

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terkait

(Taufana, 2018) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui terjadinya *misalignment* pada komponen transmisi putaran dan bagaimana cara melakukan *alignment* yang benar serta melakukan pengujian *alignment*, metode yang digunakan adalah *double dial indikator rim and face*. Hasil penelitian *pra-alignment* yaitu melakukan pengecekan *soft foot* dengan menggunakan *feeler gauge* pengecekan *run out* yang dilakukan di empat titik pada lingkaran kopling driver dengan penyetingan awal dari pada arah jam 12, 3, 6, dan 9. Setelah melakukan simulasi reposisi pada kopling *driven* perbaikan horizontal dan vertikal dengan perhitungan matematis *rim and face*.

(Chaniago et al., 2023) Penelitian ini adalah untuk menganalisis performa *alignment* pada poros pompa benfield 1107 JB PT. PUSRI untuk menciptakan *alignment* yang benar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *dial indikator dengan metode face and rim*. Alat ukur yang digunakan adalah *dial indikator* dengan detail ketelitiannya sebesar 0.01 mm dengan pengukuran radial dan axial. Hasilnya menunjukkan nilai akhir yang berbeda untuk setiap sudut yang digunakan. Dari selisih nilai yang didapat yaitu pada arah radial sudut 0^0 yaitu 0 mm, sudut 90^0 sebesar 0,07 mm, sudut 180^0 sebesar 0,14 mm, dan sudut 270^0 sebesar 0,07 mm, dan selisih nilai pada arah axial sudut 0^0 sebesar 0 mm, sudut 90^0 sebesar 0,01 mm, sudut 180^0 sebesar 0,01 mm, serta sudut 270^0 sebesar 0 mm menunjukkan bahwa Pompa benfield 1107-JB siap untuk operasikan kembali pada P-IV

(Darto & Sudjarmiko, 2015) Penelitian ini mekanisme proses *alignment* poros mesin rotasi dengan bantuan perangkat lunak *Alignment Quest (AQ)* sebagai pengganti perhitungan manual. Penelitian ini menegaskan bahwa sekitar 70% kerusakan mesin rotasi disebabkan oleh *misalignment*, sehingga diperlukan metode *alignment* yang cepat dan akurat untuk mencegah kerusakan prematur dan downtime produksi. Melalui penerapan metode *reverse dial indicator* yang terintegrasi dengan perangkat lunak, proses *alignment* dapat dilakukan secara lebih efisien karena hasil pengukuran *dial indicator* langsung dikalibrasi dan divisualisasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

penggunaan perangkat lunak alignment secara teknis mempercepat proses alignment, meminimalkan kesalahan perhitungan, serta memungkinkan penentuan koreksi posisi mesin secara langsung, termasuk kebutuhan penambahan shim hingga 2,8 mils pada kaki mesin 1 dan 11,7 mils pada kaki mesin 2, serta pergeseran horizontal mesin sebesar -8,3 mils, sehingga menghasilkan kondisi poros yang selaras dengan tingkat ketelitian tinggi dan mendukung penerapan overhaul maintenance secara efektif bagian Amonia.

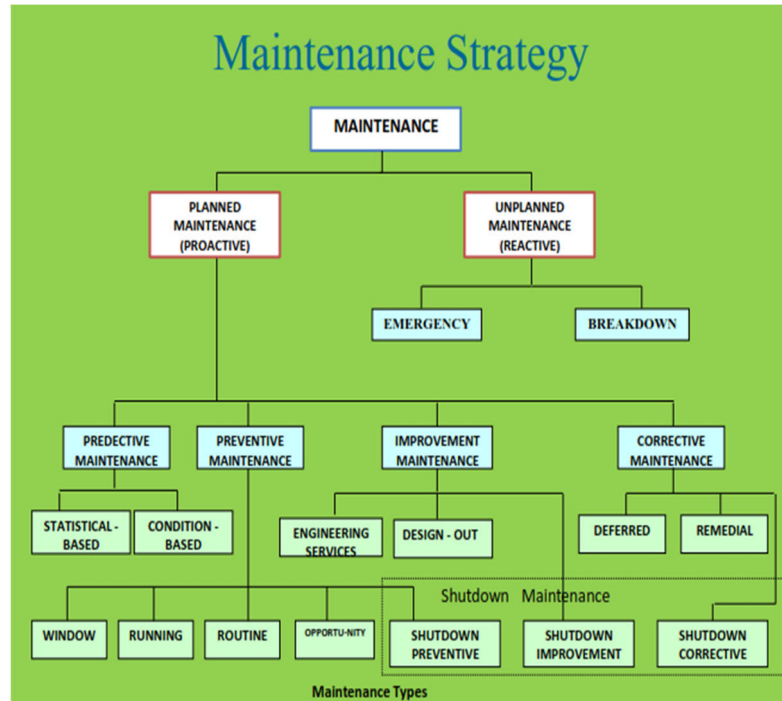
2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan (*Maintenance*) adalah Kombinasi dari berbagai kegiatan teknis dan administrasi, termasuk kegiatan supervisi guna untuk mempertahankan suatu sistem atau komponen sistem atau mengembalikan ke bentuk sesuai fungsi yang diperlukan. Menurut Sofyan Assauri (2004) Tujuan pemeliharaan sebagai berikut:

- a. Menjamin kemampuan produksi agar dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi persyaratan produk serta memastikan kegiatan produksi tidak terganggu.
- c. Membantu mengurangi tingkat pemakaian dan penyimpangan di luar batas yang ditetapkan, serta menjaga modal yang telah diinvestasikan.
- d. Mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin melalui pelaksanaan kegiatan pemeliharaan yang efektif dan efisien.
- e. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
- f. Mewujudkan kerja sama yang erat antara fungsi pemeliharaan dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan, guna mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang optimal dengan total biaya serendah mungkin.

2.2.1.1. Jenis-jenis pemeliharaan pada PLTU



Gambar 2. 1 Jenis-jenis maintenance strategy

a. Run to Failure maintenance (RTF)

Run to Failure maintenance (RTF) merupakan tindakan yang diperlukan terutama perbaikan, penggantian atau rekondisi mesin atau fasilitas setelah terjadi kegagalan.

b. Prefentive Maintenance (PM)

Prefentive Maintenance (PM) merupakan pemeliharaan dilakukan pada interval yang telah ditentukan atau dengan kriteria yang telah ditentukan, dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan/ kerusakan atau penurunan fungsi.

Klasifikasi prefentive maintenance sesuai dengan kegiatannya dapat dibagi menjadi :

- Routine maintenance meliputi kegiatan maintenance secara berkala seperti pelumasan, pembersihan, reparasi komponen kecil serta penggantian

- Running maintenance yang meliputi kegiatan PM yang dilakukan disaat mesin atau peralatan sedang berjalan sebenarnya terjadi kesempatan yang tidak direncanakan maintenance yang terencana sebelum kegiatan PM
 - Opportunity maintenance merupakan serangkaian kegiatan PM disaat ada selama periode kegiatan
 - Window maintenance merupakan serangkaian kegiatan PM dilakukan disaat mesin atau peralatan yang tidak diperlukan untuk jangka waktu tertentu
 - Shutdown overhaul maintenance merupakan kegiatan PM yang dilakukan saat jalur produksi dalam situasi berhenti total
- a. Corrective maintenance (CM)

Corrective maintenance (CM) adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kegagalan/ kerusakan, kegiatan ini dimaksudkan untuk mengembalikan fungsi sesuai yang diperlukan (British Standard 3811:1993)

Jenis – jenis Corrective maintenance meliputi :

- Remedial maintenance merupakan penanganan kerusakan tanpa mengganggu kelangsungan proses produksi .
 - Deferred maintenance pemeliharaan dengan tujuan menunda perbaikan namun tidak mempengaruhi proses produksi
 - Shutdown corrective maintenance merupakan kegiatan korektive ketika suatu produksi dalam situasi berhenti total
- a. Improvement Maintenance (IM)

Tujuan improvement Maintenance adalah untuk mengurangi kebutuhan maintenance.

Jenis-jenis Improvement Maintenance diantaranya:

- Design out maintenance merupakan kegiatan menghilangkan adanya tugas-tugas maintenance dengan cara meningkatkan kinerja mesin atau mendesain ulang mesin terutama pada bagian mesin yang rentan terhadap perbaikan.

