

Analisis Kerusakan pada Rotor Pompa Sentrifugal G-1-12-C di PT X

Alvera Apridialianti Melkias^{1*}, Indriyani¹, Fachry Fadian¹

¹Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kab Bandung Barat, Jawa Barat

E-mail: alveramelkias@polban.ac.id*

Abstract

Damage to a tool can cause the production process to stop and cause downtime. Preventing damage to equipment is by managing the maintenance process. This process includes preventive maintenance, corrective maintenance and predictions of damage (predictive maintenance) which is carried out periodically. Centrifugal pumps have the working principle of converting kinetic energy (speed) of liquid into potential (dynamic) energy through an impeller that rotates in the casing. This pump is an impeller that is mounted on a shaft with bearings at both ends. Damage to the pump rotor has a serious impact on the performance and reliability of the pump system. The rotor is one of the main components responsible for transferring mechanical energy into the pumped fluid, so damage to the rotor can affect pump efficiency, operational life, and damage to pump components. Analysis of damage to the pump rotor was carried out by testing using the NDT method. NDT testing includes Visual Inspection, Magnetic Particle Inspection, Liquid Penetrant and Balancing Rotor. Based on the results of the tests and analysis carried out, it was found that there was damage to several parts of the pump rotor, such as corrosion on the pump shaft, dirt on the surface, and scratches on the mechanical seal seat area with a depth of approximately 0.50 mm. Rotor unbalance or the center of gravity of the shaft rotation is not the same as the geometric center of the shaft. The impeller was found to be in poor condition, high metal of radial impeller and medium to heavy rubbing at wearing impeller. The DE and NDE distance sleeves are not in a bad condition and there are scratches.

Keywords: pump rotor, maintenance, NDT

Abstrak

Kerusakan pada suatu alat dapat menyebabkan terhentinya proses produksi serta menyebabkan downtime. Pencegahan kerusakan pada alat yakni dengan management *maintenance process*. Proses ini meliputi perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), perawatan perbaikan (*corrective maintenance*) serta perkiraan terjadi kerusakan (*predictive maintenance*) yang dilakukan secara berkala. Pompa sentrifugal memiliki prinsip kerja mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*, pompa ini merupakan *impeller* yang dipasang pada poros dengan bantalan pada kedua ujungnya. Kerusakan pada rotor pompa memiliki dampak serius pada kinerja dan keandalan sistem pompa. Rotor adalah salah satu komponen utama yang bertanggung jawab untuk memindahkan energi mekanik ke dalam cairan yang dipompa, sehingga kerusakan pada rotor dapat mempengaruhi efisiensi pompa, umur operasional, dan kerusakan pada komponen pompa. Analisis kerusakan pada rotor pompa yang dilakukan dengan pengujian melalui metode NDT. Pengujian NDT meliputi *Visual Inspection*, *Magnetic Particle Inspection*, *Liquid Penetrant* dan *Balancing Rotor*. Berdasarkan hasil pengujian serta analisis yang dilakukan diperoleh adanya kerusakan pada beberapa bagian rotor pompa seperti korosi pada *pump shaft*, kotor pada bagian permukaan, terdapat goresan pada area *mechanical seal seat* dengan kedalaman kurang lebih 0,50 mm. *Rotor unbalance* atau titik tengah gravitasi putaran shaft tidak sama dengan titik tengah geometris shaft. Pada *impeller* ditemukan bahwa kondisinya tidak bagus, *high metal of radial impeller* dan *medium to heavy rubbing at wearing impeller*. Pada *distance sleeve* DE dan NDE tidak dalam keadaan yang tidak baik dan adanya goresan.

Kata kunci: rotor pompa, maintenance, NDT

1. Pendahuluan

Pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan

menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*. Pompa sentrifugal *type between bearing* merupakan *impeller* yang dipasang pada poros dengan bantalan

pada kedua ujungnya. Mencegah adanya penurunan kapasitas produksi akibat kerusakan mesin, perlu diadakan suatu proses management maintenance yang lebih baik. Aktivitas proses *management maintenance* yang dimaksud meliputi perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perawatan perbaikan (*corrective maintenance*) serta perkiraan terjadi kerusakan (*predictive maintenance*) yang dilakukan secara berkala. Berdasarkan besarnya kerugian yang terjadi akibat kerusakan mesin yang tidak terprediksi sehingga menyebabkan *downtime* berakibat terhentinya proses produksi serta tidak adanya standarisasi yang dijadikan acuan dalam proses *maintenance* untuk analisis tipe kegagalan dan efek yang ditimbulkan terhadap lifetime suatu alat.

