

Analisa Kegagalan *Rubber Coupling* Pada Poros Pompa Air *Side Seal Oil* Generator Unit 1 PLTU Pelabuhan Ratu

Oscar Haris ^{a,1,*}, Saeful Anwar ^{b,2}, Pieter K Tutupoly ^{b,3}

^a. Politeknik Digital Boash Indonesia, Jl. Raya Atang Senjaya KM. 2, Kabupaten Bogor,, Jawa Barat 13610 ¹

^b. Universitas Nusa Putra Jl. Raya Cibolang No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat 43152

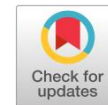
^c. Politeknik Digital Boash Indonesia, Jl. Raya Atang Senjaya KM. 2, Kabupaten Bogor,, Jawa Barat 13610

¹oscar.haris@pdbi.ac.id; ²sapul.anwar@gmail.com; ³pieter.tutuploy@pdbi.ac.id

* Penulis Korespondensi

ABSTRAK

Rubber coupling adalah elemen mesin yang digunakan sebagai peredam hentakan dan sebagai bantalan agar tidak terjadi gesekan antara logam kopling. Di PT Indonesia Power PLTU Pelabuhanratu, *rubber coupling* digunakan sebagai pentransmisi daya dari motor listrik 400 V dan 6000 V. *Rubber coupling* pada pompa Air *Side Seal Oil* Generator unit 1 mengalami kerusakan hingga menyebabkan vibrasi tinggi pada sisi motor serta sisi pompa. Kondisi ini tidak sesuai dengan *life time material* dalam kondisi normal penggantian *rubber coupling* dilakukan saat unit *overhaul* rutin tahunan. Material *rubber coupling* yang digunakan yaitu *polyurethane*. Penelitian ini menggunakan metode analisa kegagalan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada *rubber coupling*. Hasil Analisa kegagalan menunjukkan bahwa *misalignment* dan kondisi kopling cakar mempengaruhi kondisi *rubber coupling*. Kedua hal tersebut mengakibatkan terjadinya deformasi atau keausan pada permukaan material *rubber* karena adanya kondisi *abnormal* pada kontak antara *rubber coupling* dan kopling cakar.

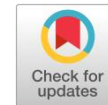


KATA KUNCI

Generator,
Seal Oil,
Rubber Coupling,
Vibrasi

ABSTRACT

Rubber coupling is a machine element that is used as a shock absorber and as a cushion to prevent friction between the coupling metals. At PT Indonesia Power PLTU Pelabuhanratu, *rubber couplings* are used as power transmitters from 400 V and 6000 V electric motors. The *rubber coupling* on the Air *Side Seal Oil* Generator unit 1 pump is damaged, causing high vibrations on the motor side and pump side. This condition is not in accordance with the life time of the material in normal conditions the replacement of *rubber couplings* is carried out during the annual routine overhaul unit. The *rubber coupling* material used is *polyurethane*. This study uses the failure analysis method to determine the cause of damage to the *rubber coupling*. Failure analysis results show that *misalignment* and claw coupling conditions affect the condition of the *rubber coupling*. Both of these result in deformation or wear on the surface of the *rubber* material due to abnormal conditions at the contact between the *rubber coupling* and the claw coupling.



KEYWORD

Generator
Seal Oil
Rubber Coupling
Vibrasi



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Kerusakan umum yang terjadi pada motor dan pompa adalah ketidaksumbuhan poros antara penggerak (*driver*) dengan yang digerakkan (*driven*) atau yang lebih dikenal dengan *misalignment*. *Misalignment* terjadi pada poros yang dihubungkan oleh kopling, adanya kerusakan ini menyebabkan getaran yang berlebihan sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada komponen-komponen mesin dan selanjutnya memperpendek umur mesin tersebut.[1]

Coupling merupakan salah satu komponen yang rentan terhadap kegagalan diluar dari fungsinya. Salah satu sumber utama kegagalan yang dimaksud adalah aus yang disebabkan bantalan karet peredam atau *rubber coupling* sudah habis sehingga muncul gesekan langsung metal dengan metal. Bila sudah demikian, otomatis cara kerja mesin pun akan terganggu. Ditambah akan ada kerusakan pada *metal coupling*, yang memerlukan biaya yang lebih besar untuk menggantinya. [2]

Dari beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, maka penulis ingin melakukan sebuah penelitian dengan tujuan agar kejadian kegagalan *rubber coupling* pada peralatan di lingkungan PT Indonesia

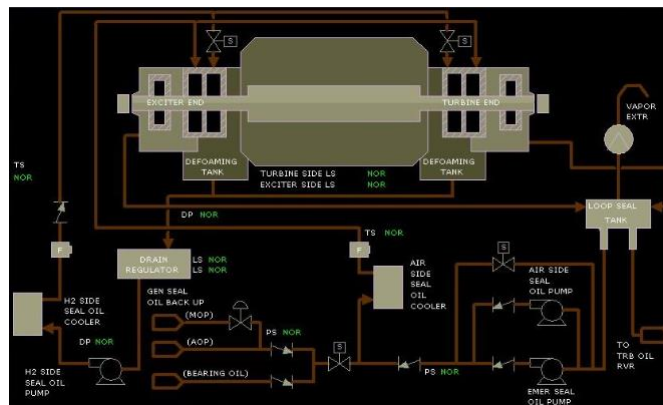
Power PLTU Pelabuhanratu bisa dicegah. Sehingga bisa menghindari terjadinya *downtime* perbaikan yang mengharuskan unit pembangkit stop operasi, dimana hal ini menimbulkan kerugian finansial dan non finansial bagi perusahaan.

