri dari tujuh tahap yang sistematis yaitu :

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi.
2. Pendefinisian batas sistem.
3. Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA).
4. Pemilihan Tindakan/*Maintenance Task*.

2.3.4 Pemilihan Tindakan/*Maintenance Task*

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa RCM. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang efektif. Proses analisa ini akan menentukan tindakan perawatan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. selain itu bila biaya untuk melakukan tindakan melebihi biaya yang

diakibatkan mode kerusakan, maka mode kerusakan ini masuk dalam RTF. Tahap akhir dari proses *maintenance task* adalah menentukan akibat dari mode kerusakan terhadap tiga tingkatan yaitu akibat kerusakan lokal, akibat kerusakan sistem, dan akibat kerusakan fasilitas, kerusakan tersebut akan dibuat pada *work sheet*.

Road map pemilihan tindakan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Jika tugas pencegahan secara teknis tidak menguntungkan untuk dilakukan, tindakan standar yang harus dilakukan bergantung pada konsekuensi kegagalan yang terjadi.

- a. Jika tindakan pencegahan tidak dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan majemuk sampai suatu batas yang dapat diterima, maka perlu dilakukan tugas menemukan kegagalan secara berkala. Jika tugas menemukan kegagalan berkala tersebut tidak menghasilkan apa-apa, maka keputusan standard selanjutnya yang wajib dilakukan adalah mendesain ulang sistem tersebut (tergantung dari konsekuensi kegagalan majemuk yang terjadi).
- b. Jika tindakan pencegahan tidak dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan yang dapat mengancam keselamatan ataupun dampak lingkungan sampai batas aman, maka sebaiknya dilakukan desain ulang maupun perubahan terhadap sistem tersebut. Jika tindakan pencegahan dilakukan, akan tetapi biaya proses total masih lebih besar dari pada jika tidak dilakukan, yang dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi operasional, maka keputusan awalnya adalah tidak perlu dilakukan *maintenance* terjadwal (jika hal ini telah dilakukan dan ternyata konsekuensi operasional yang terjadi masih terlalu besar, maka sudah saatnya untuk dilakukan desain ulang terhadap sistem).
- c. Jika dilakukan tindakan pencegahan, akan tetapi biaya proses total masih lebih besar dari pada jika tidak dilakukan tindakan pencegahan, yang dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi non operasional, maka

keputusan awalnya adalah tidak perlu dilakukan maintenance terjadwal, akan tetapi apabila biaya perbaikannya terlalu tinggi, maka sekali lagi sudah saatnya dilakukan desain ulang terhadap sistem.

2.3.5 Meningkatkan kehandalan (RBD)

Reliability Block Diagram (RBD) adalah metode diagram untuk menunjukkan bagaimana komponen keandalan kontribusi bagi keberhasilan atau kegagalan sistem yang kompleks. RBD juga dikenal sebagai diagram ketergantungan (DD). Sebuah RBD atau DD diambil sebagai rangkaian blok terhubung dalam konfigurasi paralel atau seri. Setiap blok merupakan komponen dari sistem dengan tingkat kegagalan. Jalur paralel yang berlebihan, yang berarti bahwa semua jalur paralel harus gagal. Sebaliknya, kegagalan sepanjang jalan seri menyebabkan seluruh jalan seri gagal.

Untuk mencari nilainya, maka yang harus kita lakukan adalah mengambil beberapa data. Data itu berupa kerusakan apa saja yang pernah terjadi, pada data tersebut didalam waktu kerusakan. Setelah itu kita tentukan berapa lama mesin bekerja.

Adapun rumus untuk menghitung nilai *reliability* tersebut adalah sebagai berikut:

$$MTBS = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Failure}}$$

Keterangan :

- *MTBF (Mean Time Bertween Failure)* : menunjukkan tentang seberapa handalnya mesin/ peralatan itu akan berfungsi mulai dari satu *repair*/ kerusakan sampai ke satu *repair*/ kerusakan berikutnya.
- *Operating Time* : Lama mesin bekerja.
- *Failure* : seberapa banyak kegagalan terjadi selama *operating time*.