PT X adalah perusahaan yang bergerak dalam proses perbaikan atau pembuatan suku cadang dalam peralatan berputar. Perbaikan yang akan dilakukan akan mengalami pemindaian terlebih dahulu untuk mengetahui penanganan yang akan digunakan yang tidak terlepas dengan masalah-masalah kerusakan yang mendorong keandalan peralatan yang digunakan.

Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kerusakan pada rotor pompa sentrifugal G-1-12-C melalui metode pengecekan NDT serta balancing rotot serta memberikan rekomendasi perbaikan pada alat dimasa yang akan datang. Pada penelitian metode yang digunakan untuk melakukan inspeksi pada komponen yang rusak yaitu NDT, data yang diambil yaitu ukuran radial dan axial pada setiap komponen rotor pompa dan hasil *balancing rotor*, data yang diambil hanya untuk mengetahui ukuran saat dilakukan inspeksi dan sebagai pembanding saat komponen sudah diperbaiki.

2. Metodologi

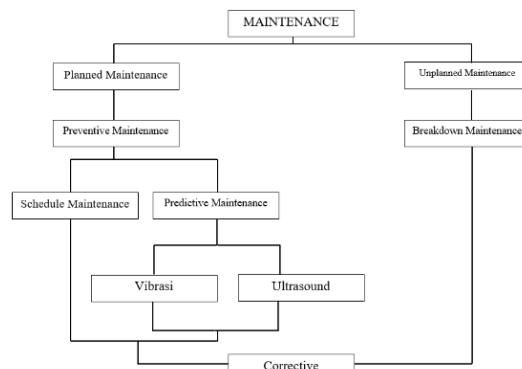
2.1 Perawatan

Perawatan merupakan serangkaian kebijakan yang diperlukan untuk mempertahankan atau mengembalikan suatu barang dalam keadaan operasional yang efektif [1]. Pemeliharaan Mesin merupakan hal yang sering dipermasalahkan antara bagian pemeliharaan dan bagian produksi. Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia akan menjadi rusak disebabkan usia penggunaannya. Usia ini dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan [2]. Fungsi pemeliharaan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi [3]. Perawatan memiliki tujuan utama supaya suatu

mesin dapat bekerja dengan efektif, diantaranya yaitu [4]:

1. Memaksimalkan waktu operasi atau kapasitas produksinya
2. Mengoptimalkan kemampuan produksi
3. Meminimalkan biaya per unitnya
4. Meminimalkan resiko hilangnya kapasitas produktif
5. Meminimalkan terjadinya kecelakaan terhadap karyawan
6. Meminimalkan kerusakan pada lingkungan

Perawatan sendiri terbagi menjadi 2 jenis, yaitu:

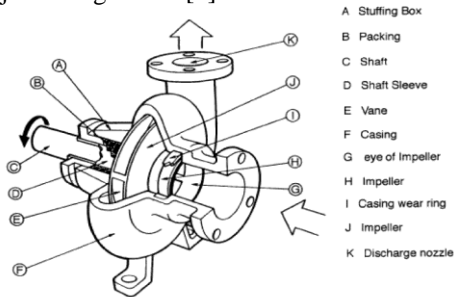


Gambar 1 Bagan Perawatan [4]

Unplanned Maintenance (Perawatan Tak Terencana), biasanya berupa *breakdown / emergency maintenance*. *Breakdown / emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) adalah tindakan perawatan yang tidak dilakukan pada mesin / peralatan yang masih dapat beroperasi, sampai mesin / peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Melalui bentuk pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan pemeliharaan tersebut akan dapat memperpanjang umur dari mesin / peralatan dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan. *Unplanned maintenance* terdiri dari *emergency maintenance* (Perawatan Darurat). *Emergency maintenance* adalah kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih parah. *Breakdown maintenance* (Perawatan Kerusakan) adalah pemeliharaan yang bersifat perbaikan yang terjadi ketika peralatan mengalami kegagalan dan menuntut perbaikan darurat atau berdasarkan prioritas. *Corrective maintenance* (Perawatan Penangkal) adalah pemeliharaan yang dilaksanakan karena adanya hasil produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya. Misalnya: terjadi kekeliruan dalam mutu/bentuk barang, maka perlu diamati tahap kegiatan proses produksi yang perlu diperbaiki (koreksi).