2. Tinjauan Pustaka

A. Generator Seal Oil System

Pada pembangkit listrik, dalam hal ini Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), generator merupakan salah satu komponen yang sangat penting di mana generator memiliki fungsi mengkonversi energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin menjadi energi listrik. Akibat arus yang mengalir melewati konduktor di dalam generator terjadi panas, agar generator tetap dapat bekerja dengan baik dibutuhkan suatu sistem pendinginan untuk menghilangkan panas tersebut. Sistem pendinginan generator menggunakan gas hidrogen (H₂) sebagai medium jauh ini lebih efektif dibandingkan mendinginkan generator menggunakan udara, karena H₂ memiliki *konduktivitas thermal* dan koefisien *transfer* panas yang jauh lebih tinggi dibanding udara. Kelemahan H₂ bersifat *eksplosif* apabila tercampur dengan udara, maka dari itu dibutuhkan suatu sistem yang handal untuk mencegah H₂ bocor ketika bersirkulasi di dalam rumah generator, yaitu *seal oil system*.

Seal Oil System merupakan suatu sistem alat bantu dalam generator yang berfungsi sebagai pelumas *seal ring* sekaligus perapat hidrogen. Sistem *Seal Oil* ini ditopang oleh dua sisi tekanan, yakni sisi udara (*Air Side*) dan sisi hidrogen (*H₂ Side*) [3]



Gambar 1, Generator Seal Oil System [3]

Gambar 1 diatas menunjukan system minyak perapat poros generator. Terdapat *Air side seal oil pump* sebagai perapat sisi luar generator dan *H₂ side seal oil pump* sebagai perapat sisi dalam generator. Dalam kondisi normal kedua pompa yang digerakkan dengan motor listrik AC beroperasi semua. Untuk mencegah keluarnya hidrogen pada saat aliran listrik AC hilang, maka sistem ini dilengkapi dengan pompa perapat yang digerakkan dengan motor DC.

Tabel 1, Set Point Pengoperasian *Seal oil Generator* [4]

Nama	Set Point		Unit	Remark
Air Side Seal AC Pump Inlet & Outlet DP	L	35	kPa	Alarm
Air Side Seal DC Pump Inlet & Outlet DP	H	35	kPa	Alarm
Air Side Seal Oil & Hidrogen DP	L	35	kPa	Interlock Start Standby Pump
Air Side Seal Oil DP Filter	H	50	kPa	Alarm
Defoaming Tank Oil Level Sisi Exciter Turbin End	H	2/3		Alarm

<i>Hydrogen Side AC Pump Inlet & Outlet DP</i>	L	35	kPa	<i>Interlock Start Stand by Pump</i>
<i>Hydrogen Side DC Pump Inlet & Outlet DP</i>	H	35	kPa	<i>Alarm</i>
<i>Hydrogen Side Seal Oil DP Filter</i>	H	50	kPa	<i>Alarm</i>
<i>Hydrogen Side Drain Regulator Level</i>	H	105	mm	<i>Alarm</i>
<i>Smoke Exhaust Fan Inlet & Outlet DP</i>	H	3.4	kPa	<i>Alarm</i>

B. Kopling

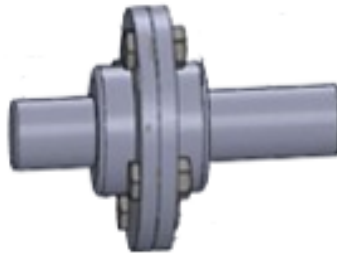
Secara umum, kopling adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan dan memutuskan putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan. kopling adalah alat yang digunakan untuk menghubungkan dua poros pada kedua ujungnya dengan tujuan untuk mentransmisikan daya mekanis. Kopling biasanya tidak mengizinkan pemisahan antara dua poros ketika beroperasi, namun saat ini ada kopling yang memiliki torsi yang dibatasi sehingga dapat slip atau terputus ketika batas torsi dilewati [5]. Jenis – jenis kopling diantaranya

1. Kopling tetap

Kopling tetap adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan secara pasti (tanpa terjadi slip), dimana sumbu kedua poros tersebut terletak pada satu garis lurus atau dapat sedikit berbeda sumbunya. Kopling tetap selalu dalam keadaan terpasang, untuk memisahkannya harus dilakukan pembongkaran [6], Beberapa tipe kopling tetap diantaranya:

