



ANALISA VIBRASI MAIN SEA WATER PUMP DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DAN FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS DI PT KRAKATAU DAYA LISTRIK

Edi Kurniawan¹, Wawan Gunawan², Achmad Syarifudin³

¹²³Universitas Banten Jaya, Indonesia

¹kurniawan_e20@yahoo.com ²wgunawan.wg58@gmail.com ³achmad.buker69@gmail.com

Abstract

Main sea water pump at PLTGU PT. Krakatau Daya Listrik uses sea water as the fluid that flows in it. The examination is carried out to find out what causes the high vibration value, OEE value and RPN value on the Main Sea Water Pump. 29 April 2020 has an alarm status with a value speed of 21.68 mm / s by indicating turbulence or cavitation with a stage alarm. The OEE value for the main sea water pump is 75.61%, with an Availability Value of 95.25%, Performance Efficiency 79.35%, and a Rate of Quality of 100%. Six Big Losses, namely Idle and Minor Stoppage Losses of 54.85%, Reduced Speed Losses of 158%, Equipment Failure Losses of 0%, Setup and Adjustment Losses of 0.08% and for Deffect Losses and Reduced Yeild of 0% which greatly affects the performance of the Main Sea Water Pump, FMEA, the RPN value for each component with the scale of damage (severity), frequency (occurrence), and detection (detection) of the highest RPN Oil Seal, namely 343. The lowest RPN value for the Motor component is 32. The repair plan in this case is to reduce the number of failures or frequencies that occur due to problems with the Main Sea Water Pump, then an improvement plan is carried out, namely the results of the 5W + 1H analysis, checking properly and properly not in a hurry, and training or to improve knowledge for experts, regular service and installation of components correctly when repairs are in accordance with the SOP, and making regular schedules, at carry out regular painting, Understanding of SOP for all operators and giving sanctions to operators who do not follow SOP, Understanding SOP for all operators, especially on operating shifts, and making good repair schedules while carrying out maintenance.

Key words: Main Sea Water Pump, Vibration, OEE, FMEA, 5W + 1H

I. PENDAHULUAN

Pompa merupakan salah satu alat yang banyak digunakan dalam dunia industri. Hampir pada setiap industri menggunakan pompa sebagai sarana penunjang proses produksi yang ada. Pompa digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tekanan rendah ke tekanan yang lebih tinggi atau tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Pompa memiliki berbagai macam jenis dan fungsi, salah satunya adalah pompa sentrifugal dengan hisapan tunggal yang digunakan oleh sebagai alat bantu untuk suplai air pada proses produksi.

Analisa vibrasi sangat penting karena salah satu indikator yang baik untuk mendeteksi masalah mekanis untuk peralatan berputar (Rotating Equipment), karena getaran suatu mesin yang disebabkan oleh gaya berulang seperti ketidakseimbangan, misalignment, poros bengkok, kerusakan bantalan, kelonggaran mekanik, gear aus, kavitasi dan resonansi.

Salah satu cara perbaikannya yaitu dengan melakukan pengukuran produktivitas dan kinerja sistem pemeliharaan menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). Metode FMEA membantu perusahaan mengembangkan analisa resiko dalam manajemen pemeliharaan metode yang sistematis, terorganisasi dan efisien, sehingga perusahaan mampu menyusun rencana menghadapi kondisi kritis untuk meningkatkan keandalan.

PT Krakatau Daya Listrik (PT KDL) Merupakan Perusahaan BUMN yang bergerak dibidang pembangkit listrik. Pada awalnya, PT KDL, merupakan perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 400 MW di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) yang bekerja sebagai pemasok energi listrik untuk Kawasan industry Krakatau dan sekitarnya. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 28 februari 1966 sesuai akte notaris Ny. Tuti Setiahati Kushardani Soetoro, S.H dan dibangun pada tanggal 10 juni diatas lahan seluas 877.080 m2 serta diresmikan pengoperasiannya pada tanggal 9 oktober 1979.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah suatu mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida menggunakan gaya sentrifugal, pompa sentrifugal terdiri dari sebuah cakram dan terdapat sudu-sudu, arah putaran sudu-sudu itu biasanya dibelokkan kebelakang terhadap arah putaran. Pompa merupakan pesawat angkut yang bertujuan untuk memindahkan zat cair melalui saluran tertutup. Pompa menghasilkan suatu



tekanan yang sifatnya hanya mengalir dari suatu tempat ke tempat yang bertekanan lebih rendah. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah. Fluida yang dipindahkan adalah fluida inkompresibel atau fluida yang tidak dapat dimampatkan (Hidayat et al., 2018).

2.3 Vibrasi

Dalam buku praktikal vibrasi mekanik (Dr. Abdul Hamid, B.Eng, 2015). Vibrasi adalah gerak bolak balik atau gerak osilasi dari suatu benda yang mempunyai massa dan mempunyai elastisitas seperti sistem pegas massa.

Vibrasi atau getaran didefinisikan oleh Kamus *Webster's New World* sebagai "ayunan yang terjadi secara terus menerus; berosilasi". Sedangkan bagi para engineer yang berkecimpung di bidang industri, mendefinisikan vibrasi sebagai gerakan bolak-balik yang terdapat pada bagian sebuah mesin dari tempat awal kedudukannya, dan dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$\text{Respon Amplitudo Getaran} \quad X \quad \frac{\text{Dynamic force}}{\text{Dynamic resistance}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dari persamaan di atas menunjukkan bahwa amplitudo getaran bervariasi sesuai dengan hasil bagi antara *dynamic force* dengan *dynamic resistance*.

2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah salah satu alat yang digunakan untuk meningkatkan status dan efektivitas proses produksi. Alat sederhana dan praktis ini mengidentifikasi sumber kehilangan produktivitas pabrikaan yang paling umum dan penting dan untuk meningkatkan efektivitas peralatan (baghbani et al., 2019).