2.4 Pompa

Pompa adalah salah satu mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ketempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Pompa digunakan sebagai alat transportasi fluida (Horizontal maupun Vertikal), untuk menaikkan tekanan dan kecepatan (Martianis Erwin, 2012).

Pompa mengubah energi kinetik atau putaran ini menjadi tekanan yang dibuktikan dengan fluida yang keluar dari pompa memiliki tekanan lebih besar dari saat masuk. Energi yang ada didalam fluida dapat berupa:

- a. *Head static* (Tekanan)
- b. *Head kinetic* (Kecepatan)
- c. *Head potencial* (Ketinggian)

2.4.1 Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

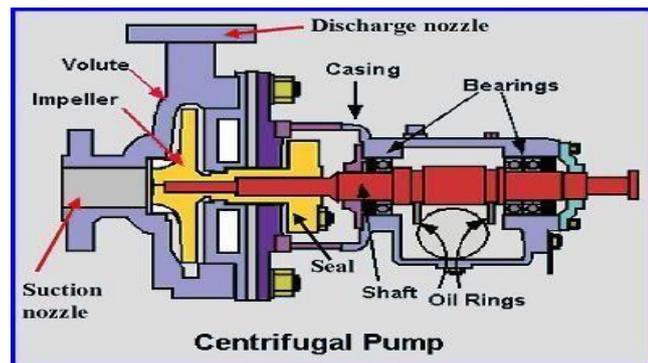
Pompa sentrifugal adalah suatu jenis pompa kerja dinamis yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial melalui suatu impeler yang berputar dalam casing.

Pompa ini digerakkan oleh motor. Daya dari *motor* diberikan pada poros pompa untuk memutar *impeller* yang dipasangkan pada poros tersebut. Akibat dari putaran *impeller* yang menimbulkan gaya sentrifugal, maka zat cair akan mengalir dari tengah *impeller* keluar lewat saluran di antara sudut-sudut dan meninggalkan *impeller* dengan kecepatan yang tinggi.

Zat cair yang keluar dari *impeller* dengan kecepatan tinggi kemudian melalui saluran yang penampangnya semakin membesar yang disebut *volute*, sehingga akan terjadi perubahan dari *head* kecepatan menjadi *head* tekanan. Jadi zat cair yang keluar dari *flens* keluar pompa *head* totalnya bertambah besar. Sedangkan proses pengisapan terjadi karena setelah zat cair dilemparkan oleh *impeller*, ruang diantara sudu-sudu menjadi vakum, sehingga zat cair dapat terisap masuk.

2.4.2 Komponen utama Pompa Sentrifugal

Secara umum pompa sentrifugal tersusun atas beberapa bagian penting yaitu:



Gambar 2.1 Komponen Pompa sentrifugal

1. Casing pompa

Casing merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffusor (*guide vane*), *inlet* dan *outlet* nozzle serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis.

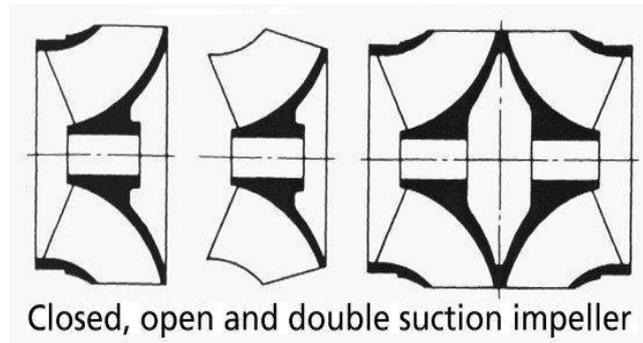


Gambar 2.2 Casing

2. Impeller

Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontiniu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan

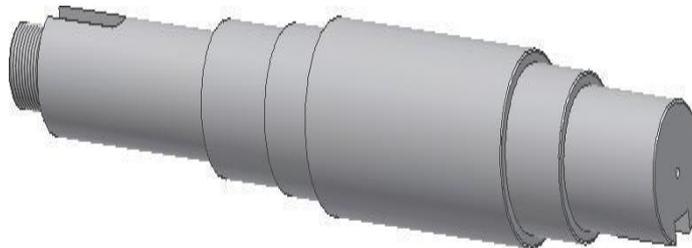
masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.