A. Rigid Coupling

a) Flanged Coupling



Gambar 2, *Flens Coupling* [6]

b) Gear Coupling



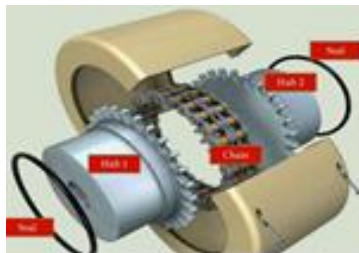
Gambar 3, *Gear Coupling* [6]

c) *Rubber Coupling*



Gambar 4, Rubber Coupling [6]

d) *Chain Coupling*



Gambar 5, Chain Coupling [6]

e) *Flexible Coupling*

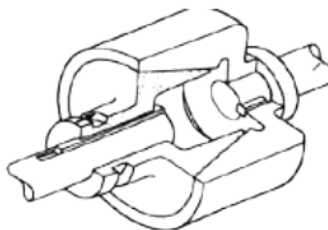


Gambar 6, Flexible Coupling [6]

B. Kopling tidak tetap (clutch)

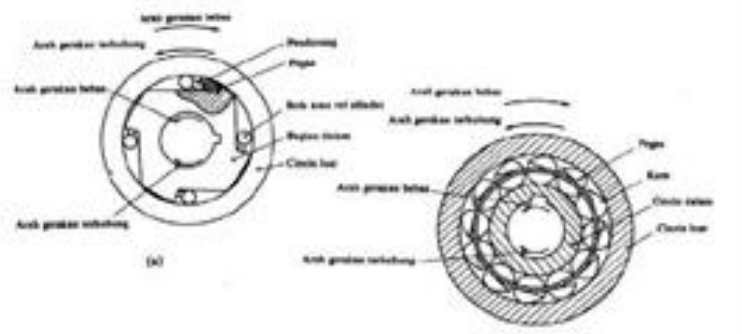
Kopling tidak tetap adalah suatu elemen mesin yang menghubungkan poros yang digerakkan dan poros penggerak, dengan putaran yang sama dalam meneruskan daya, serta dapat melepaskan hubungan kedua poros tersebut baik dalam keadaan diam maupun berputar [6]. Beberapa tipe kopling tidak tetap diantaranya:

a) Kopling Kerucut



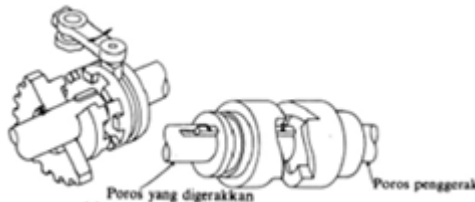
Gambar 7, Kopling Kerucut [6]

b) Kopling Friwil



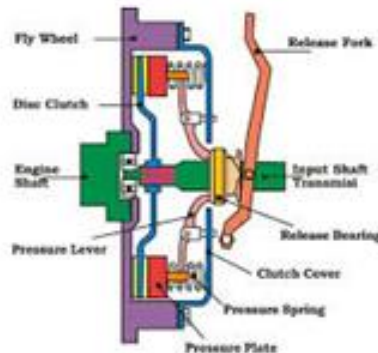
Gambar 8, Kopling Friwil [6]

c) Kopling Cakar



Gambar 9, Kopling Cakar [6]

d) Kopling Plat



Gambar 10, Kopling Plat [6]

B. Material *Rubber Copling*

Seiring perkembangan teknologi, material *rubber coupling* pun sangat beragam. Untuk spesifikasi *rubber coupling* yang digunakan di PLTU Pelabuhanratu adalah jenis *polyurethane* dari pabrikan Redwood Plastics. *Polyurethane* adalah bahan *elastomer termoset* yang memiliki sifat fisik yang belum pernah ada sebelumnya. Ini menawarkan ketangguhan dan daya tahan jauh melampaui jangkauan kebanyakan karet dan plastik. Salah satu karakteristik paling unik dari bahan ini adalah rentang kekerasannya yang luas, dari penghapus yang lembut hingga bola bowling yang keras. Kekerasan *polyurethane* diatur oleh struktur molekul *prapolimer* dan bukan oleh penambahan *plasticizer* atau pengisi.

Polyurethane menggabungkan ketangguhan logam dengan elastisitas karet dan memiliki kemampuan untuk menahan penyalahgunaan yang paling parah. Karena dampak yang luar biasa dan ketahanan abrasi,

suku cadang yang terbuat dari *elastomer polyurethane* sering kali lebih tahan aus dari karet, plastik, dan logam dengan selisih 20 banding 1[7].