Formula matematis dari OEE (*overall Equipment Effectiveness*) dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availability Rate} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate} \dots\dots\dots(2.2)$$

OEE merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasikan tingkat produktifitas mesin atau peralatan dan kinerjanya secara teori (Nakajima, 1928).

2.5.2 Availability Rate

$$\text{Availability Rate} = \frac{\text{Operating Time} \times 100 \%}{\text{Loading Time}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Merupakan rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan.

2.5.3 Loading Time

$$\text{Loading Time} = \text{Available Time} - \text{Planned Downtime} \dots\dots\dots(2.4)$$

Merupakan waktu yang ada atau tersedia (*available time*) perhari atau perbulan dikurangi dengan waktu downtime dari mesin yang sudah direncanakan (*planned downtime*).

2.5.4 Operating Time

$$\text{Operating Time} = \text{Loading Time} - \text{Downtime} \dots\dots\dots(2.5)$$

Merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtimemesin (non-operating time)*.

2.5.5 Performance Efficiency (PE) Rate

$$\text{PE} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operating Time}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.6)$$

Merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang.

$$\text{Ideal Cycle Time} = \frac{1 \text{ h}}{\text{Ideal Production}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Merupakan pendekatan teoritis secara perhitungan, berapa minimum kebutuhan untuk memproduksi 1 unit barang jadi.

2.5.6 Quality Rate



$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.8)$$

Merupakan rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar.

Six Big Losses merupakan 6 kerugian besar yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan.

2.5.8 Downtime Losses

a. Equipment Failure Losses

$$\text{Equipment Failure} = \frac{\text{Equipment Failure}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.9)$$

Merupakan kerugian diakibatkan karena kerusakan mesin dan peralatan secara mendadak sehingga proses produksi terhenti.

b. Setup and Adjustment Losses

$$\text{Set up Adjustment Losses} = \frac{\text{Set up Adjustment Loss}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.10)$$

Merupakan kerugian yang dikarenakan setelah melakukan set up pada mesin atau peralatan. Hal ini disebabkan karena adanya waktu yang tercuri untuk set up yang lama.

2.5.9 Speed Losses

a. Idle and Minor Stoppage (IMS)

$$\text{IMS} = \frac{(\text{Jumlah Target} - \text{Jumlah Produksi}) \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots(2.11)$$

Merupakan kerugian yang disebabkan oleh berhentinya mesin sesaat dikarenakan material yang datang terlambat ke stasiun kerja atau karena adanya pemadaman listrik.

b. Reduced Speed Losses (RSL)

$$\text{RSL} = \frac{(\text{Actual Cycle Time} - \text{Ideal Cycle Time}) \times \text{Total Produk}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots(2.12)$$

Merupakan kerugian yang terjadi karena penurunan kecepatan mesin sehingga mesin tidak dapat beroperasi dengan normal.

2.5.10 Quality Losses

a. Defect Losses

$$\text{Defect Losses} = \frac{(\text{Total Reject} \times \text{Ideal Cycle Time})}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.13)$$

Merupakan kerugian yang disebabkan karena hasil produksi tersebut memiliki kekurangan (cacat) setelah keluar dari proses produksi.

b. Reduced Yield

$$\text{Reduced Yield} = \frac{\text{Waktu Siklus Ideal} \times \text{Jumlah Cacat Pada Awal Produksi}}{\text{Loading Time}} \times 100 \dots\dots(2.14)$$

Merupakan kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi yang stabil. Kerugian yang disebabkan oleh produk yang dihasilkan tidak sesuai standar.

2.6 FMEA (FAILURE MODE EFFECT AND ANALYSIS)

Menurut (McDermott et al., 2009) FMEA secara formal pertama kali digunakan pada industri penerbangan pada pertengahan 1960 secara khusus berfokus pada isu-isu keselamatan. Pada fase berikutnya FMEA berperan penting dalam meningkatkan keselamatan kerja terutama pada proses industri.

Metode FMEA adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membant proses pembuatan keputusan dari engineer selama perancangan dan pengembangan. Analisa *bottom* tersebut biasanya disebut analisa up, seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi tingkat awal dan mempertimbangkan kegagalan sistem yang merupakan hasil dari keseluruhan bentuk kegagalan yang berbeda. *Severity, Occurance, Detection* dan *Risk Priority Number (RPN)*.