2.2 Pompa Sentrifugal

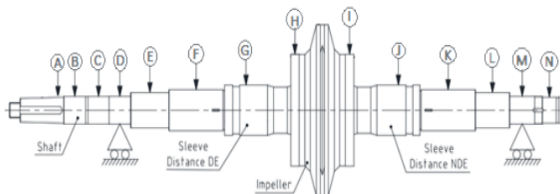
Pompa sentrifugal dapat dilihat pada **Gambar 3**. terdiri atas dua buah komponen utama dan satu komponen tambahan. Rumah pompa (*volute/cassing*) sebagai komponen statik dan impeler sebagai komponen berputar, kedua komponen ini merupakan komponen utama pompa. Sedangkan komponen tambahannya adalah *diffuser*, komponen ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran yang keluar dari impeler sehingga energi kinetik aliran dapat diubah menjadi energi tekan [7].



Gambar 1 Skematik pompa sentrifugal [7]

2.3 Rotor Pompa

Berikut adalah gambar rotor pompa yang ada di PT X.



Gambar 3 Gambar Rotor Pompa
Sumber : Dokumen PT. X

2.5 Komponen Rotor Pompa

2.5.1 Shaft (Poros)

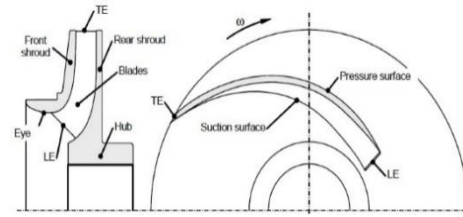
Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian – bagian berputar lainnya.

2.5.2 Shaft sleeve (Lengan Poros)

Shaft sleeve berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*.

2.5.3 Impeller

Impeler adalah sebuah piringan dengan kurva sudu-sudu yang terletak secara vertikal dari permukaan piringannya. Komponen *impeler* terdiri dari hub, selubung/tip belakang (*rear shroud*), selubung depan (*front shroud*) dan sudu (*blades*) untuk mentransferkan energi serta memberi kerja pada fluida cair sehingga energinya membesar seper yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Skematik Potongan Impeller [7]

Pompa yang menjadi objek penelitian berjenis pompa sentrifugal, berikut spesifikasi pompa yang diteliti pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Spesifikasi Pompa G-1-12-C Indopelita di PT X

Equipment Data		
1	Tag No./Item No.	G-1-12-C
2	Manufacture	Dresser Pump Worthington
3	Model/Type	8HDS-182
4	Serial Number	45709
5	Service	Reduced Crude
6	Speed (Rated)	2980 RPM
7	Capacity (Rated)	685 m ³ /hr
8	Suction Press	1.97 kg/cm ²
9	Discharge Press	15.05 kg/cm ²
Acceptance Criteria		
No	Descriptions	
A	POMPA G-1-12-C	
1	Capacity (Rated)	685 m ³ /hr
2	Suction Press	1.97 kg/cm ²
3	Discharge Press	15.05 kg/cm ²
4	Temp. Pompa Normal	33,8°C
5	Temp. Bearing Max	80°C
6	Efficiency at Rated Cap	75%
7	Viscosity at Working	0.372 CP
8	Total Head	240.3 M
9	Speed (Rated)	2980 RPM
10	Vibrasi Maximum	5 MM/S
11	Enveloping Maximum	3 Ge

2.6 NDT

NDT (*Non Destructive Test*) adalah pengujian atau inspeksi terhadap suatu material tanpa menyebabkan kerusakan pada material, pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi dan menentukan lokasi, ukuran dan karakteristik cacat [9].

NDT ini banyak dilakukan pada komponen atau bagian yang sedang digunakan sekalipun tanpa harus ada logam atau material sebagai sampel atau benda kerja. Di dalam inspeksi NDT harus mengetahui macam-macam cacat logam yang terjadi akibat proses pengerjaan seperti rolline, forging, welding sehingga memudahkan pemilihan peralatan yang tepat untuk mendeteksi cacat-cacat tersebut [10].