Gambar 2.3 *Impeller*

3. Shaft/Poros

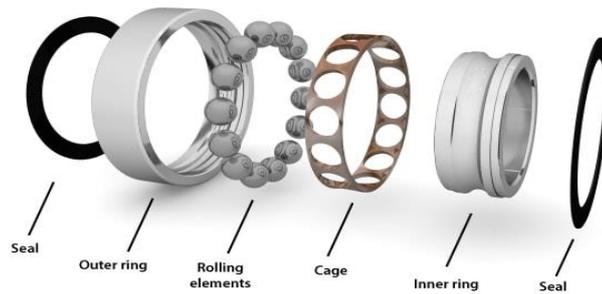
Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar lainnya.



Gambar 2.4 *Shaft / Poros*

4. Bearing/Bantalan

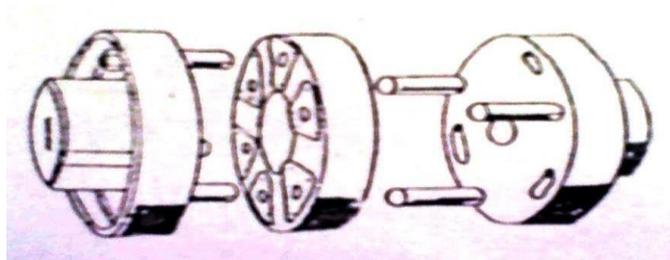
Bearing (bantalan) berfungsi untuk menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban *radial* maupun beban *axial*. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.



Gambar 2.5 Bearing / Bantalan

5. Kopling

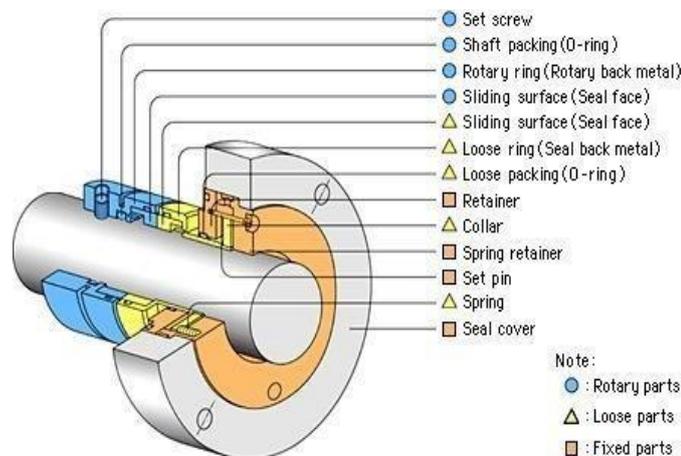
Pada dasarnya kopling berfungsi untuk menghubungkan dua *shaft*, dimana yang satu adalah poros penggerak dan yang lainnya adalah poros yang digerakkan. Kopling yang digunakan pada pompa, bergantung dari desain sistem dan pompa itu sendiri. Macam-macam kopling yang digunakan pada pompa dapat berupa kopling rigid, kopling fleksibel, *grid coupling*, *gear coupling*, *elastrometic coupling*, dan *disc couplin*.



Gambar 2.6 Kopling

6. Packing

Sistem *packing* pada pompa adalah untuk mengontrol kebocoran fluida yang mungkin terjadi pada sisi perbatasan antara bagian pompa yang berputar (poros) dengan stator. Sistem *sealing* yang banyak digunakan pada pompa sentrifugal adalah *mechanical seal* dan *gland packing*.



Gambar 2.7 Packing

7. Sistem Lubrikasi

Sistem lubrikasi pada pompa berfungsi untuk mengurangi koefisien gesek antara dua permukaan yang bertemu sehingga mengurangi resiko keausan. Lubrikasi pada pompa terutama digunakan pada bearing. Sistemnya dapat berupa *lub oil* atau juga tipe *greas* tergantung dari desain pompa itu sendiri.