- Engineering services meliputi modifikasi konstruksi, reinstalasi dan pengaturan ulang
 - Shutdown improvement maintenance merupakan serangkaian kegiatan perbaikan yang dilakukan sementara lintas produksi berada dalam kondisi berhenti
- b. Predictive Maintenance (PDM)

PDM merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk mendeteksi perubahan kondisi fisik dari suatu peralatan (gejala kerusakan) dalam rangka untuk melaksanakan pekerjaan maintenance yang sesuai. Terdapat dua klasifikasi metode PDM untuk mendeteksi kerusakan diantaranya :

- Condition base predictive maintenance Tergantung pada kontinuitas atau monitoring kondisi yang dilakukan secara periodik terhadap peralatan untuk mendeteksi adanya gejala kerusakan
- Statistical base predictive maintenance Tergantung pada data statistik dari ketelitian rekaman terjadinya down time atau kerusakan pada komponen sistem untuk mengembangkan model dalam memprediksi kegagalan.

2.2.1.2. Overhaul (Periodic Inspection) PLTU

Overhaul (Periodic Inspection) adalah proses perawatan terjadwal dan komprehensif di mana suatu mesin atau peralatan dibongkar secara menyeluruh, kemudian dibersihkan, diperiksa, diperbaiki atau diganti komponennya, dan dirakit kembali. Dalam manajemen aset, overhaul termasuk dalam servis berat (major service) yang bertujuan mengembalikan fungsi, keandalan, dan performa aset seperti peralatan produksi, kendaraan operasional, atau alat berat mendekati kondisi awal atau standar desainnya. Tipe Periodic Inspection Inspection pada PLTU meliputi

- a. First Inspection (FI) atau First Year Inspection (FYI) merupakan Pemeliharaan periodik yang dilaksanakan satu tahun setelah COD (Commercial Operation

Date) dan masih menjadi tanggung jawab kontraktor EPC serta manufaktur terkait dengan masa garansi.

- b. Simple Inspection (SI) merupakan Pemeliharaan periodik yang difokuskan pada pembersihan peralatan yang menyebabkan penurunan efisiensi.
- c. Mean Inspection (ME) merupakan Pemeliharaan periodik yang difokuskan pada peralatan Steam Generator dan Auxiliary.
- d. Serious Inspection (SE) atau Major Inspection (MI) merupakan Pemeliharaan periodik yang dikhususkan untuk pemeriksaan Turbin Uap.

Siklus pada periodic inspection pada Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) khususnya berjenis boiler coal fired boiler (CFB) adalah sebagai berikut:

- a. Pembangkit yang sudah melakukan First Inspection

Urutan siklusnya sebagai berikut:

SI → ME → SI → SE

- b. Pembangkit yang belum melakukan First Inspection

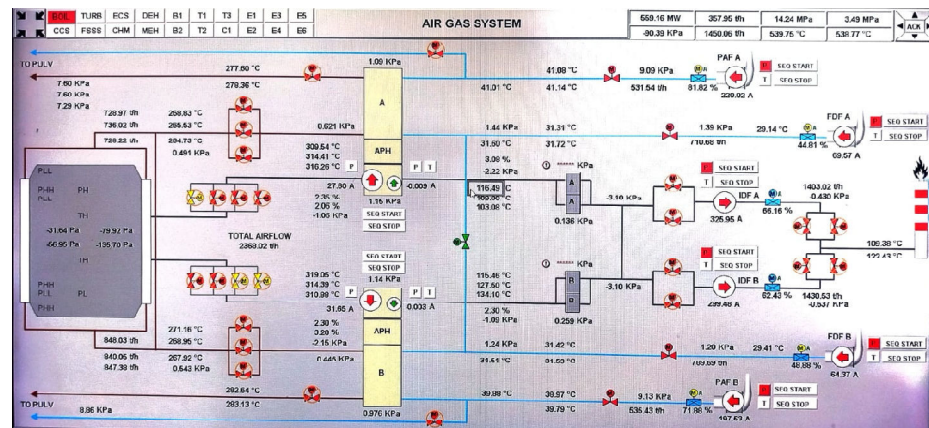
Urutan siklus sebagai berikut:

FI → SE → SI → ME → SI → SE

2.2.2. Sistem Udara Pembakaran pada Boiler PLTU Banten 1 Suralaya

Sistem udara pembakaran berfungsi menyiapkan udara yang akan digunakan untuk pembakaran di dalam ruang bakar (*furnace*) boiler. Prinsip dasar terjadinya pembakaran adalah segitiga api, dimana segitiga api ini terjadi bila ada tiga komponen, yaitu bahan bakar, panas dan udara. Dalam pembahasan ini, udara pembakaran disiapkan dengan pemanasan awal, tujuannya untuk mendapatkan proses pembakaran yang cepat dan sempurna. System udara pembakaran pada boiler terdiri dari system udara pembakaran skunder (*Secondary Air System*), sistem udara pembakaran primer (*Primary Air System*), dan Sistem Gas Buang (*Flue Gas System*). (*Analisa Kapasitas ForceDraft Fan Dengan Bahan Bakar Batubara Kualitas Rendah.Pdf*, n.d.)

Sistem udara pembakaran sekunder adalah sistem yang menyediakan udara tambahan (*secondary air*) ke dalam ruang bakar (*furnace* atau *combustion chamber*) setelah udara primer, dengan tujuan untuk menyempurnakan proses pembakaran bahan bakar.



Gambar 2. 2 Tampilan DCS Air Gas System PLTU Banten 1 Suralaya

Udara primer (*primary air*) adalah udara pembakaran awal yang digunakan untuk mengangkut bahan bakar (terutama batu bara halus) dari penggiling batubara (*pulverizer*) ke burner, serta menyediakan sebagian oksigen untuk memulai proses pembakaran di ruang bakar (*furnace*). Sistem udara sekunder terdiri dari *Primary Air Fan* (PA Fan), *Air Pre Heater* (APH), *Secondary Air Damper*, dan *Ducting* sebagai laluan udara.

Sistem udara buang boiler adalah rangkaian peralatan dan saluran (*ducting*) yang berfungsi untuk menangani, mengalirkan, dan membuang gas hasil pembakaran (*flue gas*) dari ruang bakar (*furnace*) menuju cerobong (*stack*). Sistem udara di PLTU Banten 1 Suralaya Melalui *Air Pre Heater* (APH), *Damper*, *Elektrostatic Presipitator* (ESP), *Induce Draft Fan* (ID fan), dan *Stack* (Cerobong asap)

2.2.3. Kopling (*Coupling*)

Kopling adalah komponen untuk mentransmisikan daya mekanik dari satu mesin ke mesin lainnya. Daya tersebut berbentuk torsi mekanik pada kecepatan tertentu atau usaha per satuan waktu. Beberapa fungsi utama coupling antara lain:

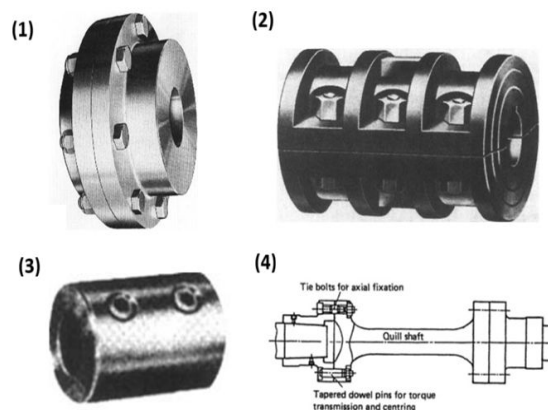
- a. Mentransmisikan daya dari satu poros ke poros lainnya.
- b. Mengkompensasi misalignment kecil (*aksial, radial, atau angular*) antara dua poros.
- c. Menyerap getaran dan kejutan beban yang terjadi selama operasi.
- d. Melindungi komponen mesin dari beban kejut berlebih.
- e. Memudahkan perawatan karena memungkinkan pemisahan mesin tanpa membongkar seluruh sistem transmisi.