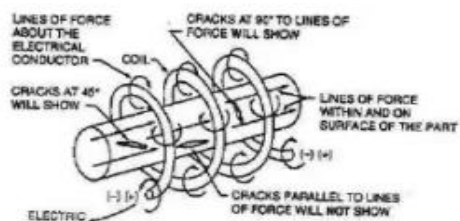
2.7 Magnetic Particel Inspection

Metode pengujian ini tidak merusak (NDT) untuk mendeteksi diskontinuitas yang biasanya

linier dan terletak pada permukaan komponen struktur feromagnetik. MPI ini berdasarkan hukum magnetis, oleh karena itu terbatas hanya pada material yang dapat mendukung garis fluks. Logam dapat diklasifikasikan sebagai *ferromagnetic*, *paramagnetic* dan *diamagnetic*.

Ferromagnetic adalah logam yang tertarik pada magnet dan mudah di magnetisasi. Paramagnetik seperti *stainless steel austenic* sangat lemah tertarik oleh medan magnet dan tidak dapat dimagnetisasi. Diamagnetik adalah logam yang sangat sedikit ditolak oleh magnet dan tidak dapat dimagnetisasi [5].

Suatu komponen dalam bahan feromagnetik dapat diketahui dengan menggunakan metode ini seperti, cacat permukaan (*surface*) dan bawah permukaan (*subsurface*). Kelemahannya, metode ini hanya bisa diterapkan untuk material feromagnetik. Selain itu, medan magnet yang dibangkitkan harus tegak lurus atau memotong daerah retak serta diperlukan demagnetisasi di akhir inspeksi [6].

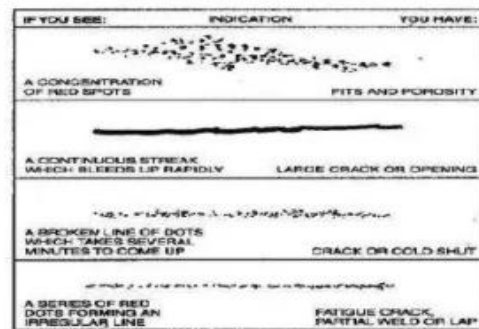


Gambar 6 Magnetic Particle Inspection [8]

2.8 Liquid Penetrant

Metode *liquid penetrant test* merupakan metode NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka pada komponen solid, baik logam maupun non logam, seperti keramik dan plastik fiber. Melalui metode ini cacat pada material akan terlihat jelas. Caranya adalah dengan memberikan cairan berwarna terang (*penetrant*) pada permukaan yang diinspeksi. Cairan ini harus memiliki daya penetrasi yang baik dan viskositas yang rendah agar dapat masuk pada cacat di permukaan material. *Penetrant* yang tersisa di permukaan material akan disingkirkan. Cacat akan nampak jelas jika perbedaan warna *penetrant* dengan latar belakang cukup kontras. Sesuai inspeksi, penetrant yang tertinggal dibersihkan dengan penerapan developer [6].

Uji menggunakan penetrant ini cocok digunakan untuk pengujian keretakan dan porositas. Diskontinuitas harus benar – benar dibersihkan dan harus terbuka pada permukaannya.



Gambar 7 Liquid Penetrant Inspection [8]

2.9 Visual Inspection

Metode ini merupakan pemeriksaan material yang dilakukan tanpa alat bantu. Metode ini paling sering diambil dalam pengujian NDT. Metode ini bertujuan menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi. Retak yang dapat dilihat dengan mata telanjang atau dengan bantuan lensa pembesar ataupun boroskop [6].

2.10 Balancing Rotor

Rotor balancing adalah jenis analisis dengan membandingkan profil getaran dengan rotasi elemen mekanis untuk mengkarakterisasi distribusi berat yang tidak konsisten di sekitar diameter sambil menghitung jumlah dan posisi berat yang diperlukan untuk mengimbangi ketidakseimbangan bersih. Ketidakseimbangan rotor dapat menyebabkan kerusakan, seperti rotor *rub-impact* dan *bearing wear*, dan bahkan kegagalan bencana, keseimbangan rotor adalah teknologi tradisional, tetapi masih penting dalam industri rotor saat ini. Asimetri struktur sepanjang sumbu berputar dan perubahan kecil dalam kepadatan dan ketebalan material menyebabkan ketidakseimbangan, dan distribusi ketidakseimbangan mengarah ke kekuatan tambahan dan momen ke rotor.