Tabel 2, Material Safety Data Sheet (MSDS) Thermoset Polyurethane Elastomer [7]



POLYURETHANE

Revised September 1, 2012
Page 1 of 3

MSDS

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

I. PRODUCT IDENTIFICATION

PRODUCT NAME:

Thermoset Polyurethane Elastomer

PHONE NUMBERS:

PRODUCT INFORMATION: 1-800-667-0999

CHEMTREC: 1-800-424-9300

II. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

APPEARANCE:

Molded parts or sheets

ODOR:

Slight odor

PERCENT VOLATILES:

None

MELTING POINT:

N/A

SOLUBILITY IN WATER:

Insoluble

SPECIFIC GRAVITY:

1.1 – 1.2

III. STABILITY AND REACTIVITY

STABILITY:

Stable at ambient temperatures and pressures

CONDITIONS TO AVOID:

None known



Gambar 11, Rubber coupling pada pompa air side seal oil PLTU Pelabuhanratu

3. Metode & Bahan

A. Metode Analisa

Pada tahapan awal dilakukan pengamatan terhadap masalah apa saja yang dirumuskan menjadi tujuan dari penelitian. Dimana studi literatur dimulai dari mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan vibrasi dan penyebab – penyebab kerusakannya. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya text book maupun modul. Beberapa sumber lain seperti jurnal ilmiah dan beberapa penelitian terdahulu. Kemudian dilakukan pengamatan lapangan secara langsung terhadap pompa air *side seal oil* generator unit 1 PLTU Pelabuhanratu. Observasi meliputi identifikasi spesifikasi pompa, alat untuk mengukur vibrasi dan mengidentifikasi apa saja penyebab vibrasi dan kegagalan *rubber coupling* pada pompa air *side seal oil* generator unit 1 PLTU Pelabuhanratu.

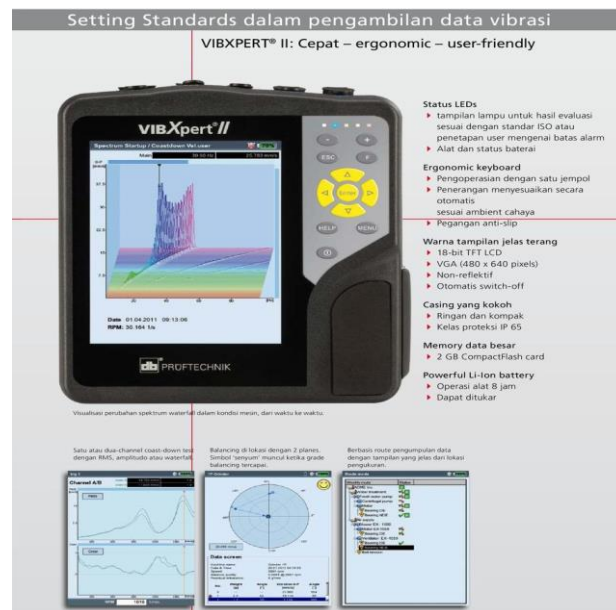
Berikutnya inspeksi *rubber coupling* saat pelaksanaan *Maintenance Outage* (MO) Unit 1 terdapat temuan yaitu *coupling rubber surface* mengalami keausan di dua titik. Hal ini terjadi karena ada kontak *abnormal* antara *rubber coupling* dengan kopling cakar sisi motor sehingga sedikit demi sedikit mengikis surface *rubber coupling*.



Gambar 12, Temuan surface rubber coupling aus

1. Desain pengambilan data vibrasi

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini untuk menganalisa getaran Pompa Air *Side Seal*/Oil Generator adalah VIBXpert II yang dimana merupakan kolektor data *all-in-one analyzer*. Hasil pengukuran yang didapat yaitu berupa *velocity*. Alat ini yang ditunjukkan pada Gambar 13 mampu untuk mengukur kecepatan (*velocity*) dan frekuensi getaran yang akan dianalisa. Pada alat ukur ini sensor yang digunakan adalah sensor transduser magnet dengan limit 5000 Hz.



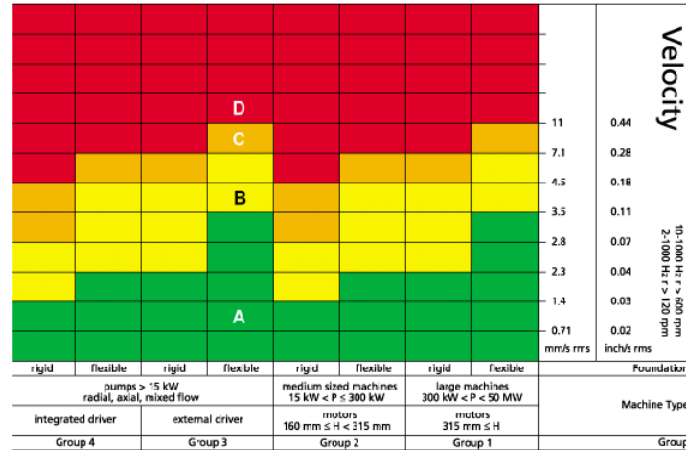
Gambar 13, Vibxpert II (Vibration Analyzer)