$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(2.15)$$

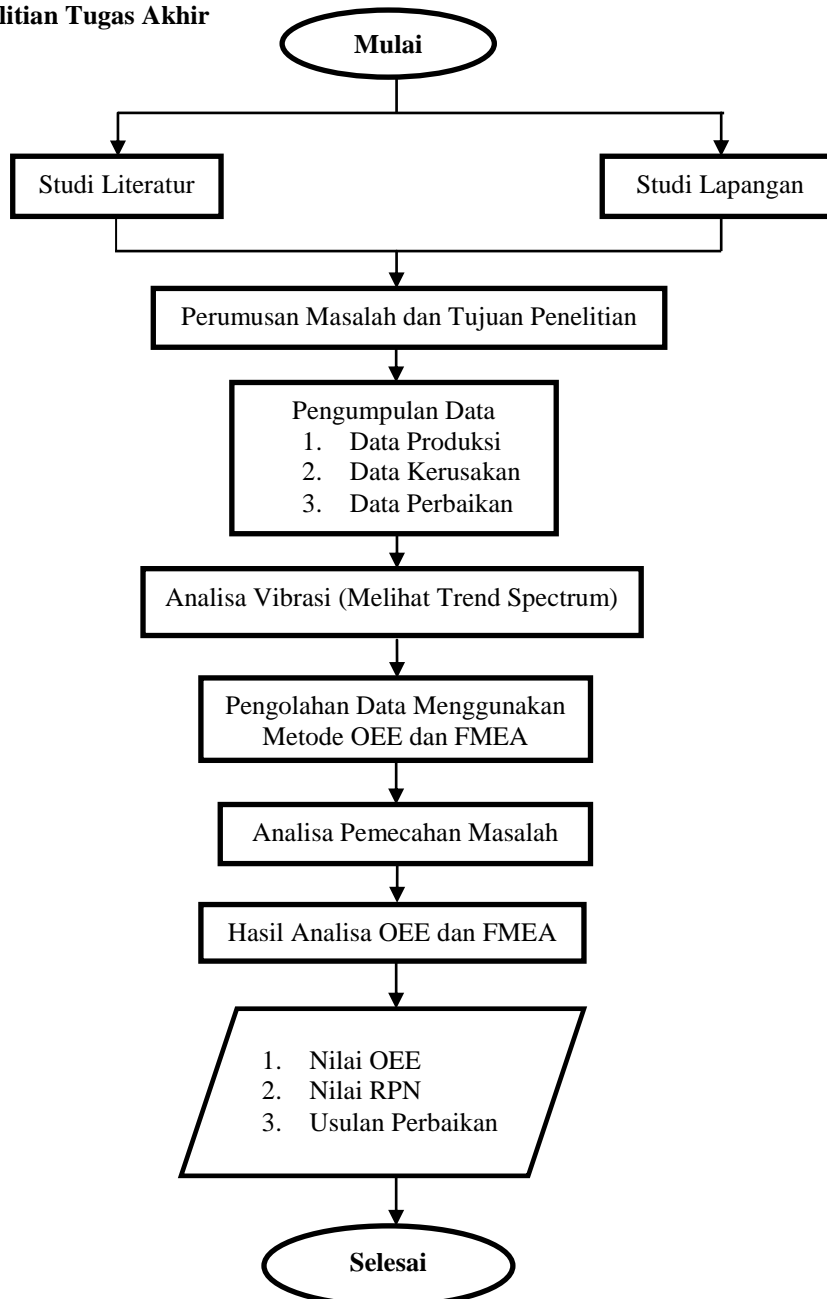
Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka harus mengidentifikasi terlebih dahulu tentang *Severity*, *Occurance*, *Detection*, serta hasil akhir berupa RPN (M & Kusuma, 2019) dapat dirumuskan seperti diatas.

2.7 5W+1H

5W1H merupakan sebuah konsep rumusan pertanyaan yang digunakan untuk memecahkan suatu masalah. Sebenarnya 5W1H adalah konsep yang cukup sederhana, namun memiliki fungsi yang sangat luar biasa dalam penyelesaian suatu masalah. Penjelasan mengenai pertanyaan-pertanyaan tersebut diantaranya adalah *What, Why, Where, When, Who, dan How*.

III METODOLOGI PENELITIAN

Flowchart Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3.3 *Flowchart Penelitian Tugas Akhir*



3.2 Objek Penelitian



Gambar 3.1 Pompa *Main Sea Water Pump*
 (Sumber : PT Krakatau Daya Listrik,2020)

Objek penelitian dalam penelitian ini mengenai analisa kehandalan atau kegagalan dan untuk mengukur efektifitas dari suatu kondisi fasilitas atau mesin dalam keadaan beroperasi pada sistem pengoprasian pengolahan air pendingin untuk steam turbine di PT Krakatau Daya Listrik yaitu pompa *Main Sea Water Pump*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kehandalan atau kelainan pada vibrasi unit pompa pendinginan.

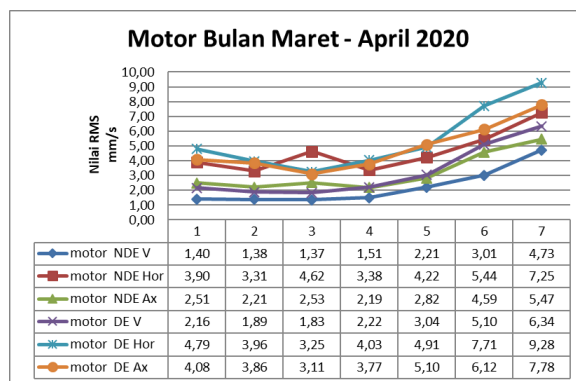
VI. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Pengambilan data atau pengukuran vibrasi

Tabel 4.3 Nilai Vibrasi Motor Dan Pompa *Main Sea Water Pump*

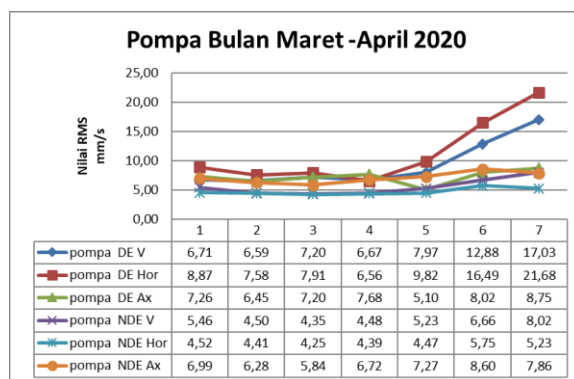
Main Sea Water Pump		04/03/2020	11/03/2020	18/03/2020	01/04/2020	15/04/2020	22/04/2020	29/04/2020
motor	NDE V	1,40	1,38	1,37	1,51	2,21	3,01	4,73
	Hor	3,90	3,31	4,62	3,38	4,22	5,44	7,25
	Ax	2,51	2,21	2,53	2,19	2,82	4,59	5,47
DE	V	2,16	1,89	1,83	2,22	3,04	5,10	6,34
	Hor	4,79	3,96	3,25	4,03	4,91	7,71	9,28
	Ax	4,08	3,86	3,11	3,77	5,10	6,12	7,78
pompa	DE V	6,71	6,59	7,20	6,67	7,97	12,88	17,03
	Hor	8,87	7,58	7,91	6,56	9,82	16,49	21,68
	Ax	7,26	6,45	7,20	7,68	5,10	8,02	8,75
NDE	V	5,46	4,50	4,35	4,48	5,23	6,66	8,02
	Hor	4,52	4,41	4,25	4,39	4,47	5,75	5,23
	Ax	6,99	6,28	5,84	6,72	7,27	8,60	7,86