2.11 Metode Pengujian Kerusakan Pada Rotor Pompa G-1-12-C

2.11.1 Magnetic Particel Inspection

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan pemeriksaan, yaitu :

1. Persiapan permukaan

- Permukaan benda yang diperiksa dapat dibersihkan dengan gerinda untuk menghilangkan kotoran, oli, lapisan cat yang rusak, *spatter* dari proses pengelasan untuk menghindari kesalahan indikasi.
- Bersihkan dengan *cleaner*, deterjen, pelarut organik, penghilang cat, atau sikat kawat, setelah digerinda di permukaan.
- Contrast Paint (CP)* diberikan ke permukaan untuk memberikan warna

kontras antara partikel dan permukaan benda yang diperiksa, sedangkan untuk partikel *fluorescent* permukaan benda yang diperiksa tidak perlu dilapisi dengan CP.

- d. Pemeriksaan dilakukan dengan penyinaran cahaya matahari sedangkan untuk partikel *fluorescent* maka area harus digelapkan dan level cahaya tidak lebih dari 20 lux dan intensitas black light ke permukaan tidak boleh kurang dari $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ untuk partikel *non-fluorescent*.
2. **Metode pemeriksaan** Pemeriksaan harus dilakukan dengan cara magnetisasi terus – menerus. Dimana proses magnetisasi dilakukan ketika partikel diaplikasikan ke permukaan benda yang diperiksa.
 3. **Penggunaan partikel**
 - a. Jika partikel basah harus disemprotkan dengan cepat ke area yang diperiksa sedangkan partikel kering diaplikasikan ke permukaan datar untuk menghasilkan interpretasi yang baik.
 - b. Mekanisme dan lama magnetisasi dilakukan dalam kurun waktu tertentu hingga indikasi dapat terbentuk (biasanya 3 s.d. 5 detik).
 4. **Proses magnetisasi**
 - a. Kemampuan Yoke menghasilkan medan magnet harus dipastikan, maka sebelum digunakan harus diverifikasi terlebih dahulu menggunakan pie indicator.
 - b. Yoke dengan sumber arus bolak – balik (AC) atau searah (DC).
 - c. Minimal dalam suatu area dilakukan dua kali pemeriksaan, dimana posisi Yoke harus diatur sedemikian rupa sehingga pada pemeriksaan yang kedua didapatkan medan magnet yang berbeda posisi dari pemeriksaan pertama.
 5. **Indikasi cacat**
 - a. Beberapa indikasi yang tidak menyatakan suatu diskontinuitas dikarenakan adanya kekasaran permukaan, variasi permeabilitas magnet, tanda pengerjaan mesin, dan keadaan permukaan yang dapat menghasilkan indikasi yang serupa dengan cacat.
 - b. Indikasi yang muncul harus dicocokkan dengan *Acceptance Criteria* dari standar yang digunakan
 - c. Jika ada indikasi yang meragukan maka harus dilakukan pemeriksaan ulang.

6. Tanda dan pencatatan

- a. Lokasi, posisi dan indikasi diskontinuitas yang tidak diterima harus ditandai pada permukaan benda yang diperiksa.
- b. Semua indikasi yang relevan harus dicatat dan dilaporkan.

7. Perbaikan

- a. Semua indikasi yang tidak diterima sesuai dengan standar maka harus dibuang dan diperbaiki. Indikasi cacat yang muncul harus dibuang dan diperiksa kembali untuk memastikan indikasi cacat tersebut telah hilang.
- b. Indikasi cacat yang dianggap tidak relevan dengan standar harus dianggap cacat hingga dilakukan pemeriksaan ulang dengan metode yang sama atau metode NDT yang berbeda.
- c. Area yang telah diperbaiki harus diperiksa kembali untuk memastikan bahwa cacat yang ada telah hilang.

8. **Demagnetisasi Yoke** dengan arus listrik bolak – balik (AC) dapat digunakan untuk lokal demagnetisasi dengan meletakkan ujungnya di permukaan, memutarnya di sekitar area pemeriksaan dan pelan – pelan diangkat ketika sedang memagnetisasi.