2. Skema Pengujian

1. Standar Pengukuran Vibrasi

Pada analisa data penelitian ini mengacu pada standar ISO 10816-3 –ISO *Guideline for Machinery Vibration Severity* [12]. Berikut penjelasan ISO 10816-3 dapat dilihat Gambar 15. Penggunaan Standar vibrasi ISO 10816-3 didasari pada daya mesin, jenis motor (*integrated or external driver*) dan pondasi. Berikut penjelasan tentang pembagian grup tipe mesin pada Standar ISO 10816-3:

1. Grup 1 : Mesin ukuran besar dengan daya mesin diantara 300 KW hingga 50 MW dan dengan pondasi kaku atau fleksibel.
2. Grup 2: Mesin ukuran medium dengan daya mesin diantara 15 KW hingga 300 KW dan dengan pondasi kaku atau fleksibel.
3. Grup 3 dan 4: Pompa dengan daya mesin dibawah 15 KW arah radial, aksial, dan *mixed flow*. Sedangkan yang membedakan antara grup 3 dan 4 adalah jenis motor, kalau grup 3 dengan *external driver*, grup 4 dengan *integrated driver*.



Gambar 14, Batas nilai vibrasi menurut standar ISO 10816-3

Berdasarkan spesifikasi pompa dan motor pada objek pengukuran pompa air *side seal* oil generator, yaitu daya mesin 15 KW dengan pondasi kaku atau *rigid*, maka standar yang digunakan berada pada grup 2 *rigid* ISO 10816-3. Setelah diketahui grup mana yang menjadi standar pengukuran, maka yang perlu dilakukan selanjutnya adalah melihat kondisi kriteria objek pengukuran pompa air *side seal* oil generator berdasarkan Standar ISO 10816-3. Berikut penjelasan kriteria warna pada Standar ISO 10816-3:

1. Warna Hijau (A) : Merupakan kriteria mesin dalam kondisi aman atau kondisi mesin baru.
2. Warna Kuning (B) : Merupakan kriteria mesin dalam kondisi *alarm* yang diizinkan beroperasi dalam jangka waktu yang relatif lama.
3. Warna Jingga (C) : Merupakan kriteria mesin dalam kondisi *alarm* yang diizinkan beroperasi untuk waktu yang terbatas.
4. Warna Merah (D) : Merupakan kriteria mesin dalam kondisi *danger* yang dimana vibrasi mesin dapat menyebabkan kerusakan.

Dari Gambar 15 diketahui bahwa pompa air *side seal* oil generator dapat dikategorikan aman pada amplitudo maksimal 1,4 mm/s. Mesin akan memasuki daerah alarm jika amplitudonya sudah melewati 1,4 mm/s sampai dengan 4,5 mm/s, dan jika nilai amplitudonya sudah melewati 4,5mm/s maka sudah dalam daerah danger dan segera diperlukan penanganan yang serius.

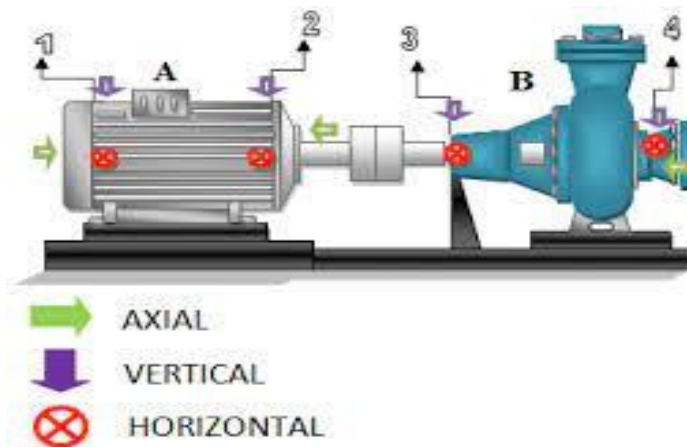
2. Prosedur Pengambilan Data Vibrasi

Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur vibrasi:

1. Menyiapkan alat ukur analisa vibrasi yaitu VibXpertII.
2. Menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) sesuai standar.
3. Membersihkan titik pengukuran vibrasi.
4. Menempelkan magnet sensor alat analisa vibrasi ke titik yang telah dibersihkan sebelumnya.
5. Menentukan pengukuran sesuai prosedur yang meliputi vibrasi arah vertikal, horizontal, dan aksial.
6. Mengambil pengukuran waveform, spektrum, dan sudut fasa vibrasi jika diperlukan.
7. Nilai hasil pengukuran disimpan di memori alat analisa vibrasi.
8. Upload data ke *software Omnitrend* dan dianalisa.