Pengambilan data atau pengukuran vibrasi dilakukan rutin pada unit main sea water pump setiap hari rabu setiap satu minggu sekali, penulis menggunakan data atau pengukuran vibrasi pada saat penulis melaksanakan penelitian yaitu pada bulan Maret sampai April 2020. Untuk pelaksanaannya sendiri dua buah probe dipasang pada bagian pompa dan motor masing – masing pada Drive End (DE) dan Non Drive End (NDE) penempatan sensor dilakukan dengan tiga arah yaitu arah horizontal, vertikal, dan axial.



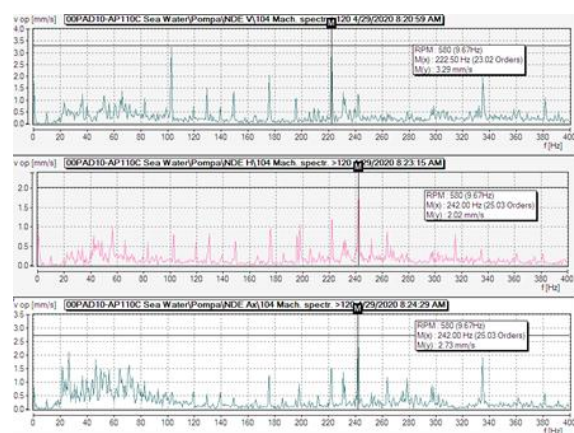
Gambar 4.3 Line Diagram Motor

Line Diagram Motor menunjukkan grafik peningkatan dari bulan maret sampai dengan bulan April 2020.



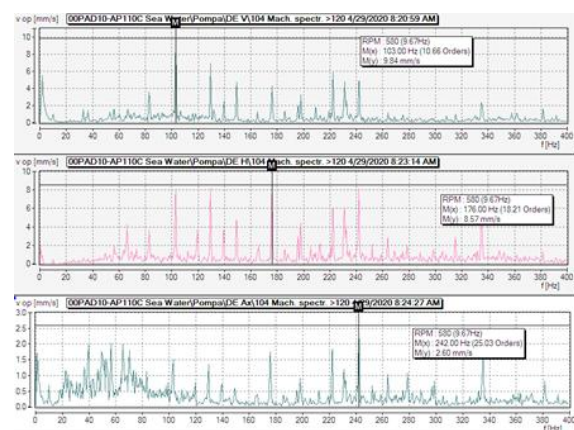
Gambar 4.3 Line Diagram Pompa

Line Diagram Pompa menunjukkan grafik peningkatan yang signifikan dari bulan maret sampai dengan bulan April 2020.



Gambar 4.7 Spectum Pompa NDE

Pada spektrum sisi pompa NDE diatas menunjukkan pola/ *pattern pulsed*, frekuensi tinggi (Non – Harmonik).



Gambar 4.8 Spectum Pompa DE

Pada spektrum sisi pompa DE diatas menunjukkan pola/ *pattern pulsed*, frekuensi tinggi (Non – Harmonik).

Dari analisa vibrasi diatas Pada unit main sea water pump di PLTGU PT Krakatau Daya Listrik tingginya vibrasi pada bulan Maret dan April 2020 khususnya pada unit pompa diakibatkan adanya turbulence fluida aliran air laut dan kavitasi dapat dilihat dari frekuensi domainnya, sehingga ketika nilai *velocity* getaran atau vibrasi tinggi (*Stage Alarm*) pada spektrumnya menunjukkan pola/ *pattern pulsed*, frekuensi tinggi (Non – Harmonik) penyebab utamanya adalah bearing anti friksi yang kurang baik.

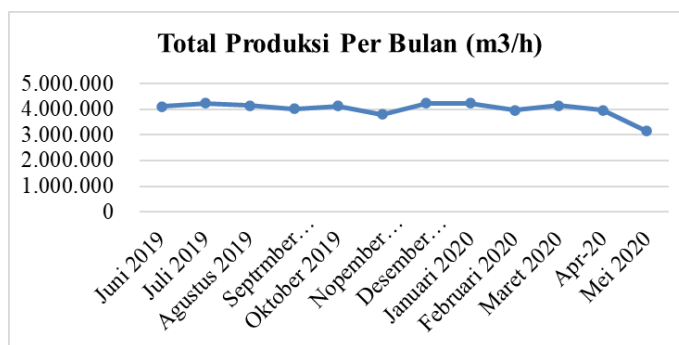


B. Analisa OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Tabel 4.7 Data Produksi *Main Sea Water Pump*

Bulan / Tahun	Total Produksi Per Bulan (m ³ /h)
Juni 2019	4.104.000
Juli 2019	4.240.800
Agustus 2019	4.149.600
Septmber 2019	4.012.800
Oktober 2019	4.126.800
Nopember 2019	3.801.900
Desember 2019	4.240.800
Januari 2020	4.229.400
Februari 2020	3.967.200
Maret 2020	4.149.600
Apr-20	3.967.200
Mei 2020	3.146.400

Tabel diatas menunjukkan data produksi *Main Sea Water Pump* dari Juni 2019 sampai dengan Mei 2020.



Gambar 4.8 Line Diagram Total Produksi *Main Sea Water Pump*

Line Diagram Total Produksi *Main Sea Water Pump* dari Juni 2019 sampai dengan Mei 2020.