Agar pompa dapat beroperasi dengan baik, terdapat prosedur proteksi standar yang diterapkan pada pompa sentrifugal. Beberapa standar minimum paling tidak terdiri dari:

1. **Proteksi terhadap aliran balik**

Aliran keluaran pompa dilengkapi dengan *check valve* yang membuat aliran hanya bisa berjalan satu arah, searah dengan arah aliran keluaran pompa.

2. **Proteksi terhadap overload**

Beberapa alat seperti *pressure switch low*, *flow\switch high*, dan *overload relay* pada motor pompa dipasang pada sistem pompa untuk menghindari *overload*.

3. **Proteksi terhadap vibrasi**

Vibrasi yang berlebihan akan mengganggu kinerja dan berkemungkinan merusak pompa. Beberapa alat yang ditambahkan

untuk menghindari vibrasi berlebihan ialah *vibration switch* dan *vibration monitor*.

4. **Proteksi terhadap *minimum flow***

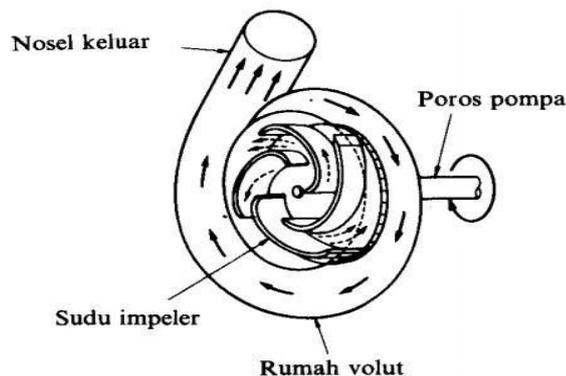
Peralatan seperti *pressure switch high* (PSH), *flow switch low* (FSL), dan *return line* yang dilengkapi dengan *control valve* dipasang pada sistem pompa untuk melindungi pompa dari kerusakan akibat tidak terpenuhinya *minimum flow*.

5. **Proteksi terhadap *low NPSH available***

Apabila pompa tidak memiliki NPSHa yang cukup, aliran keluaran pompa tidak akan mengalir dan fluida terakumulasi dalam pompa. Beberapa peralatan *safety* yang ditambahkan pada sistem pompa ialah *Level Switch Low* (LSL) dan *Pressure Switch Low* (PSL)

2.4.3. Kerja Pompa

Pompa sentrifugal adalah pompa dinamis. Energi disampaikan ke cairan melalui disk dengan baling-baling melengkung berputar pada poros yang disebut impeller. Impeller menanamkan energi kinetik cairan dengan cara bentuk dan kecepatan rotasi tinggi. Energi ini berubah untuk menekan energi ketika cairan mencapai casing pompa. *Head* perbedaan tekanan antara inlet dan outlet, atau Tot



Gambar 2.8 Bagian alir fluida di dalam pompa sentrifugal

Head tekanan fluida menjadi lebih tinggi, demikian pula *head* kecepatan, bertambah besar karena fluida mengalami percepatan. Impeller

berfungsi memberikan kerja kepada fluida, sehingga energi yang dikandung bertambah besar.

2.5 Vibrasi

Vibrasi atau Getaran secara sederhana adalah gerak mesin atau bagiannya bolak balik dari posisinya istirahat. Semua mesin memiliki tiga sifat fundamental yang berhubungan untuk menentukan bagaimana mesin akan bereaksi terhadap kekuatan-kekuatan yang menyebabkan getaran-getaran, seperti sistem pegas-massa (Scheffer,2004), yaitu :

1. Massa (m)

Merupakan inersia untuk tetap dalam keadaan semula atau gerak. Sebuah gaya mencoba untuk membawa perubahan dalam keadaan istirahat atau gerak, yang ditentang oleh massa dan satuannya dalam kg