3. Skema Pengukuran

Adapun posisi pengukuran vibrasi dilakukan pada 4 titik atau 4 posisi bearing, yaitu pada titik NDE Motor, DE Motor, DE Pompa dan NDE Pompa. Masing-masing dengan arah vertikal, horizontal dan aksial. Skema titik pengukuran vibrasi dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 15, Skema titik pengukuran vibrasi

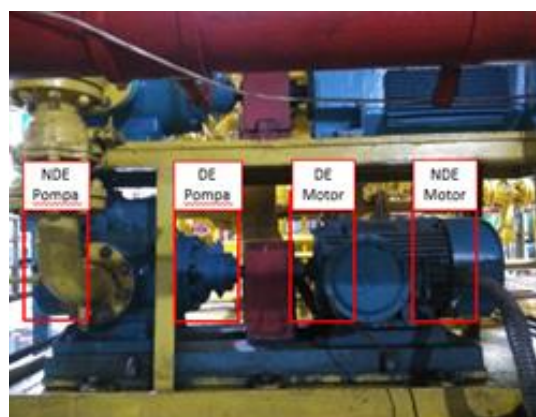
B. Metode Pengambilan Data Vibrasi

Pengukuran dilakukan secara langsung dengan menempelkan transduser pada titik-titik pengukuran objek penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16, Ilustrasi Pengukuran vibrasi pada Pompa

Pada Gambar 17 menunjukkan titik pengukuran NDE Motor, DE Motor, DE Pompa & NDE Pompa objek penelitian.



Gambar 17, Titik Pengukuran vibrasi

4. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengukuran

Dari Gambar 14 diketahui bahwa standar vibrasi untuk pompa air side seal oil generator akan berada pada daerah alarm jika nilai vibrasinya berada pada dan melewati 1,4 mm/s dan akan berada pada daerah berbahaya jika telah melewati 4,5 mm/s. Data hasil pengukuran vibrasi dapat dilihat pada Tabel 3.

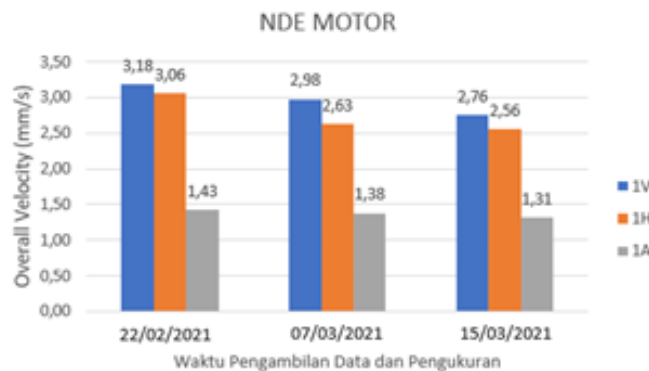
Tabel 3 Hasil Pengukuran Vibrasi

TRENDING VIBRASI AC AIR SIDE PUMP													
No.	Tanggal Pengukuran	1V	1H	1A	2V	2H	2A	3V	3H	3A	4V	4H	4A
1	02/22/2021	3.18	3.06	1.43	1.72	2.66	2.65	1.62	1.12	2.63	2.95	0.96	2.82
2	03/07/2021	2.98	2.63	1.38	1.72	2.50	2.45	1.52	1.10	2.53	2.85	1.08	2.29
3	03/15/2021	2.76	2.56	1.31	1.69	2.41	2.63	1.59	1.14	2.66	2.52	0.92	2.35

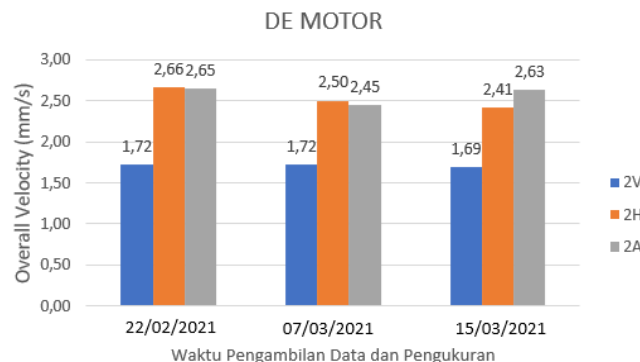
Dari Tabel 3 diketahui bahwa pada titik pengukuran NDE motor arah vertikal & horizontal yang memiliki nilai *Overall Velocity* paling tinggi dan sudah masuk pada daerah alarm yang hanya diizinkan beroperasi dalam jangka waktu yang relatif sebentar. Sedangkan pada titik pengukuran DE motor & DE pompa nilai yang terlihat masih diizinkan untuk beroperasi dalam jangka waktu yang relatif lama.