9. Pembersihan setelah pemeriksaan

- a. Pembersihan setelah pemeriksaan dilakukan ketika partikel magnetik dapat menyebabkan gangguan pada peralatan.
- b. Macam- macam teknik pembersihan partikel adalah:
 - Membersihkan partikel basah dengan pelarut.
 - Membersihkan partikel kering dengan udara terkompresi.

2.11.2 Liquid Penetrant

1. Persiapan Permukaan.

Permukaan benda uji harus bersih dari berbagai jenis pengotor seperti minyak, karat dan pengotor lainnya dengan lebar dari daerah uji minimal 25 mm. Anda dapat membersihkannya dengan sikat baja, hal ini bertujuan agar tidak mengganggu proses aplikasi penetran dan saat mengamati hasil pengujian.

2. Pre Cleaning.

Pembersihan menggunakan *cleaner*. Semprotkan langsung *cleaner/remover* ke permukaan benda uji, setelah itu bersihkan dengan menggunakan kain yang bersih. Biarkan sekitar 1 menit supaya cairan cleaner yang berada di diskontinuitas menguap dan bersih.

3. Pengaplikasian *Liquid Penetrant*.

Pengaplikasian cairan penetran material harus dalam temperature 20-50 derajat celcius. Pengaplikasiannya dapat disemprotkan atau dioleskan dengan kuas secara merata, setelah itu biarkan cairan masuk, untuk waktunya minimal 5 menit (*well time*).

4. Pembersihan Sisa *Liquid Penetrant* di Permukaan.

Bersihkan cairan penetran yang ada di permukaan dengan kain bersih dan kering, lakukan beberapa kali dan searah. Bersihkan kembali menggunakan kain yang dilembabkan dengan cleaner, namun jangan terlalu lembab karena dapat membersihkan cairan yang berada di dalam diskontinuitas.

Jangan pernah membersihkan cairan penetran dengan menyemprot permukaan secara langsung dengan cleaner. Setelah bersih tunggu minimal selama 1 menit dan maksimalnya selama 10 menit sebelum aplikasi cairan developer.

5. Aplikasi Cairan *Developer*.

Semprotkan developer pada permukaan spesimen uji setelah selesai dibersihkan. Jarak penyemprotan 15-20 cm terhadap permukaan benda. Namun sebelum disemprotkan pastikan Anda sudah mengocoknya agar mixing atau pencampuran developer sempurna.

6. Pengamatan dan Inspeksi Indikasi.

Pengamatan indikasi yang muncul waktunya minimal 10 menit dan maksimal 30 menit setelah aplikasi developer. Pencahayaan yang intensitasnya minimal 100 fc (1000 Lux), pengukuran menggunakan lux meter dan dicatat. Ukur dan catat indikasi yang keluar baik indikasi relevan yang memanjang maupun melingkar. Sesuaikan hasil dengan syarat keberterimaan pengujian penetran sesuai dengan standar atau code yang digunakan.

7. Pembersihan Setelah Pengujian.

Pembersihan developer dan penetran setelah proses pengujian selesai. Anda dapat menggunakan sikat baja, setelah itu semprot dengan remover agar benar benar bersih spesimen Anda.

2.11.3 *Balancing Rotor*

Beberapa hal yang harus diperhatikan saat melakukan *balancing rotor*:

1. Lihat data historis : gambar mesin, data balancing sebelumnya, peralatan yg digunakan, informasi pada *name plate*, data trend vibrasi (spectrum jika mungkin)
2. Pastikan *unbalance* adalah penyebab dominan vibrasi, bukan dari *bearing* rusak, *misalignment*,

soft foot, *seal rubs*, komponen kendor, rotor/impeller kotor, salah dari proses.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian *Visual Inspection* merupakan hal yang pertama kali dilakukan pada saat melakukan pengujian NDT dengan tujuan menginspeksi langsung benda yang akan diuji apakah benda tersebut terdapat kerusakan atau tidak, setelah itu dilakukan pengujian ke tahap lain untuk memastikan benda tersebut layak pakai, perlu diperbaiki atau diganti. Hasil pengujian dengan metode *Magnetic Particle Inspection* pada gambar 8, gambar 9 serta gambar 10 menghasilkan bahwa pada *pump shaft*-nya terdapat korosi, permukaannya kotor, dan terdapat goresan pada area *mechanical seal seat*.