2.2.3.1. Klasifikasi Kopling

Ada banyak jenis kopling (*coupling*), secara umum kopling dapat dikelompokkan ke dalam dua kelas utama, yaitu kopling kaku (*rigid coupling*) dan kopling fleksibel (*flexible coupling*).

a. Kopling Kaku (*Rigit Coupling*)

Kopling kaku (*Rigit Coupling*) digunakan ketika kondisi *misalignment* pada shaft hampir tidak ada, sangat kecil, atau ketika peralatan cukup kuat untuk menahan beban reaksi yang timbul akibat usaha kopling kaku menyesuaikan diri terhadap ketidaksejajaran tersebut. Secara umum, kopling ini memungkinkan penyaluran daya dari satu peralatan ke peralatan lainnya. Selain itu, kopling kaku juga memungkinkan penyambungan poros dengan ukuran diameter yang berbeda (Mancuso, 1999).



Gambar 2. 3 Jenis-jenis kopling kaku

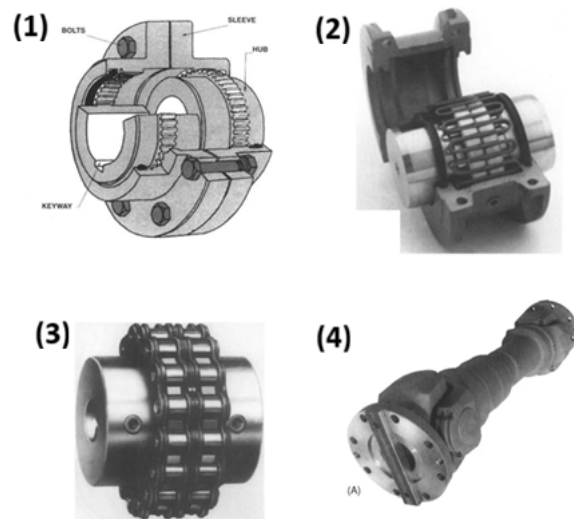
Sumber : (Mancuso, 1999)

Jenis-jenis kopling kaku meliputi:

1. Kopling Kaku Model Flange (*Flanged Rigid Coupling*)
2. Kopling Kaku Berusuk (*Ribbed Rigid Coupling*)
3. Kopling Kaku Selongsong (*Sleeve Rigid Coupling*)
4. Kopling Kaku Poros Quill (*Quill Shaft Rigid Coupling*)

b. Kopling Flexible Mekanis (*Mechanically Flexible Coupling*)

Kopling fleksibel mekanis adalah salah satu jenis kopling fleksibel yang memiliki kemampuan untuk mentransmisikan daya (*power transmission*) dari satu poros ke poros lainnya, mengompensasi ketidaksejajaran (*misalignment*) antara dua poros, dan mengakomodasi pergeseran aksial (*shaft end float*) yang mungkin terjadi selama operasi.



Gambar 2. 4 Mechanically Flexible Coupling

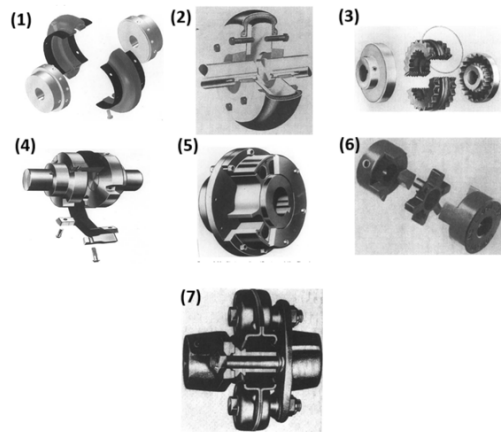
Sumber : (Mancuso, 1999)

Pada dasarnya kopling flexible terbagi dari beberapa type diantaranya:

1. Kopling gear (*Gear Coupling*)
2. Kopling Grid Logam (*Metallic Grid Coupling*)
3. Kopling Rantai (*Chain Couplings*)
4. Universal Joint

c. Kopling Flexible Element Elastomer (*Elastomeric Element Coupling*)

Kopling elemen elastomerik adalah jenis kopling fleksibel yang menggunakan bahan elastomer (karet sintetis, poliuretan, atau bahan serupa) sebagai media peredam getaran dan penyerap kejutan antara dua poros yang berputar.



Gambar 2. 5 Jenis-jenis Elastomeric Element Coupling

Sumber : (Mancuso, 1999)

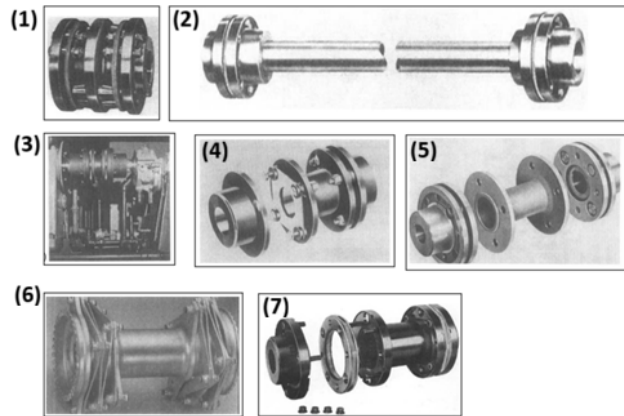
Kopling dengan flexible type elastomer mempunyai jenis dan konstruksi di antaranya:

1. Kopling Ban Urethane (*Urethane Tire Couplings*)
2. Kopling Ban Bertali (*Corded Tire Couplings*)
3. Kopling Donat Elastomerik Tanpa Penjepit (*Elastomeric Donut Couplings – Unclamped*)
4. Kopling Donat Kompresi (*Compression Donut Couplings*)
5. Kopling Blok (*Block Couplings*)
6. Kopling Rahang (*Jaw Couplings*)
7. Kopling Pin dan Bushing (*Pin-and-Bushing Couplings*)

d. Kopling Flexible Elemen Logam (*Disc Couplings*)

Kopling cakram (*disc couplings*) mentransmisikan torsi melalui gaya tarik (*tensile force*) yang bekerja di antara baut penggerak (*driving bolts*) dan baut yang digerakkan (*driven bolts*) yang tersusun pada satu lingkaran baut (*bolt circle*). Ketidaksejajaran (*misalignment*) dapat diakomodasi berkat kelenturan (*fleksibility*) dari panjang material di antara baut-baut tersebut. Cakram (*disc*) biasanya berbentuk *continue* dan memiliki berbagai bentuk seperti lingkaran

(*circular*), persegi (*square*), atau bergelombang (*scalloped*) , dan tautan individual (*link disc coupling*).



Gambar 2. 6 Jenis kopling Elemen Logam (Disc Couplings)

Sumber : (Mancuso, 1999)

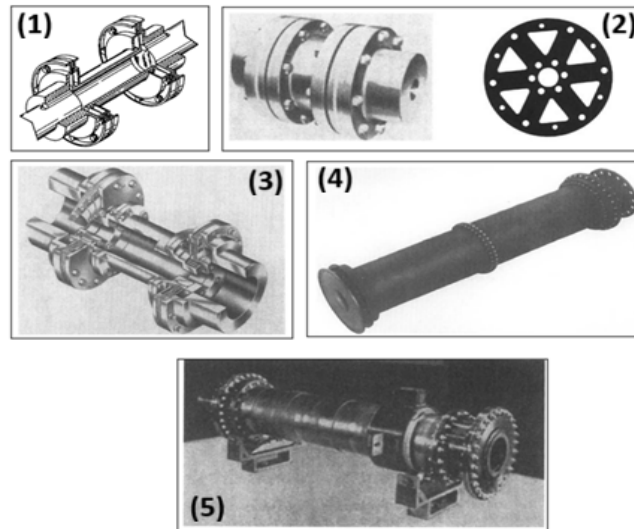
Terdapat berbagai jenis kopling cakram, di antaranya: (Mancuso, 1999)

1. *Closed-couple double flex disc coupling* *Closed-couple double flex disc coupling*
2. *Floating shaft disc coupling* *Floating shaft disc coupling*
3. *Spacer-type disc coupling* dengan *disc pack*.
4. *Spacer disc coupling*
5. *Spacer disc coupling* yang menggunakan tautan individu (*individual links*)
6. *Spacer disc coupling* dengan beberapa cakram persegi
7. *Spacer disc coupling* dengan *unitized pack*

e. Kopling Fleksibel Diafragma (*Diaphragm Couplings*)

Kopling diafragma fleksibel tersedia dalam tiga bentuk dasar diantaranya fleksibilitas kopling ini diperoleh dari bagian bebas (*free span*) antara diameter luar dan diameter dalam dari elemen diafragma. Torsi pada kopling ini ditransmisikan dari bagian diameter luar diafragma ke bagian diameter dalam elemen diafragma. Elemen diafragma dapat memiliki ketebalan konstan atau

ketebalan bervariasi, namun umumnya lebih tebal di bagian diameter kecil dan lebih tipis di bagian diameter besar.