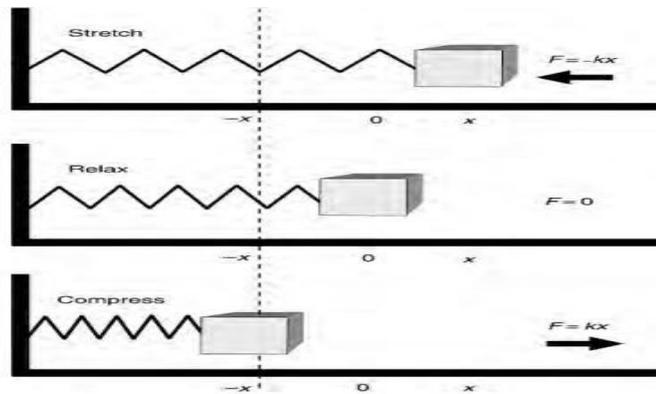
2. Kekuatan atau *stiffnes* (k)

Ada kekuatan tertentu yang dipersyaratkan membengkokkan atau membelokkan struktur dengan jarak tertentu. ini mengukur gaya yang diperlukan untuk memperoleh defleksi tertentu disebut kekakuan, satuan dalam N/m.

3. *Damping* atau redaman (c)

Setelah memaksa set bagian atau struktur ke dalam gerakan, bagian atau struktur akan memiliki mekanisme inheren untuk memperlambat gerak (kecepatan). karakteristik ini untuk mengurangi kecepatan gerak disebut redaman, satuannya dalam N/(m/s).

Dengan menerapkan kekuatan untuk massa, massa bergerak ke kiri, menekan pegas semi. Ketika massa dilepaskan, bergerak kembali ke posisi netral dan kemudian perjalanan kanan lanjut sampai ketegangan pegas berhenti massa. Massa kemudian berbalik dan mulai melakukan perjalanan ke kiri lagi. Hal Ini lagi melintasi posisi netral dan mencapai batas kiri. Gerakan ini secara teoritis dapat terus tanpa henti jika tidak ada redaman dalam sistem dan tidak ada efek eksternal (seperti gesekan), Gerakan ini disebut getaran.



Gambar 2.9 Konsep Vibrasi Sumber

Dasar-dasar Vibrasi

1. Respon Sistem

Pertimbangkan sebuah sistem rotor (Gambar 2.4) yang memiliki massa M didukung antara dua bantalan. Massa rotor M diasumsikan sebagai terkonsentrasi antara bantalan didukung; mengandung massa unbalance (M_u) yang terletak di radius r tetap berputar pada kecepatan sudut ω , di mana:

$$\omega = 2 \times \pi \times \frac{rpm}{60}$$

Dimana :

rpm = putaran per menit

ω = kecepatan sudut

Kekuatan getaran yang dihasilkan oleh massa M_u ketidakseimbangan dengan t (waktu) diwakili oleh :

$$F_{\text{ketidakseimbangan}} = M_u \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

Kemudian, kekuatan menahan dihasilkan oleh tiga karakteristik sistem

$$M \times a + C \times v + k(d)$$

Dimana

a = percepatan;

v = kecepatan;

d = perpindahan

Jika sistem berada dalam kesetimbangan, dua kekuatan yang sama dan persamaan dapat ditulis sebagai:

$$M \cdot \ddot{x} + C \cdot \dot{x} + k(x) = F \cdot \sin \omega t$$

Hal ini pada gilirannya bervariasi respon sistem (tingkat getaran) kepada pasukan yang menarik (cacat seperti ketidakseimbangan yang menghasilkan getaran). Dengan demikian, getaran yang disebabkan oleh ketidakseimbangan akan lebih tinggi jika jumlah bersih faktor di sisi kanan dari persamaan kurang dari kekuatan yang tidak seimbang. Dengan cara yang sama, ada kemungkinan bahwa seseorang mungkin tidak mengalami getaran sama sekali jika jumlah bersih dari faktor sisi kanan menjadi jauh lebih besar daripada gaya unbalance. Proses pemilihan transduser yang akan digunakan harus mempertimbangkan parameter apa yang kita inginkan untuk diukur. Biasanya parameter-parameter tersebut adalah *displacement* (perpindahan), *velocity* (kecepatan)