Tabel 4.9 Data *Unplanned Downtime Main Sea Water Pump* Bulan Juni 2019 – Mei 2020

Bulan / Tahun	Jam Kerja Tersedia	Unplanned Downtime <i>Main Sea Water Pump</i> (h)								
		Planned downtime	Shutdown Time	Setup MSWP	Vibrasi Pompa Tinggi	Motor Trip	Oil Seal Bocor	Dispack Kopling Rusak	Mecseal Rusak	Bearing pompa
2019										
Juni	720	0	0,5	12	0	0	0	0	0	12,5
Juli	744	0	0,5	32	0	0	0	0	0	32,5
Agustus	728	16	0,5	25	0	0	0	1	0	42,5
September	704	16	0,5	24	0	0	0	0	0	40,5
Oktober	724	20	0,5	16	0	0	0	0	0	36,5
Nopember	677	19	0,5	28	0	2	1	0	2	52,5
Desember	744	0	0,5	27	0	0	0	0	0	27,5
2020										
Januari	742	2	0,5	23	0	0	0	1	0	26,5
Februari	696	0	0,5	34	0	0	0	0	0	34,5
Maret	728	16	0,5	28	0	1	0	0	0	45,5
April	696	0	0,5	45	0	0	0	0	2	47,5
Mei	552	192	0,5	24	0	0	0	0	0	216,5

(Sumber : Quality Control Power Plant PT. KDL)

Dari data unplanned downtime pada Tabel 4.9 periode bulan Juni 2019 s/d Mei 2020, perlu dicari nilai laju efektifitas dari *Main Sea Water Pump*.



Tabel 4.10 Perhitungan *Availability Rate*

Bulan / Tahun	Availability Time (h)	Planned Downtime (h)	Unplanned Downtime (h)	Loading Time (h)	Operation Time (h)	Availability Rate (%)
Juni	720	0	12,5	720	707,5	98,26
Juli	744	0	32,5	744	711,5	95,63
Agustus	728	16	42,5	712	669,5	94,03
September	704	16	40,5	688	647,5	94,11
Oktober	724	20	36,5	704	667,5	94,82
Nopember	677	19	52,5	658	605,5	92,02
Desember	744	0	27,5	744	716,5	96,30
Januari	742	2	26,5	740	713,5	96,42
Februari	696	0	34,5	696	661,5	95,04
Maret	728	16	45,5	712	666,5	93,61
April	696	24	47,5	672	624,5	92,93
Mei	552	192	216,5	360	143,5	39,86
Total Rata-rata						90,25

Tabel diatas adalah perhitungan *Availability Rate* dari *Main Sea Water Pump*
 Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Availability Januari} &= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \\
 &= \frac{707,5}{720} \times 100\% \\
 &= 98,26\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Perhitungan *Performance Efficiency Rate*

Bulan / Tahun	Total Production (m ³ /h)	Ideal Cycle Time (h/m ³)	Operation Time (h)	Performance Rate %
Juni	4.104.000	0,0014	707,5	81,21
Juli	4.240.800	0,0014	711,5	83,44
Agustus	4.149.600	0,0014	669,5	84,74
September	4.012.800	0,0014	647,5	84,67
Oktober	4.126.800	0,0014	667,5	84,03
Nopember	3.801.900	0,0014	605,5	85,23
Desember	4.240.800	0,0014	716,5	82,86
Januari	4.229.400	0,0014	713,5	82,75
Februari	3.967.200	0,0014	661,5	83,96
Maret	4.149.600	0,0014	666,5	85,12
April	3.967.200	0,0014	624,5	88,93
Mei	3.146.400	0,0014	143,5	30,69
Total Rata-rata				79,35

Tabel diatas adalah perhitungan *Performance Efficiency Rate* dari *Main Sea Water Pump*
 Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Performance Juni} &= \frac{\text{Proccesd Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\% \\
 &= \frac{4.104.000 \times 0.0014}{707,5} \times 100\% \\
 &= 81,21\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ideal Cycle Time} &= \frac{1 \text{ h}}{\text{Ideal Production}} \times 100\% \\
 &= \frac{5700}{4.104.000} \times 100\% \\
 &= 0.00138 = 0.0014
 \end{aligned}$$



Tabel 4.12 Perhitungan *Quality Rate*

Bulan / Tahun	<i>Ideal Production (m3/h)</i>	<i>Total Production (m3/h)</i>	<i>Defect Amount</i>	<i>Quality Rate (%)</i>
Juni	3.697.875	4.104.000	0	100
Juli	3.697.875	4.240.800	0	100
Agustus	3.697.875	4.149.600	0	100
September	3.697.875	4.012.800	0	100
Oktober	3.697.875	4.126.800	0	100
Nopember	3.697.875	3.801.900	0	100
Desember	3.697.875	4.240.800	0	100
Januari	3.697.875	4.229.400	0	100
Februari	3.697.875	3.967.200	0	100
Maret	3.697.875	4.149.600	0	100
April	3.697.875	3.967.200	0	100
Mei	3.697.875	3.146.400	0	100
Total Rata-rata				100

Tabel diatas adalah perhitungan *Quality Rate* dari *Main Sea Water Pump*
 Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Quality Rate Juni} &= \frac{\text{Proccesd Amount} \times \text{Defect Amount}}{\text{Proccesd Amount}} \times 100\% \\ &= \frac{4.104.000 \times 0}{4.104.000} \times 100\% \\ &= 0 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Bulan / Tahun	<i>Availability Rate (%)</i>	<i>Performance Rate (%)</i>	<i>Quality Rate (%)</i>	<i>OEE (%)</i>
2019				
Juni	98,26	81,21	100	79,80
Juli	95,63	83,44	100	79,79
Agustus	94,03	84,74	100	81,58
September	94,11	84,67	100	81,65
Oktober	94,82	84,03	100	82,06
Nopember	92,02	85,23	100	80,89
Desember	96,30	82,86	100	79,79
2020				
Januari	96,42	82,75	100	80,01
Februari	95,04	83,96	100	79,79
Maret	93,61	85,12	100	81,59
April	92,93	88,93	100	82,64
Mei	39,86	30,69	100	12,23
Total Rata-rata	90,25	79,80	100	71,61

Tabel diatas adalah perhitungan Perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dari *Main Sea Water Pump*

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{OEE Juni} &= 98.26\% \times 81.21\% \times 100\% \\ &= 79,80\% \end{aligned}$$

Tabel 4.12 OEE *Standard World Class* dan *Main Sea Water Pump*

OEE Factor	<i>World Class</i>	OEE Factor	<i>Main Sea Water Pump</i>
Availability	90,00	Availability	90,25
Performance	95,00	Performance	79,35
Quality	99,00	Quality	100
OEE	94,67	OEE	71,61



Tabel diatas adalah perbandingan antara OEE *Standard World Class* dan *Main Sea Water Pump* yang.