B. Grafik Hasil Pengukuran

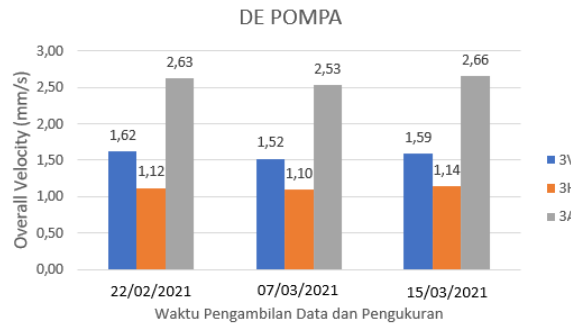
Grafik hasil pengukuran disajikan untuk memperkuat *justifikasi* permasalahan yang ada pada data yang diambil dalam jangka waktu tertentu. Data diambil dalam jangka waktu dari bulan Februari hingga Maret 2021. Jika grafik menunjukkan kenaikan yang signifikan, maka akan memperkuat hasil rekomendasi untuk segera dilakukan tindakan perawatan atau perbaikan.



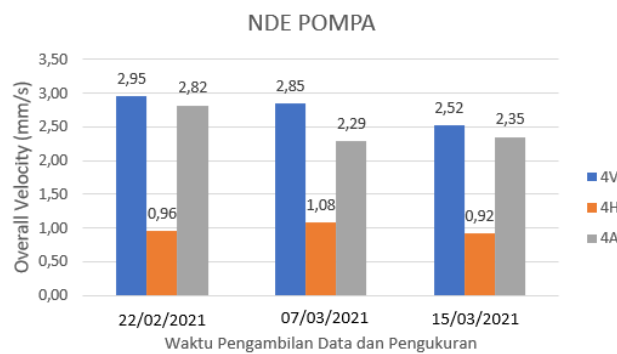
Gambar 18 Grafik Hasil Pengukuran titik NDE Motor



Gambar 19 Grafik Hasil Pengukuran titik DE Motor



Gambar 20 Grafik Hasil Pengukuran titik DE Pompa



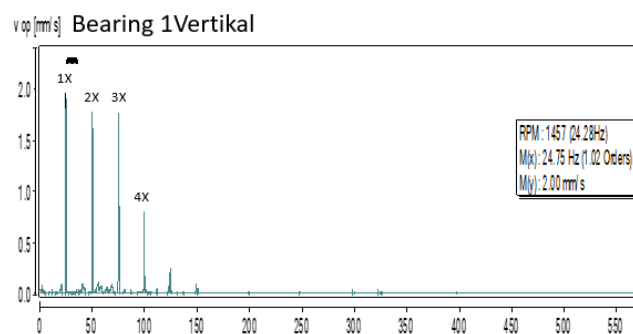
Gambar 21 Grafik Hasil Pengukuran titik NDE Pompa

Secara *overall* , hasil pengukuran vibrasi terdapat nilai vibrasi yang masuk kategori Tipe C (kriteria mesin dalam kondisi *alarm* yang diizinkan beroperasi untuk waktu yang terbatas).

C. Grafik Hasil Pengukuran

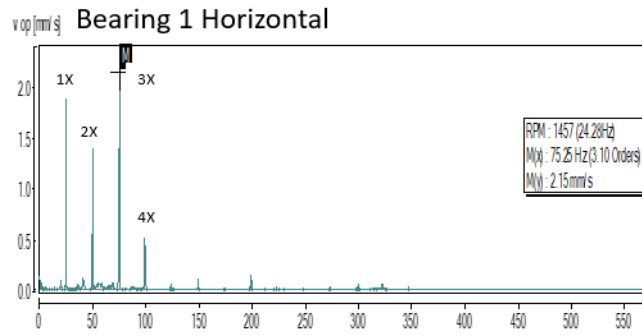
Berikut pembahasan spektrum vibrasi dari hasil pengukuran:

1. Pada bearing 1 sisi vertikal (NDE Motor) terdapat sinyal spektrum harmonik 1x, 2x, 3x dan 4x yang merupakan indikasi dari *looseness*. [12]



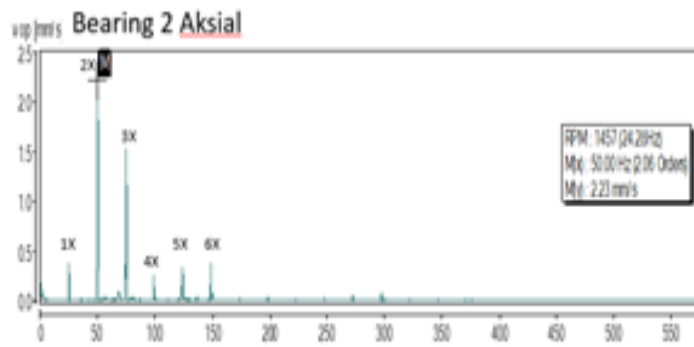
Gambar 22 Spektrum vibrasi pada bearing 1 vertikal

2. Pada bearing 1 sisi horizontal (NDE Motor) terdapat sinyal spektrum harmonik 1x, 2x, 3x, 4x, 5x dan 6x yang merupakan indikasi dari *looseness*. [12]