Gambar 2. 7 Jenis Kopling Diafragma Fleksibel

Sumber : (Mancuso, 1999)

Ada beberapa jenis kopling diafragma (*diaphragm coupling*), di antaranya: (Mancuso, 1999)

1. *Tapered Contoured Diaphragm*
2. *Multiple Straight-Spoke Diaphragm*
3. *Multiple Convolute Diaphragm*
4. *Gas Turbine Coupling (One-Piece Contoured Diaphragm Coupling)*
5. *Reduced-Moment Multiple Convolute Diaphragm*

f. Kopling Khusus (*Miscellaneous Couplings*)

Miscellaneous couplings digunakan untuk menyebut berbagai jenis kopling nonstandar atau spesifik aplikasi, yang memiliki fungsi atau desain unik untuk kebutuhan tertentu. Kopling ini biasanya digunakan ketika tipe umum (seperti *flexible disc*, *elastomeric*, atau *gear coupling*) tidak dapat memenuhi persyaratan operasi tertentu, misalnya kebutuhan torsi, suhu, kecepatan, atau

lingkungan kerja ekstrem. Beberapa contoh dari jenis *Miscellaneous Couplings*: (Mancuso, 1999)

1. *The pin-and-bushing coupling*
2. *Offset coupling (Schmidt coupling)*
3. *Tangential spring couplings*
4. *Metallic beam coupling*
5. *Sliding block coupling*

2.2.3.2.Instalasi dan Pemeliharaan Coupling

Langkah-langkah umum pemasangan kopling yang biasanya mencakup *alignment*, pengencangan baut, pelumasan dan inspeksi. Tahapan proses instalasi kopling secara umum sebagai berikut:

a. Tahapan Persiapan

1. Dapatkan dan Pelajari Dokumen

Dapatkan gambar teknis (jika tersedia) dari kopling, serta manual pemasangan dan perawatan dari pabrikan kopling dan/atau pembuat peralatan.

2. Periksa Kelengkapan Komponen

Periksa semua komponen untuk memastikan bahwa seluruh bagian yang dipesan telah diterima dengan lengkap.

3. Perlindungan Saat Penyimpanan

Jika kopling akan disimpan untuk jangka waktu tertentu, pastikan bagian-bagian kopling terlindungi dengan baik.

4. Pembersihan Sebelum Perakitan

5. Pemeriksaan Fisik

Periksa apakah ada gerigi kecil (*burrs*) atau goresan/tonjolan (*nicks*) pada permukaan yang akan dipasang (*mating surfaces*). Jika ada, hilangkan menggunakan batu gosok (*stone*), atau amplas (*sandpaper*).

6. Pengukuran dan Inspeksi Dimensi

Lakukan pengukuran dan pemeriksaan untuk memastikan bahwa semua ukuran sesuai dengan gambar atau spesifikasi pabrikan seperti: ukuran

diameter lubang poros (*Bore dimensions*), ukuran dan posisi alur pasak (*Keyways*), panjang keseluruhan kopling (*Coupling lengths*), jarak antara ujung kedua poros (*Distance Between Shaft Ends* atau DBSE) serta diameter lingkaran baut pengikat, ukuran baut, dan jumlahnya (*Diameter of Bolt Circle* atau DBC) (Mancuso, 1999)

b. Menentukan Prosedure instalasi Hub Kopling

Prosedure pemasangan Hub kopling pada Shaft perlu diperhatikan salah satu factor yaitu suaian antara lubang Hub kopling dan diameter shaft. Ketika nilai suaian pas (*light interference*) kurang dari 0.0005 inci per inci, hub kopling biasanya dapat dipasang tanpa pemanasan. Meskipun pemanasan adalah metode yang paling umum digunakan, dalam kasus interferensi ringan hub sering dapat dipasang hanya dengan mengencangkan mur pengunci atau pelat penahan pada poros. Selain itu, jika interferensi ringan digunakan bersamaan dengan pasak (*key*) dan mur atau pelat penahan, biasanya diberi pelumas ringan seperti gemuk (*grease*) atau senyawa anti-seize pada permukaan antara hub, poros, dan ulir mur atau poros. Tujuannya adalah untuk memudahkan pemasangan dan pelepasan di masa depan, serta mencegah terjadinya goresan (*galling*) pada poros atau lubang hub.

Untuk Suaian pas (*medium Interference*) (0.0005 in./in-0.015 in./in), gaya yang dibutuhkan untuk memasang hub bisa terlalu besar untuk dilakukan secara manual. hub harus dipasang menggunakan pemanasan atau sistem hidrolik untuk suaian paksa (*Heavy interference*) di atas 0.0015 in./in., hub biasanya dipasang dengan pemanasan dan dilepas secara hidrolik. Beberapa pengguna bahkan memilih untuk memasang dan melepas hub sepenuhnya dengan sistem hidrolik untuk menjaga presisi dan menghindari kerusakan. (Mancuso, 1999)

c. Pemasangan Hub Kopling

Poros kopling (*hub*) dipasang sebelum *alignment* dilakukan. Dalam beberapa kasus, hub mungkin sudah dipasang oleh pabrikan peralatan. Berikut ini adalah panduan umum yang direkomendasikan saat memasang poros kopling (*hub*) pada poros peralatan: (Mancuso, 1999)

1. Pasang hub pada poros

Pasang hub ke poros dengan hati-hati, pastikan bahwa setiap bagian terpasang dengan benar, tidak ada bagian tajam (*burr*), dan semua permukaan bersih. Gunakan alat ukur kedalaman (*depth gauge*) atau *dial indicator* untuk mengukur dan mencatat pembacaan awal (posisi awal hub pada poros).

2. Pasang hub kopling dengan menggunakan bantuan hidrolik *press tools* atau pemanas

Jika akan menggunakan bantuan hidrolik (*hydraulic assist*) untuk pemasangan lepaskan hub terlebih dahulu, lalu lumasi bagian *bore* (lubang dalam hub) atau poros. Jika tidak menggunakan metode hidrolik, maka panaskan hub di dalam oli pemanas atau oven sebelum pemasangan.

3. Pasang hub dan dorong sesuai jarak yang diperlukan

Setelah hub siap, pasang hub ke poros dan dorong sejauh jarak atau kedalaman yang disyaratkan sesuai dengan spesifikasi pemasangan dari pabrikan atau desain peralatan.

4. Kencangkan mur poros dengan benar dan kunci posisinya.

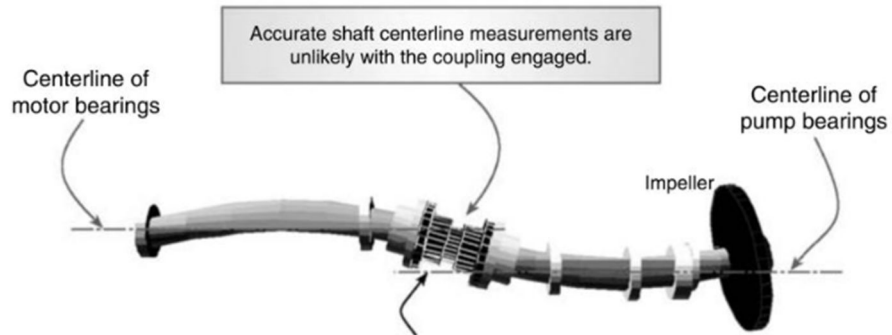
Setelah hub terpasang di poros, mur poros (*shaft nut*) harus dikencangkan dengan benar agar posisi hub tidak berubah. Proses penguncian (*locking*) dilakukan menggunakan ring pengunci dengan lidah (*tab washer*) atau sekrup pengunci (*setscrew*) untuk mencegah mur berputar atau longgar selama pengoperasian.

2.2.4. Alignment Kopling (Coupling Shaft Alignment)

2.2.4.1. Pengertian Alignment dan Misalignment

Coupling shaft alignment terjadi ketika sumbu perputaran dari dua (atau lebih) poros atau *coupling* mesin segaris satu dengan yang lain, terutama saat dioperasikan. Sedangkan *misalignment* adalah perbedaan posisi poros relatif

terhadap sebuah sumbu kolinier perputaran diukur dari titik perpindahan tenaga pada saat kondisi mesin beroperasi secara normal.