Dari hasil perhitungan yang didapat bahwa :

- Selama periode bulan Juni 2019 s/d Mei 2020 diperoleh nilai OEE *Main Sea Water Pump* dengan rata – rata 75,61%, hasil ini menunjukkan bahwa nilai OEE pada fasilitas tersebut masih dianggap kelas dunia karena berada diantara nilai OEE 75 – 85% standard JIPM.
- Nilai OEE *Main Sea Water Pump* tertinggi didapat pada bulan April 2020 sebesar 82.64% dengan nilai factor *Availability Rate* 98.26%, Nilai *Performance Rate* 88.93% dan nilai *Quality Rate* sebesar 100%.
- Nilai OEE *Main Sea Water Pump* terendah didapat bulan Mei 2020 sebesar 12.23%, dengan nilai factor *Availability Rate* 39,86%, Nilai *Performance Rate* 30,69% dan nilai *Quality Rate* sebesar 100%.

C. Analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Pada tahap ini, setiap potensi kegagalan dikualifikasikan berdasarkan skala prioritas penanganan. Skala prioritas disusun menurut kondisi resiko efek kegagalan terhadap operasional sistem dan proses di perusahaan. Parameter yang digunakan dalam penyusunan skala prioritas adalah tingkat kerusakan (*severity*), frekuensi kerusakan (*occurance*) dan tingkat deteksi (*detection*). *Severity* merupakan luasan efek kegagalan terhadap operasional proses dan produksi. *Occurance* adalah kerap jumlah terjadinya kegagalan dalam satuan kerja periode tertentu. *Detection* merupakan kemampuan untuk membaca indikasi-indikasi kegagalan. Kemampuan indikasi dapat dipengaruhi oleh kapabel karyawan dan kelengkapan alat pendukung, sehingga tingkat deteksi semakin tinggi.

Pada tahap akhir dilakukan perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*). Rumusan adalah sebagai berikut :

$$RPN = S \times O \times D$$

S : Nilai *Saverity* O : Nilai *Occurance* D : Nilai *Detection*

Hasil analisa nilai RPN menjadi dasar penyusunan tingkat prioritas penanggulangan mode kegagalan.

Tabel 4.21 *Work Sheet FMEA*

FMEA Worksheet Main Sea Water Pump						
JENIS / ITEM	KOMPONEN	MODEL KEGAGALAN	Severity (1 -10)	Occurance (1 - 10)	Detection (1 - 10)	Risk Priority Number (RPN)
Main Sea Water Pump	Mechanical Seal	Gagal menghalangi fluida yang mengalir.	4	2	7	56
	Bearing	Gagal menumpu shaft sehingga terjadi kontak langsung antar logam.	9	7	3	189
	Impeller	Berkurangnya daya hisap fluida pada pompa.	8	2	8	128
	Shaft	Gagal mentransfer daya ke bagian pompa lainnya yang berputar	8	1	8	64
	Oil Seal	Gagal menghalangi oil yang tersimpan dihousing pompa.	7	7	7	343
	Motor	Gagal mentransfer energi listrik menjadi energi mekanik pada pompa.	8	2	2	32
Total						812

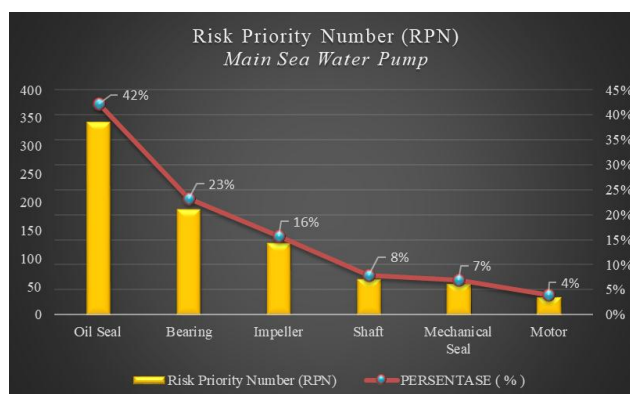
Tabel 4.21 adalah *worksheet* FMEA dari *Main Sea Water Pump* yang penulis teliti dalam Tugas Akhir ini. Didapatkan dari hasil wawancara dengan karyawan terkait di lingkungan perusahaan.