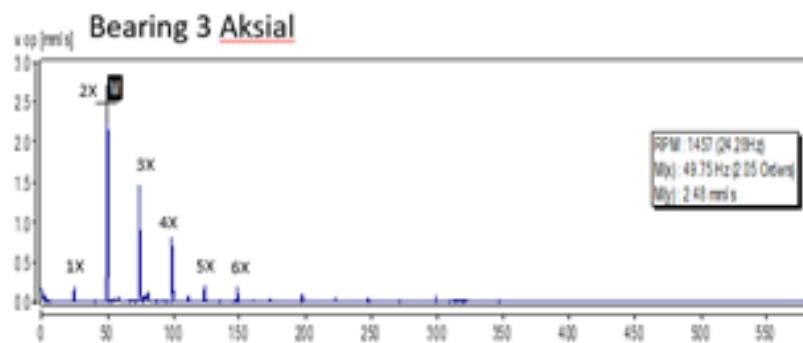
Gambar 23 Spektrum vibrasi pada bearing 1 Horizontal

3. Pada bearing 2 sisi aksial (DE Motor) terdapat sinyal spektrum dominan di 2x orde yang merupakan indikasi dari adanya kondisi *misalignment*, juga terdapat sinyal spektrum harmonik 1x, 2x, 3x dan 4x yang merupakan indikasi dari looseness. Gambar 24 Spektrum vibrasi pada bearing 1 horizontal



Gambar 24 Spektrum vibrasi pada bearing 2 Aksial

4. Pada bearing 3 sisi aksial (DE Pompa) terdapat sinyal spektrum dominan di 2x orde yang merupakan indikasi dari adanya kondisi *misalignment*, juga terdapat sinyal spektrum harmonik 1x, 2x, 3x dan 4x yang merupakan indikasi dari looseness.



Gambar 25 Spektrum vibrasi pada bearing 3 Aksial

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kegagalan *rubber coupling* pada pompa air *side seal* oil generator unit 1 PLTU Pelabuhanratu disebabkan oleh adanya fenomena vibrasi *misalignment* dan *looseness* yang berlangsung relatif lama. Vibrasi pada pompa air *side seal* oil generator unit 1 PLTU Pelabuhanratu kemungkinan awal dari adanya vibrasi lokal disekitar

area pondasi pompa yang mengakibatkan baut kaki – kaki pondasi motor longgar (*looseness*) sehingga menimbulkan ketidaksumbuhan pada poros (*misalignment*). Vibrasi yang terukur pada pompa air *side seal oil* generator unit 1 PLTU Pelabuhanratu menunjukkan vibrasi tertinggi pada *bearing* 1 motor (sisi NDE motor) dan juga *bearing* 3 pompa (sisi DE pompa), sesuai standar vibrasi ISO 10816-3 group 2 *rigid*, maka masuk kategori Tipe C. Fenomena vibrasi *misalignment* dan *looseness* dalam jangka waktu lama berdampak terjadinya kontak *abnormal* antara *rubber coupling* dan kopling cakar. Akibatnya sesuai temuan di lapangan kondisi permukaan *rubber coupling* mengalami keausan di beberapa titik dan harus dilakukan penggantian sebelum waktu yang telah ditentukan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Rohadi, Ifan Rohman, “ANALISIS KERUSAKAN MATERIAL RUBBER COUPLING MOTOR BELT CONVEYOR Di PT INDONESIA POWER UJP BANTEN III LONTAR,” 2016.
- [2] (<https://indobeltraco.com/seberapa-pentingkah-rubber-coupling/>) diakses pada 15 Juli 2021.
- [3] D. Ariwibowo dan A. Rahmawaty, “Sistem Pendinginan Generator PT Indonesia Power UBP Suralaya Menggunakan Hidrogen,” 2013.
- [4] Shanghai Electric.co, “Turbine Operation Manual Book Palabuhan Ratu 3 x 350 MW Coal Fired Power Plant Turbine Operation Manual (Final Edition)”, 2013.
- [5] Aryatno, A. 2011. Pengertian dan manfaat kopling, (online), (<http://andiweb3.wordpress.com/2011/11/25/pengertian-dan-manfaat-kopling/.html>), diakses pada 13 April 2021.
- [6] Sularso dan Sugi Kiyokatsu “Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin” Pradya Paramita Jakarta,” 1985.
- [7] <https://www.redwoodplastics.com/wp/upload03/Urethane-MSDS-2012.pdf>, diakses pada 10 Juli 2021.
- [8] D. Dzulfikar and W. Broto, “OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK TENAGA SURYA Abstrak,” vol. V, pp. 73–76, 2016.
- [9] N. Carnegie, D. Suryadi, Fitrilina, “ANALISA LEVEL GETARAN COOLING WATER PUMP 1 JENIS SENTRIFUGAL,” Rekayasa Mekanik Vol.4, No. 1, 2020.
- [10] Napitupulu, Gerry M, “Ciri Respon Getaran Arah Horizontal Kasus Misalignment Poros Kopling Tetap yang Balance”. Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara. Institut Teknologi Bandung. Bandung, 2009.