Gambar 2. 8 Gambaran misalignment pada shaft motor dan pompa

Sumber : (Piotrowski, 2006)

Akibat yang ditimbulkan dari misalignment pada komponen mesin diantaranya:

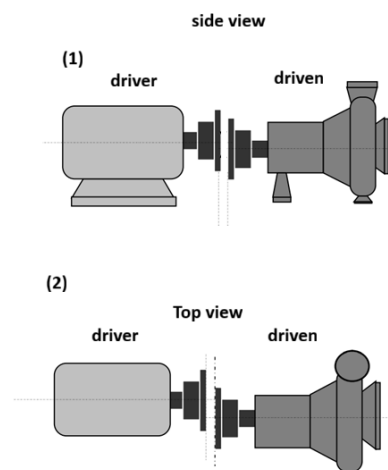
1. Kegagalan *bearing*, *seal*, poros, atau kopling yang terjadi lebih cepat dari seharusnya (*premature failure*).
2. Suhu yang meningkat pada atau di dekat bantalan, atau suhu oli pelumas yang keluar terlalu tinggi.
3. Kebocoran *seal* pelumas *bearing*
4. Beberapa jenis kopling *fleksibel* akan menunjukkan suhu lebih tinggi dari normal saat terjadi misalignment.
5. Terjadi keausan (*wear*) pada kopling secara cepat.
6. Poros patah atau terjadi keretakan dekat *inboard bearing* atau hub kopling.
7. *Loseness* pada baut pondasi yang kendur, yang biasanya disebabkan oleh kondisi *soft foot*, semakin diperparah oleh *misalignment*.
8. Terjadi pengendoran baut kopling atau patah. Hal ini sering terjadi karena torsi pengencangan (*torque*) yang tidak tepat pada baut kopling, dan diperburuk oleh kondisi *misalignment*. (Mancuso, 1999)

2.2.4.2. Jenis-jenis misalignment pada kopling shaft

Misalignment menggambarkan kondisi *alignment* koping shaft mesin dalam bentuk *angularity* (*misalignment* sudut) dan *offset* (*misalignment* pada posisi sejajar) baik dalam arah horizontal (tampak atas) maupun vertikal (tampak samping).

1. *Offset (Parallel) Misalignment*

Offset (Parallel) misalignment terjadi ketika sumbu shaft kopling penggerak dan yang digerakan sejajar tetapi tidak segaris jika dilihat dari sisi atas maupun dari samping. *Horizontal parallel misalignment* terjadi jika dilihat dari atas kedua sumbu mesin sejajar tetapi tidak segaris atau *offset*. *Vertical parallel misalignment* Jika dilihat dari samping kedua sumbu mesin tampak sejajar, tetapi tidak segaris atau disebut *offset*.

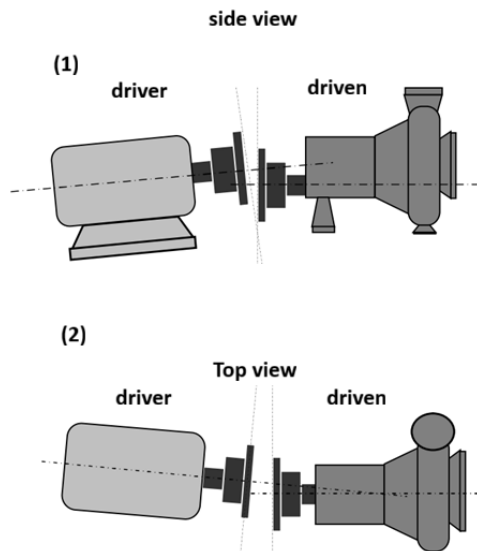


Gambar 2. 9 (1) Vertical parallel misalignment dan (2) Horizontal parallel misalignment

Sumber : (Piotrowski, 2006)

2. *Angular misalignment*

Angular misalignment terjadi ketika kedua sumbu shaft kopling membentuk sudut (*angularity*). *Vertical angular misalignment* jika sudut ketidaklurusan antar kopling terlihat dari sisi samping, dan lurus ketika dilihat dari atas. *Horizontal angular misalignment* terjadi jika sudut ketidaklurusan terlihat dari sisi atas dan terlihat lurus jika dilihat dari samping.



Gambar 2. 10 (1) Vertical angular misalignment dan (2) Horizontal angular misalignment

Sumber : (Piotrowski, 2006)

3. *Angular dan Offset Misalignment*

Angular dan *offset misalignment* terjadi jika sumbu shaft kopling penggerak dan yang digerakkan tidak segaris dan membentuk sudut pada bidang vertical dan bidang horizontal jika dilihat dari samping maupun atas.

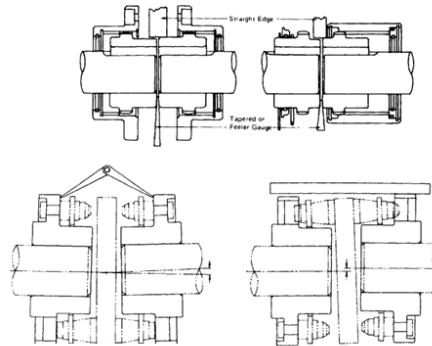
2.2.4.3. Metode Alignment

Dalam proses *alignment* dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya:

1. Metode pengukuran *misalignment* menggunakan *straightedge*, *feeler gauge*, dan *caliper*

Metode menggunakan *straightedge* (mistal) merupakan cara paling sederhana untuk melakukan *alignment* kopling dengan dibantu dengan satu set *feeler gauge* dan/atau *caliper* . untuk mengukur *offset misalignment* diukur dengan meletakkan mistar pada salah satu hub (menggunakan diameter yang

sama) dan mengukur celah antara mistar dan hub lainnya. Biasanya celah tersebut diukur menggunakan *feeler gauge*.



Gambar 2. 11 Metode alignment dengan straightedge dan jangka sorong

Sumber : (Piotrowski, 2006)

Nilai *offset* ini juga menghasilkan *angular misalignment*, yang dapat dihitung dengan formula:

$$a = \tan^{-1} \left(\frac{E}{L} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

a = sudut *misalignment* (derajat)

E = nilai gap pengukuran *straightedge* (inch)

L = Diameter Kopling (inch)

Pada *angular misalignment* diukur dengan mengambil ukuran celah maksimum (antara kedua hub) dan celah minimum (180° berlawanan) secara langsung dengan *feeler gauge* pada kopling jarak dekat (*close-coupled*), atau menggunakan *caliper* jika jarak antar hub cukup lebar. Rumus sudut *angular misalignment* adalah:

$$\tan a = \frac{t_1 - t_2}{D} \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana:

a = sudut *misalignment* (derajat)

t_1 = celah maksimum (inch)

t_2 = celah minimum (berlawanan 180°) (inch)

D = diameter pengukuran pada kopling (inch)

Kelebihan penggunaan Metode Straight Edge dan Feeler Gauge meliputi :

- a. Metode paling sederhana dan mudah diaplikasikan di lapangan.
- b. Tidak memerlukan peralatan khusus sehingga biaya implementasi rendah.
- c. Cocok digunakan sebagai pemeriksaan awal (*rough alignment*) sebelum dilakukan alignment presisi.

Kekurangan penggunaan Metode Straight Edge dan Feeler Gauge meliputi :

- a. Akurasi rendah dan hanya mampu mendeteksi *parallel misalignment* secara terbatas.
- b. Tidak mampu mengukur *angular misalignment* secara presisi.
- c. Sangat bergantung pada pengalaman dan subjektivitas operator.
- d. Tidak direkomendasikan untuk mesin berkecepatan tinggi, mesin besar, atau sistem dengan long shaft seperti boiler fan.