Tabel 4.22 *Persentase RPN (Risk Number Priority)*



JENIS / ITEM	KOMPONEN	MODEL KEGAGALAN	Severity (1-10)	Occurance (1-10)	Detection (1-10)	Risk Priority Number (RPN)	PERSENTASE (%)	KOM. PERSENTASE
Main Sea Water Pump	Oil Seal	Gagal menghalangi oil yang tersimpan dihousing pompa.	7	7	7	343	42%	42%
	Bearing	Gagal menumpu shaft sehingga terjadi kontak langsung antar logam	9	7	3	189	23%	66%
	Impeller	Berkurangnya daya hisap fluida pada pompa.	8	2	8	128	16%	81%
	Shaft	Gagal mentransfer daya ke bagian pompa lainnya yang berputar	8	1	8	64	8%	89%
	Mechanical Seal	Gagal menghalangi fluida yang mengalir.	4	2	7	56	7%	96%
	Motor	Gagal mentransfer energi listrik menjadi energi mekanik pada pompa.	8	2	2	32	4%	100%
Total						812	100%	

Hasil pengolahan data pada Tabel 4.22 Persentase RPN (Risk Number Priority) Kumulatif Persentase maka dibuatlah Diagram batang sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.18 dibawah ini. Yang menunjukkan secara visual urutan mode kegagalan untuk Unit Main Sea Water Pump dan untuk melihat nilai terbesar dari Unit Main Sea Water Pump mana yang paling besar nilai RPN nya atau pun nilai persentase kumulatif nya. Informasi ini dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam memutuskan prioritas resiko yang harus diatasi secara efisien.

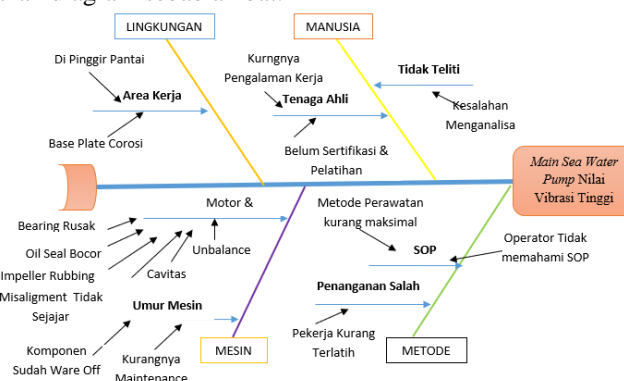


Gambar 4.18 Diagram Batang RPN Main Sea Water Pump

Dari hasil penerapan metode FMEA tersebut di temukan permasalahan yang paling dominan dari Main Sea Water Pump dengan nilai RPN sebesar 343 dari total 812, maka dalam hal ini perlu di lakukan perbaikan utama pada oil seal untuk kehandalan Main Sea Water Pump agar lebih handal dan efektif.

D. Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat digunakan untuk mencari akar permasalahan terhadap apa yang menyebabkan masalah yang terjadi pada Main Sea Water Pump. Berikut ini adalah hasil identifikasi penyebab dari nilai vibrasi yang tinggi pada Main Sea Water Pump berdasarkan data diatas sebelumnya hasil wawancara dengan pihak yang terkait di PT Krakatau Daya Listrik serta melihat langsung dilapangan. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan diagram sebab akibat.



Gambar 4.12 Diagram Sebab Akibat Vibrasi Tinggi

Berdasarkan diagram diatas dapat ditentukan penyebab potensial dari faktor utama yang menyebabkan nilai vibrasi yang tinggi pada unit Main Sea water pump dapat dilihat di table 4.24 dibawah ini.



Tabel 4.24 Identifikasi Faktor Penyebab Nilai Vibrasi Tinggi

No	Faktor Utama	Penyebab Potensial
1	Manusia	Pengalaman Kerja dan kurang teliti pada saat menganalisa data vibrasi.
2	Lingkungan	Berada dipinggir pantai dan menyebabkan cepatnya korosi pada bagian pompa atau base plate.
3	Mesin	Umur mesin dan kurangnya perawatan, pemasangan komponen tidak sesuai.
4	Metode	Penanganan yang salah dan tidak memahami sop yang berlaku di perusahaan.

Kurangnya perawatan sebagai akar permasalahan main sea water pump ini yang menimbulkan nilai vibrasi yang tinggi dan salah melakukan penanganan pada saat pompa tersebut dilakukan perbaikan. Mengenai situasi ini dianggap sebagai peningkatan berkelanjutan untuk diterapkan adalah dengan 5W+1H.

E. Analisa Penyelesaian Masalah Dengan 5W+1H

Tabel 4.25 Analisa 5W+1H Nilai Vibrasi Tinggi Main Sea Water Pump

PERMASALAHAN	FAKTOR	WHY	WHAT	WHERE	WHEN	WHO	HOW
MAIN SEA WATER PUMP TIDAK HANDAL	Tidak Teliti	Operator malas dan ceroboh.	Kesalahan menganalisa data.	MANUSIA	Saat proses produksi berlangsung.	Operator Vibrasi	Dilakukan pengecekan secara baik dan benar tidak terburu-buru.
	Teraga Ahli	Kemampuan untuk belajar kurang.	Pengalaman kerja kurang dan tidak adanya pelatihan atau sertifikasi bagi operator.	CCPP BOP	Saat proses produksi berlangsung.	Operator Vibrasi	Dilakukan pelatihan atau sertifikasi untuk meningkatkan pengetahuan bagi teraga ahli.
	Motor & Pompa	Kesalahan pemasangan komponen atau tidak pas.	Karena permasalahan yang sering terjadi pada motor dan pompa yaitu Bearing, Oil Seal, Impeller, Misalignment, Unbalance, Cavitation.	MESIN	Saat proses perbaikan.	Bagian Maintenance	Dilakukan perawatan secara berkala dan dilakukan pemasangan komponen dengan benar pada saat perbaikan sesuai dengan SOP.
	Umr Mesin	Komponen sudah ware off, jadwal perawatan tertunda.	Kurangnya perawatan pompa karena jadwal perawatan tidak teratur.	CCPP BOP	Saat proses produksi berlangsung.	Bagian Maintenance	Pembuatan jadwal maintenance secara berkala.
	Area Kerja	Cuaca kurang baik lembab, uap air laut.	Debit dengan pantai maka mengakibatkan base plate lebih cepat korosi dan fluida yang diakibatkan juga air laut.	LINGKUNGAN	Saat proses produksi berlangsung.	Operation shift dan Maintenance	Dilakukan pengecekan secara berkala agar tingkat korosi tidak begitu cepat merambat pada komponen lainnya.
	SOP	Tidak mengikuti SOP	Kesadaran diri yang kurang dan operator tidak mau bekerja sesuai dengan SOP yang sudah ditetapkan.	METODE	Saat proses produksi berlangsung.	Operation shift dan Maintenance	Pemahaman terhadap SOP kepada semua operator dan memberikan sanksi pada operator yang tidak mengikuti SOP.
	Penanganan salah	Tidak paham SOP	Belajar salah melakukan penanganan pada saat terjadi keluhan pada mesin.	CCPP BOP	Saat proses produksi berlangsung.	Operation shift dan Maintenance	Pemahaman terhadap SOP kepada semua operator terutama pada operation shift, dan pembuatan jadwal perbaikan yang baik saat melakukan maintenance.