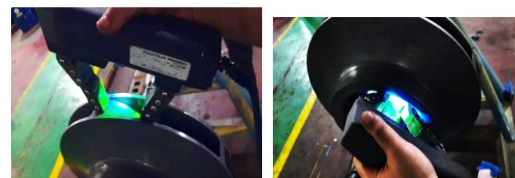


Gambar 8 Pengujian *Visual Inspection* Pada Impeller dan Poros

Hasil pengujian bisa menunjukkan adanya cacat permukaan seperti retakan, korosi, atau goresan yang bisa mempengaruhi kekuatan material. Kelebihan metode ini efektif untuk menemukan cacat yang berada di permukaan atau dekat permukaan, cepat dan mudah dilakukan, sangat sensitif terhadap retakan halus atau korosi yang berada di permukaan material. *Magnetic Particle Inspection* adalah metode yang sangat berguna untuk pemeriksaan cepat terhadap kondisi permukaan material yang sering digunakan dalam pemeriksaan komponen mekanis seperti pompa, turbin, atau bagian-bagian mesin lainnya.



Gambar 9 Pengujian *Magnetic Particle Inspection* Pada Poros



Gambar 10 Pengujian *Magnetic Particle Inspection* Pada Impeller

Pada metode pengujian *Liquid Penetrant* yang ditunjukkan pada gambar 11 dan gambar 12 menghasilkan adanya kerusakan yang terjadi pada rotor pompa adanya korosi pada *pump shaft* serta terdapat korosi serta kotor pada permukaan. permukaan kotor. Goresan pada area *mechanical seal seat* dengan kedalaman kurang lebih 0,50 mm. Pada impeller pompa ditemukan bahwa kondisinya tidak bagus bagian *hight metal of radial impeller* dan *medium to heavy rubbing at wearing impeller.*, ini mengindikasikan adanya masalah pada permukaan impeller yang bisa memengaruhi kinerja pompa secara signifikan. *High metal dan medium to heavy rubbing* pada impeller menunjukkan adanya masalah serius yang harus segera ditangani agar pompa dapat berfungsi dengan efisien. Masalah ini sering kali disebabkan oleh keausan akibat faktor operasional, kontaminasi, atau masalah pada komponen pendukung seperti wear ring dan alignment, untuk mencegah masalah ini semakin parah, lakukan perawatan berkala, pastikan operasional pompa dalam kondisi stabil, dan lakukan pemeriksaan menyeluruh pada komponen pompa untuk menemukan dan mengatasi penyebab masalah. Metode pengujian ini mudah diterapkan dan tidak memerlukan peralatan yang rumit, dapat mendeteksi cacat yang terletak di permukaan dan terbuka, serta cocok untuk berbagai jenis material seperti logam, plastik, dan keramik.



Gambar 11 Pengujian *Liquid Penetrant Inspection* Pada Impeller



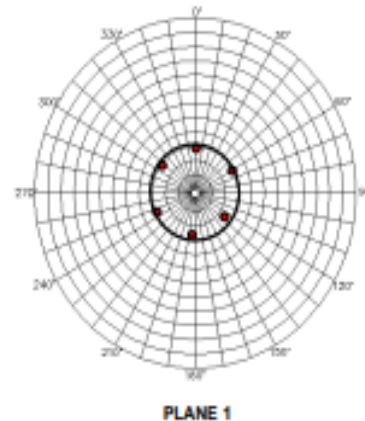
Gambar 12 Pengujian *Liquid Penetrant Inspection* Pada Poros

Hasil pengujian balancing rotor pada rotor ialah *unbalance* atau titik tengah gravitasi putaran shaft tidak sama dengan titik tengah geometris *shaft*, hal tersebut bisa menjadi salah satu faktor timbulnya vibrasi tinggi pada kinerja pompa dimana bila terjadi vibrasi yang tinggi hal tersebut bisa mengakibatkan kerusakan pada komponen pompa yang lainnya. Ketidakseimbangan pada rotor terjadi ketika center of *gravity* rotor tidak berada pada garis pusat (*centerline*) putaran rotor. Ini dapat

disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain distribusi massa yang tidak merata, kondisi keausan pada komponen pompa, kerusakan pada komponen pemutar, kesalahan pemasangan.