2. Metode *Dial Indicator*

Metode yang paling umum digunakan untuk melakukan *alignment* pada kopling *fleksibel* adalah dengan menggunakan *dial indicator*, mistar (*ruler*), jangka sorong (*vernier*), atau mikrometer. *Dial indicator* dipasang pada salah

satu atau kedua hub dengan cara dijepit, ditempel magnet, atau dibaut. Cara penjepitan dan kekakuan (*rigidity*) pada pemasangan harus diperhatikan. Pemasangan yang terlalu tipis atau tidak kaku dapat memberikan pembacaan yang salah. Untuk mendapatkan gambaran yang akurat mengenai *misalignment*, *dial indicator* di letakkan pada salah satu kopling pada sisi *driver* atau *driven*. (Piotrowski, 2006)

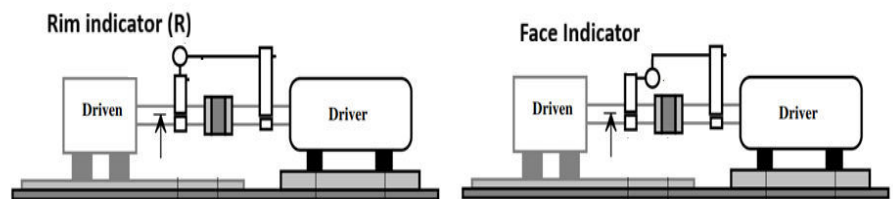
Berdasarkan peletakan *dial indicator* pada kopling *driven* atau *driver*, metode *dial indicator* di bagi menjadi 2, yaitu *Rim indicator* (R) dan *Face indicator* (F).

1. *Rim Indicator* (R)

Rim indicator merupakan pembacaan dial indicator dilakukan dengan cara memutar poros, dan poros indikator (batang *dial indicator*) harus diposisikan tegak lurus (*perpendicular*) terhadap garis tengah poros (*shaft centerline*).

2. *Face Indicator* (F)

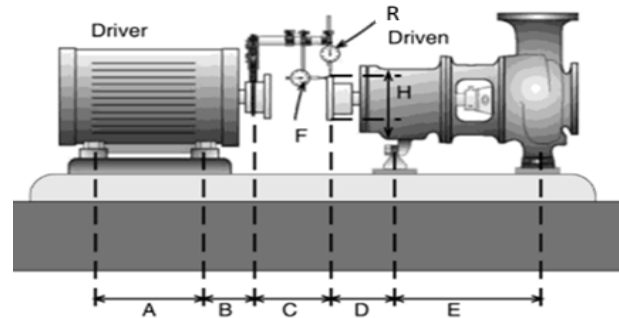
Face indicator merupakan pembacaan yang diperoleh dengan *dial indicator* dilakukan saat kedua poros diputar, dan batang *dial indicator* (*dial indicator stem*) diposisikan sejajar (*parallel*) dengan garis tengah poros (*shaft centerline*).



Gambar 2. 12 Posisi dial indicator terhadap coupling

3. Rim and face dial indicator

Pembacaan *dial indicator* pada posisi *rim* dan *face* secara bersamaan pada dua lokasi untuk setiap bidang *alignment*, yaitu bagian atas dan bawah untuk bidang vertical dan bagian kiri dan kanan untuk bidang horizontal.



Gambar 2. 13 Posisi dial indicator kombinasi rim dan face

Sumber : (Piotrowski, 2006)

Rumus perhitungan koreksi (*Face–Rim Method Mathematics*)

Untuk *driver* (penggerak)

$$\text{Inboard feet (kaki bagian dalam driver)} = \frac{F(B+C)}{H} - (Y) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Outboard feet (kaki bagian luar driver)} = \frac{F(A+B+C)}{H} - (Y) \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk *driven* (yang digerakkan)

$$\text{Inboard feet (kaki bagian dalam driven)} = \frac{F \times D}{H} + (Y) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{Outboard feet (kaki bagian luar driven)} = \frac{F(D+E)}{H} + (Y) \dots\dots\dots (2.6)$$

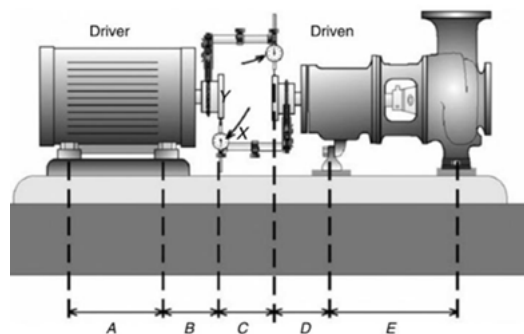
A, B, C, D, E = jarak antar titik pengukuran (dalam inci)

- H = diameter pembacaan muka (*face*) kopling (dalam inci).
- F = perbedaan pembacaan *face dial* antara atas–bawah atau sisi–sisi (dalam mils/0.001 inci).
- R = setengah dari perbedaan pembacaan *rim dial* antara atas–bawah atau sisi–sisi (dalam mils).

Dimana :

4. Double Rim Dial

Pembacaan *dial indicator* pada posisi *rim*, dengan *double dial* pada posisi berlawanan (pada 0^0 dan 180^0) kemudian diputar secara bersamaan.



Gambar 2. 14 Posisi reverse double rim dial

Sumber :(Piotrowski, 2006)

Rumus-rumus berikut digunakan untuk menghitung jumlah *shim* (pelat penyesuai) atau perpindahan (dalam mils) yang harus ditambahkan atau dikurangi pada setiap kaki mesin baik secara vertikal maupun horizontal.

Untuk Mesin Penggerak (*Driver*)

$$\text{Kaki bagian dalam (inboard feet)} = \frac{(B+C)(X+Y)}{C} - Y \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Kaki bagian luar (outboard feet)} = \frac{(A+B+C)(X+Y)}{C} - Y \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk mesin yang digerakkan (*Driven*)

$$\text{Kaki bagian dalam (inboard feet)} = \frac{(C+D)(X+Y)}{C} - X \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Kaki bagian luar (outboard feet)} = \frac{(C+D+E)(X+Y)}{C} - X \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

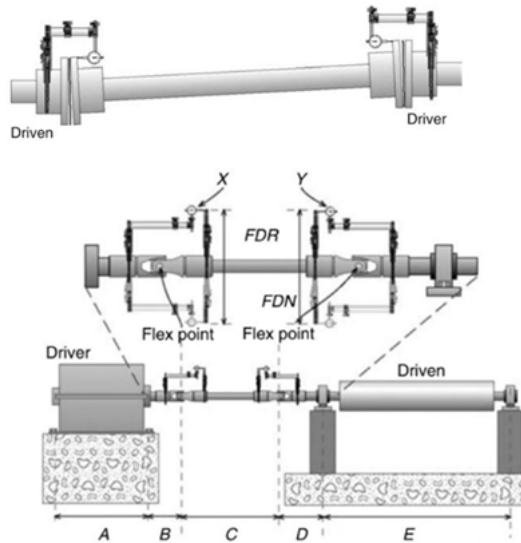
A, B, C, D, E = Nilai Jarak antar titik (inch)

X = 0.5 x perbedaan pembacaan rim dial X sisi atas dan bawah (mils)

Y = 0.5 x perbedaan pembacaan rim dial Y sisi atas dan bawah (mils)

5. *Double Face dial indicator*

Teknik *double face coupling* dilakukan dengan mengukur sudut antara garis tengah tiap poros dan garis tengah spool kopling (juga dikenal sebagai *jackshaft* atau *driveshaft*), hanya saja pada metode ini sudut diukur pada permukaan *face coupling* kemudian diputar perlahan dilakukan pembacaan setiap sudut 90⁰ (arah jam 0-3-6-9). Spool kopling tetap terpasang utuh (yaitu tetap terhubung ke poros) selama prosedur ini berlangsung. *Bracket* dapat dijepit pada poros ataupun pada spool kopling. Meskipun dalam contoh ini digunakan *bracket* dan *dial indicator* untuk mengambil pembacaan pada permukaan *face*, pengukuran yang sama juga dapat dilakukan menggunakan *feeler gauge* pada empat titik.



Gambar 2. 15 Double face dial indicator

Sumber : (Piotrowski, 2006)

Rumus berikut digunakan untuk menghitung jumlah koreksi pada setiap kaki mesin berdasarkan hasil pengukuran (X dan Y) dan jarak (A-E).