Tabel 2.1 Panduan Pemilihan Parameter Pengukuran

Parameter	Faktor Pemilihan Parameter Pengukuran
Perpindahan (displacement)	a) frekuensi rendah, dibawah 600 cpm
	b) pengukuran getaran <i>shaft</i> pada mesin berat dengan rotor yang relatif ringan.
	c) menggunakan <i>transduser velocity</i> dan <i>transduser acceleration</i> .
	d) <i>transduser velocity</i> , untuk mengukur <i>displacement</i> dengan rangkaian <i>single integrator</i> .
	e) <i>transduser accelerometer</i> , dapat digunakan untuk mengukur <i>displacement</i> getaran dengan rangkaian <i>double integrator</i> .

Kecepatan (velocity)	a) range frekuensi antara 600 – 100.000 cpm
	b) pengukuran <i>over all level</i> getaran mesin
	c) untuk melakukan prosedur analisa secara umum
Percepatan (acceleration)	a) pengukuran pada frekuensi tinggi/ ultrasonic sampai 600000 cpm atau lebih
	b) untuk pengukuran <i>spike energy</i> pada <i>roll bearing, ball bearing, gear</i> , dan sumber getaran aerodinamis dengan frekuensi tinggi

2.5.1 Sifat Getaran

Kondisi suatu mesin dan masalah-masalah mekanik yang terjadi dapat diketahui dengan mengukur karakteristik getaran pada mesin tersebut.

Karakteristik getaran yang penting antara lain :

1. Frekuensi adalah karakteristik dasar yang digunakan untuk mengukur dan menggambarkan getaran
2. Perpindahan mengindikasikan berapa jauh suatu objek bergetar.
3. Kecepatan mengindikasikan berapa cepat objek bergetar.
4. Percepatan mengindikasikan suatu objek bergetar terkait dengan gaya penyebab getaran
5. *Phase* mengindikasikan bagaimana suatu bagian bergetar relatif terhadap bagian yang lain, atau untuk menentukan posisi suatu bagian yang bergetar pada suatu saat, terhadap suatu referensi atau terhadap bagian lain yang bergetar dengan frekuensi yang sama.

Gerakan massa dari posisi netral, untuk batas atas perjalanan, kembali melalui posisi netral, untuk batas bawah perjalanan dan kembali ke posisi netral, merupakan satu siklus gerak. Ini satu siklus gerak berisi semua

informasi yang diperlukan untuk mengukur getaran dari sistem ini. Gerak terus massa hanya akan mengulangi siklus yang sama. Satuan yang digunakan tiap karakteristik dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Satuan yang digunakan Tiap karakteristik

Karakteristik Getaran	Satuan	
	Metrik	British
Perpindahan	microns peak to peak (1 μm = 0.001 mm)	mils peak to peak (0.001 in)
Kecepatan	mm/s	in/s
Percepatan	G (1g = 980 cm/s ²)	G (1g = 5386 in/s ²)
Frekuensi	cpm, cps, Hz	cpm, cps, Hz
Pase	Derajat	Derajat

Gerakan ini disebut periodik dan harmonis, dan hubungan antara perpindahan massa dan waktu dinyatakan dalam bentuk persamaan sinusoidal:

$$X = X_0 \sin \omega t$$

Dimana:

X = perpindahan pada setiap t yang diberikan

X_0 = Perpindahan Maksimum

ω = $2\pi.f$

f = frekuensi

t = detik

Sebagai massa perjalanan naik dan turun, kecepatan perubahan wisata dari nol sampai maksimum. Velocity dapat diperoleh dengan waktu membedakan persamaan perpindahan:

$$velocity = dX dt = X_0 \cdot \omega \cdot \cos \cdot \omega t$$

Demikian pula, percepatan massa juga bervariasi dan dapat diperoleh dengan membedakan persamaan kecepatan:

$$acceleration = d(velocity) dt = X_0 \cdot \omega^2 \cdot \sin \cdot \omega t$$