Ketidakeimbangan rotor dapat menyebabkan vibrasi tinggi, yang dapat mempengaruhi kinerja pompa dan merusak komponen lainnya. Berikut adalah beberapa dampak dari vibrasi yang tinggi akibat ketidakseimbangan rotor yakni kerusakan pada *bearing*, keausan pada *shaft* dan komponen pompa lainnya, kerusakan pada *casing* pompa, pengurangan efisiensi pompa. Mengatasi masalah *unbalance* dan vibrasi tinggi, beberapa langkah perbaikan yang dapat dilakukan antara lain proses *balancing* rotor, perbaikan atau penggantian komponen yang aus (pemeriksaan dan perbaikan alignment, pemeliharaan rutin dan inspeksi vibrasi).

Penanganan masalah ini melibatkan proses *balancing*, pemeriksaan keausan komponen, dan memastikan alignment yang tepat untuk menjaga kinerja pompa dalam kondisi optimal. Pemeriksaan dan pemeliharaan yang rutin sangat penting untuk mencegah masalah lebih lanjut dan memperpanjang umur pompa.



Gambar 13 Hasil Pengujian Balancing Rotor

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta analisis yang dilakukan diperoleh adanya kerusakan pada beberapa bagian rotor pompa seperti korosi pada *pump shaft*, kotor pada bagian permukaan, terdapat goresan pada *area mechanical seal seat* dengan kedalaman kurang lebih 0,50 mm. *Rotor unbalance* atau titik tengah gravitasi putaran *shaft* tidak sama dengan titik tengah geometris *shaft*. Pada impeller ditemukan bahwa kondisinya tidak bagus, *hight metal of radial impeller* dan *medium to heavy rubbing at wearing impeller*. Pada *distance sleeve DE* dan *NDE* tidak dalam keadaan yang tidak baik dan adanya goresan.

Penulis memberikan rekomendasi perbaikan dimasa yang akan datang diantaranya yaitu :

1. Pada rotor pompa, melakukan pembersihan dengan pembersih kimia, melakukan *hardcrome* pada area gesekan sesuai WPS, melakukan *final machine* kembali ke ukuran aslinya sesuai gambar serta melakukan pemeriksaan akhir
2. Pada impeller, melakukan pemulusan pada area radial impeller, melakukan pelepasan *wearing* impeller DE & NDE, melakukan pemasangan *wearing* impeller baru, melakukan pemeriksaan akhir (Dimensional & NDT)
3. Pada *Distance Sleeve DE* dan *Distance Sleeve NDE* : melakukan pelepasan *distance sleeve DE* dan *distance sleeve NDE*, melakukan pemasangan *distance sleeve DE* dan *distance sleeve NDE* baru, melakukan pemeriksaan akhir (Dimensional & NDT)

Daftar Pustaka

- [1] Benjamin S. Blanchard, Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson. 1994. Maintainability. New York : John Wiley & Sons.
- [2] Corder, Antony, K. Hadi. 1992. Teknik Manajemen Pemeliharaan. Jakarta : Erlangga
- [3] Agus Ahyari. 2002. Manajemen Produksi. Yogyakarta : BPFE
- [4] John D. Campbell dan Andrew K.S. Jardine: 2001. Maintenance Excellence. New York : Taylor & Francis
- [5] Thomas, SJ. 1989. Nondestructive Testing Handbook Vol. 6 Magnetic Particle Inspection. New York : Praeger.
- [6] Naryono, dan Suharyadi I., Analisis Pengelasan Dingin dengan Menggunakan Metode *High Frequency Electrical Resistance Welding* pada Proses Pembuatan Pipa Baja SKTM 13B. Universitas Muhammadiyah Jakarta
- [7] Tardia, Lunny. Pompa Sentrifugal. Jilid 1. Bandung : ITB Press. 2019.
- [8] Yudo, H., dan Sarjito J. Proses Pengujian Tidak Merusak. KAPAL ,1(2). 2007.
- [9] Ryder, John D. 1964. Electronic Fundamentals and Application 3rd Edition. Engewood Cliffs, Nj. Prentice-Hall. Inc
- [10] Internasional Atomic Energy Agency, Vienna. 1999. Non Destructive Testing : A Guidebook for Industrial Management and Quality Control Personnel. Austria. IAEA