Untuk Mesin Penggerak (*Driver*)

$$\text{Kaki dalam (Inboard feet)} = \left(\frac{B+C}{FDR} \right) Y - B \left(\frac{X}{FDR} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Kaki luar (Outboard feet)} = \left(\frac{A+B+C}{FDR} \right) Y - (A + B) \left(\frac{X}{FDR} \right) \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk Mesin yang Digerakkan (*Driven*)

$$\text{Kaki dalam (Inboard feet)} = (B + C + D) \left(\frac{X}{FDR} \right) + D \left(\frac{Y}{FDR} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Kaki luar (Outboard feet)} = (B + C + D + E) \left(\frac{X}{FDR} \right) + (D + E) \left(\frac{Y}{FDR} \right) (2.14)$$

Dimana :

A, B, C, D, E = Jarak antar titik yang ditunjukkan (inci).

FDR	= <i>Flexible Drive Rotor</i> atau Diameter tempat pembacaan muka (<i>face reading</i>) diambil pada sisi penggerak (<i>driver</i>) (inch)
FDN	= <i>Flexible Driven Rotor</i> atau Diameter tempat pembacaan muka diambil pada sisi yang digerakkan (<i>driven</i>) (inch)
X	= Perbedaan pembacaan muka dari poros penggerak ke kopling (<i>top-bottom</i> atau <i>side-side</i>) (mils)
Y	= Perbedaan pembacaan muka dari poros yang digerakkan ke kopling (mils)

Kelebihan menggunakan Metode Dial Indicator (Single / Double Face Dial Indicator) meliputi :

- Memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode straight edge.
- Mampu mengukur *offset* dan *angular misalignment* secara kuantitatif.
- Biaya relatif lebih rendah dibandingkan metode laser alignment.
- Banyak digunakan pada mesin industri besar dan berat.

Kekurangan menggunakan Metode Dial Indicator (Single / Double Face Dial Indicator) meliputi :

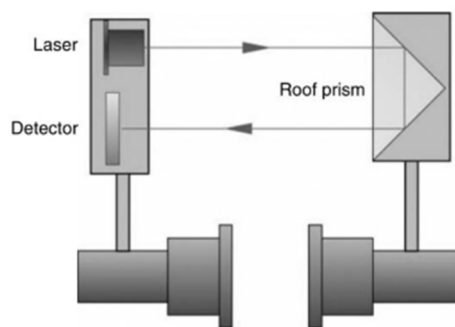
- Proses koreksi masih sering dilakukan dengan pendekatan **trial and error**.
- Membutuhkan waktu pengerjaan lebih lama, terutama untuk sistem dengan konfigurasi kompleks.
- Sensitif terhadap kesalahan pembacaan, runout, dan kesalahan pemasangan alat ukur.
- Membutuhkan operator yang berpengalaman untuk memperoleh hasil yang akurat.

d. Metode *Laser alignment*

Sistem pengukuran *shaft alignment* berbasis laser menggunakan pendekatan berbeda-beda dalam penggunaan laser dan detektor untuk mengukur posisi poros. Pendekatan laser alignment diantaranya :

1. Pendekatan prinsip dasar refleksi berkas laser (*single laser-roof prism methode*)

Pendekatan prinsip dasar refleksi berkas laser dengan sebuah laser dipasang pada salah satu poros dan memancarkan berkas cahaya ke sebuah roof prism yang dipasang pada poros lainnya. Berkas tersebut dipantulkan kembali pada sudut 180° dan diterima oleh target fotodiode (*photodiode detector*). Posisi berkas disejajarkan pada posisi jam 12 dengan menggeser *roof prism* ke atas atau ke bawah pada batang penyangga. Lalu dimiringkan secara horizontal agar berkas pantulan tepat pada pusat target fotodiode.



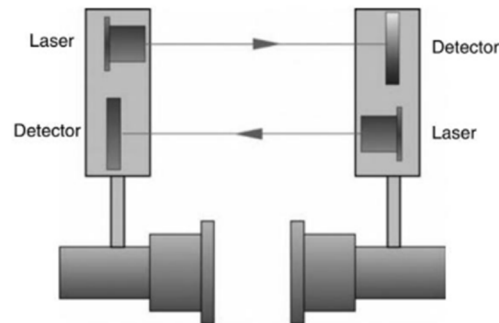
Gambar 2. 16 Pendekatan single laser-roof prism methode

Sumber : (Piotrowski, 2006)

2. Metode *dual beam–dual detector*.

Metode *dual beam–dual detector* dilakukan dengan satu unit *laser–detektor* dipasang pada poros pertama, dengan laser menghadap ke atas dan detektor menghadap ke bawah. Kemudian Unit *laser–detektor* lainnya dipasang

pada poros kedua, dengan laser menghadap ke bawah dan detektor menghadap ke atas. Setiap berkas laser diposisikan tepat di tengah target fotodioda lawannya dengan cara mengatur pitching (naik-turun) dan sudut kiri-kanan menggunakan sekrup penyetel.

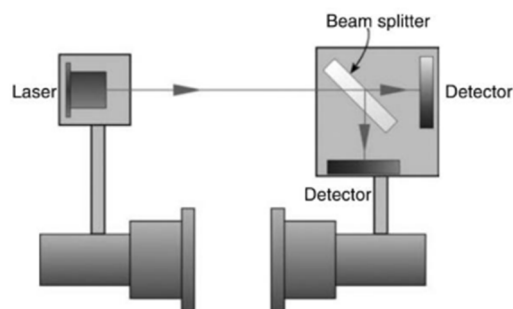


Gambar 2. 17 Metode dual beam–dual detector

Sumber : (Piotrowski, 2006)

3. Metode *single beam-dual detector using beam splitter*

Metode ini menunjukkan sebuah sistem di mana satu laser diarahkan ke pemisah berkas (*beam splitter*), di mana sebagian cahaya diteruskan langsung ke satu fotodioda dan sisanya dipantulkan pada sudut 90° ke fotodioda lainnya.



Gambar 2. 18 Metode single beam-dual detector using beam splitter

Sumber : (Piotrowski, 2006)

Kelebihan menggunakan metode laser alignment

- a. Memiliki akurasi dan presisi paling tinggi dibandingkan metode lainnya.
- b. Proses pengukuran dan perhitungan koreksi dilakukan secara otomatis oleh sistem.
- c. Waktu pengerjaan relatif lebih singkat dan efisien.
- d. Mampu mengurangi kesalahan manusia (*human error*).
- e. Sangat cocok untuk mesin besar, dan berkecepatan tinggi.

Kekurangan menggunakan metode laser alignment

- a. Biaya investasi peralatan relatif mahal.
- b. Membutuhkan pelatihan khusus bagi operator.
- c. Ketergantungan pada kondisi lingkungan (getaran sekitar, cahaya, dan stabilitas pemasangan sensor).
- d. Tidak selalu tersedia di semua unit atau fasilitas industri.

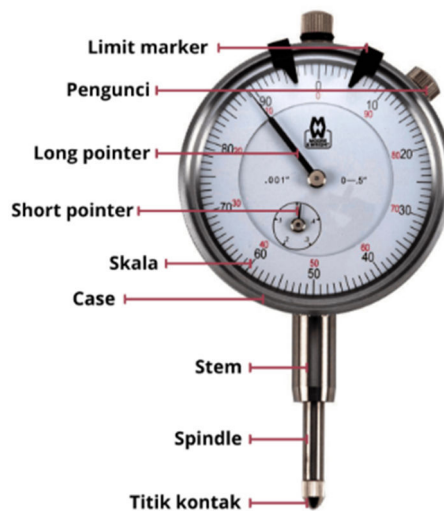
2.2.3.4. Tools dan Material Alignment

Tools merupakan alat yang digunakan untuk proses alignment yang meliputi alat umum (*common tools*) seperti kunci ring pas, kunci momen serta alat ukur yang meliputi *dial indicator*, jangka sorong, dan *micrometer*. Sedangkan material merupakan bahan atau *consumable* yang digunakan untuk dibutuhkan saat proses *alignment* seperti *shim plate*.

1. Dial Indicator

Dial indicator merupakan alat yang berguna untuk mengukur penyimpangan secara teliti. Biasanya ketelitian *dial indicator* antara 0.01 mm hingga 0.001 mm. Cara kerja *dial indikator* ketika titik kontak *dial indicator* menyentuh permukaan yang akan diukur maka jarum kecil (*short pinter*) dan jarum panjang (*long pointer*) akan bergerak, ketika jarum bergerak searah jarum

jam maka permukaan yang diukur menunjukkan kontur yang tinggi, sedangkan jika jarum bergerak berlawanan jarum jam maka permukaan yang diukur mempunyai kontur rendah. Nominal tinggi rendahnya kontur permukaan yang diukur ditunjukkan dari jumlah skala yang dilewati jarum dial. Dial indicator dapat mengukur ketidakrataan, kebulatan, kebengkokan, dan kesejajaran.



Gambar 2. 19 Bagian dial indicator

Sumber: <https://www.lfc.co.id/blog/detail/dial-gauge-indicator>

2. *Feeler gauge*

Feeler gauge merupakan plat tipis yang dapat digunakan untuk mengukur celah atau *gap*. *Feeler gauge* terdiri dari beberapa plat tipis dengan berbagai ukuran dari 0.01 hingga 2 mm. Penggunaan *feeler gauge* dengan memasukkan plat pada celah yang akan diukur, kemudian membandingkan dengan nominal yang tertera pada lembaran plat *feeler gauge*.

3. *Micrometer skrup*

Micrometer skrup berfungsi untuk mengukur kedalaman, ketebalan, diameter, atau panjang dari benda yang relatif kecil dengan ketelitian hingga 0.01 mm.

4. Jangka Sorong

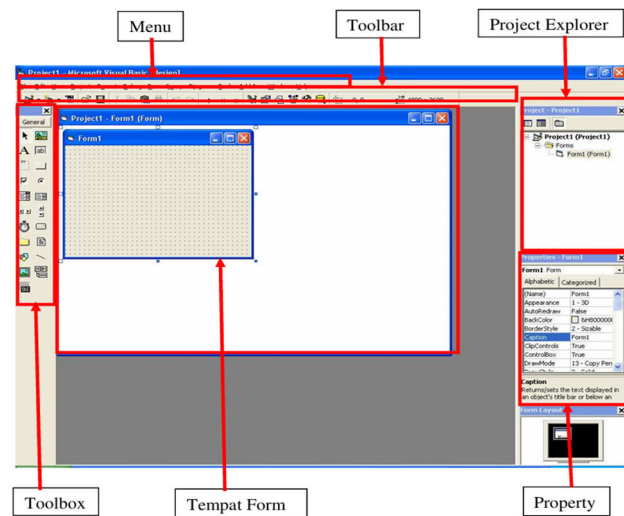
Jangka sorong merupakan alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur kedalaman, ketebalan, diameter, atau panjang dari benda yang relatif lebih besar dibandingkan dengan micrometer skrup dengan ketelitian hingga 0.02 mm.

5. *Shim plate*

Shim plate merupakan lembaran plat logam yang berguna untuk membantu menyesuaikan ketinggian, kerataan, dan mengisi celah pada komponen mesin. Pada proses *alignment shim plate* dapat berguna untuk menyesuaikan ketinggian *driver* atau *driven*. Ketebalan *shim plate* bervariasi dari 0.05 – 3 mm, dan biasanya terbuat dari material tahan karat seperti stainless SUS 304 atau 316.

2.2.5. Software Visual Basic Studio

Visual Basic adalah bahasa pemrograman berbasis visual yang dikembangkan oleh Microsoft untuk membangun aplikasi desktop berbasis Windows. Disebut visual karena pengembang dapat merancang antarmuka program secara grafis menggunakan form dan kontrol tanpa harus menulis seluruh kode dari awal. Konsep utama Visual Basic adalah event-driven programming, yaitu alur eksekusi program ditentukan oleh kejadian (event) yang dilakukan pengguna atau sistem. Contoh event pada Visual basic meliputi Klik tombol (Click), Perubahan isi textbox (Change), Form dibuka (Load), Penekanan keyboard (KeyPress). Program akan menjalankan kode tertentu hanya ketika event terjadi, bukan berjalan secara berurutan dari awal sampai akhir.



Gambar 2. 20 Tampilan Software Visual Basic 6.0

Bagian dari Visual basic meliputi :

a. Form sebagai Antarmuka Program

Form merupakan jendela utama aplikasi yang berfungsi sebagai Media interaksi pengguna dan Tempat meletakkan kontrol (komponen GUI), Form dapat berisi berbagai kontrol seperti tombol, textbox, label, dan gambar untuk membentuk tampilan aplikasi.

b. Control (Komponen Antarmuka)

Control adalah objek yang ditempatkan pada form untuk menerima input atau menampilkan output. Contoh control yang memiliki properties, methods, dan events adalah sebagai berikut :

1. TextBox merupakan item control yang dapat berguna sebagai input/output data
2. CommandButton merupakan item control untuk menjalankan perintah
3. Label dapat berguna untuk menampilkan teks
4. OptionButton / CheckBox item control yang dapat berguna sebagai pilihan logika
5. Image / PictureBox sebagai tempat tampilan grafis

c. Properties, Methods, dan Events

Properties, Methods, dan Events terdapat pada Setiap objek dalam Visual Basic:

1. Properties merupakan karakteristik objek (misalnya Text, Name, Visible)
2. Methods merupakan aksi yang dapat dilakukan objek (misalnya Move, SetFocus)
3. Events merupakan kejadian yang dapat memicu kode program (misalnya Click)

2.2.6. Analisa Vibrasi

Vibrasi merupakan Gerak osilasi suatu sistem mekanik di sekitar posisi keseimbangannya akibat adanya pertukaran energi antara energi kinetik dan energi potensial elastik. Vibrasi disebabkan oleh adanya gangguan awal atau gaya eksitasi yang bekerja pada sistem bermassa dan berkekakuan tertentu, di mana respons dinamis sistem dipengaruhi oleh sifat inersia, kekakuan, redaman, serta kemungkinan terjadinya resonansi. Vibrasi dapat diklasifikasikan menjadi vibrasi bebas dan paksa, vibrasi teredam dan tidak teredam, vibrasi harmonik, vibrasi akibat eksitasi dasar, serta vibrasi sistem satu dan banyak derajat kebebasan, yang masing-masing dibedakan berdasarkan sumber eksitasi dan respons dinamis sistem.

Penyebab vibrasi mesin berputar dapat dilakukan melalui analisis spectrum frekuensi, di mana setiap kondisi kerusakan seperti unbalance, misalignment, kelonggaran mekanis, kerusakan bearing, kerusakan gear, gesekan, dan gangguan listrik memiliki pola spectrum khas yang dapat digunakan sebagai dasar diagnosis kondisi mesin. Besaran vibrasi dinyatakan dalam displacement, velocity, dan acceleration. Velocity RMS (mm/s) merupakan parameter utama untuk menilai tingkat keparahan vibrasi mesin, sedangkan acceleration digunakan untuk mendeteksi kerusakan frekuensi tinggi seperti bearing, dan displacement digunakan untuk vibrasi frekuensi rendah pada mesin berukuran besar. (Hu, 2022)

Batasan nilai vibrasi mesin berputar umumnya mengacu pada standar ISO 10816 dan ISO 20816-3 yang menilai tingkat keparahan vibrasi berdasarkan parameter kecepatan getar (velocity RMS). Kecepatan getar (*vibration velocity*) dinilai cukup untuk merepresentasikan batas zona vibrasi pada berbagai jenis mesin dan rentang kecepatan operasi. Oleh karena itu, parameter utama yang digunakan dalam evaluasi vibrasi adalah nilai kecepatan getar r.m.s. secara keseluruhan.

Klasifikasi zona tingkat keparahan vibrasi untuk mesin berukuran besar dengan daya terpasang di atas 300 kW; termasuk mesin listrik dengan tinggi poros (shaft height) $H \geq 315$ mm, dengan jenis Mesin dengan Penyangga Kaku (Rigid Support) dan Support Flexible adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Klasifikasi zona tingkat keparahan vibrasi untuk mesin berukuran besar dengan daya terpasang di atas 300 kW

Kelas Penyangga	Batas Zona	Displacement RMS (μm)	Velocity RMS (mm/s)
Rigid	A / B	29	2,3
Rigid	B / C	57	4,5
Rigid	C / D	90	7,1
Flexible	A / B	45	3,5
Flexible	B / C	90	7,1
Flexible	C / D	140	11,0

Keterangan Zona

Zona A : Kondisi sangat baik (acceptable)

Zona B : Layak untuk operasi jangka panjang

Zona C : Tidak layak untuk operasi terus-menerus (perlu tindakan korektif)

Zona D : Tidak dapat diterima (berisiko kerusakan)