5W+1H pada dasarnya adalah suatu metode yang digunakan untuk melakukan investigasi dan penelitian terhadap masalah yang terjadi. Dalam penerapannya untuk memecah masalah yang terjadi pada Unit Main Sea Water Pump yang bekerja untuk mensuplai Air Laut ke HE GTG, HE STG, Blow down Vessel dan Condensator sebagai air pendingin.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian tugas akhir ini penulis menyimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Analisa Kerusakan Main Sea Water Pump

Penyebab vibrasi tinggi menyebabkan kerusakan pada mesin rotary biasanya disebabkan oleh *unbalance, misalignment, anti friction bearing* buruk, *mechanical losses* dan *cavitasi* tingginya vibrasi pada 29 April 2020 berstatus *alarm* dengan nilai *velocity* 21.68 mm/s dengan mengindikasikan kerusakan yang terjadi yaitu *turbulence* atau *cavitasi* dengan *stage alarm*.

2. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) untuk *main sea water pump* adalah sebesar 75,15%, dengan nilai *Availability* sebesar 90.25%, *Performance Efficiency* 79,80%, dan *Rate of Quality* sebesar 100%.

Nilai Six Big Lossesnya adalah *Equipment Failure* 0%, *Setup and adjustment* sebesar 0,08%, *Idle and Minor Stoppage* sebesar 54.85%, *Reduced Speed Losses* sebesar 171%, *Defect Losses* 0%, *Reduced Yield* sebesar 0%.

3. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan RPN

Dari analisa FMEA dapat disimpulkan bahwa berdasarkan identifikasi kejadian risiko dengan model FMEA nilai RPN pada masing – masing masing komponen *Mechanical Seal, Bearing, Impeller, Shaft, Oil Seal*, dan motor, penyebab timbulnya risiko, Nilai pada tabel skala tingkat kerusakan (*severity*), frekuensi (*occurrence*), dan deteksi (*detection*) Dengan metode FMEA diketahui bahwa nilai RPN tertinggi terdapat pada komponen *Oil Seal* yaitu 343 dan komponen *Bearing* yaitu 189. Nilai RPN terendah pada komponen *Motor* yaitu 32.



4. Rencana tindakan perbaikan dalam hal ini adalah untuk menurunkan jumlah kegagalan atau frekuensi yang terjadi akibat permasalahan pada *Main Sea Water Pump*, maka dilakukan rencana perbaikan yaitu dari hasil analisa 5W+1H.

Faktor	Strategi Perbaikan dan Perawatan
Manusia	Dilakukan pengecekan secara baik dan benar tidak terburu-buru, dan Dilakukan pelatihan atau sertifikasi untuk meningkatkan pengetahuan bagi tenaga ahli.
Mesin	Dilakukan perawatan secara berkala dan dilakukan pemasangan komponen dengan benar pada saat perbaikan sesuai dengan SOP, dan pembuatan jadwal maintenane secara berkala.
Lingkungan	Dilakukan pengecatan secara berkala agar tingkat corosi tidak begitu cepat merambat pada komponen lainnya.
Metode	Pemahaman terhadap SOP kepada semua operator dan memberikan sanksi pada operator yang tidak mengikuti SOP, Pemahaman terhadap SOP kepada semua operator terutama pada operation shift, dan pembuatan jadwal perbaikan yang baik saat melakukan maintenance.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini diharapkan dapat memeberikan masukan dan manfaat bagi perusahaan dan bagi penulis sendiri, berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kondisi unit *Main Sea Water Pump* pada bulan maret dan april 2020 lebih diperhatikan lagi hingga kembali ke kondisi aman untuk menghindari terjadinya *breakdown* ataupun *downtime* dan dilakukan perencanaan perbaikan dengan baik.
2. Pengawas produksi maupun manajemen perlu memperhatikan kinerja pemeliharaan prediktif yang saling berkesinambungan antara teknisi pemeliharaan, peralatan kerja, analisis serta rekomendasi dan tindak lanjutnya sehingga didapatkan tindakan pemeliharaan yang tepat dan dapat meningkatkan keandalan.
3. Perlu dilakukan perencanaan kegiatan *workshop* yang rutin untuk menyusun kajian FMEA berupa potensi gangguan dan kerusakan pada peralatan, pembaruan nilai *Risk Priority Number* (RPN), *workshop* tersebut dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang ditentukan pada masing-masing unit.

REFERENSI

- [1] Adam Hafizar Pohan. (2018). Pengujian Eksperimental Dan Simulasi Ansys Performansi Pompa Sentrifugal Rangkaian Seri Dan Paralel. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 20(2), 29–35. <https://doi.org/10.32734/jsti.v20i2.486>
- [2] Andri Susanto. (2018). Materi Uji Kompetensi IATKI BALANCE OF PLANT. In PT KRAKATAU DAYA LISTRIK (p. 14).
- [3] baghbani, M., Iranzadeh, S., & Bagherzadeh khajeh, M. (2019). Investigating the relationship between RPN parameters in fuzzy PFMEA and OEE in a sugar factory. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 60(May), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.05.003>
- [4] Dr. Abdul Hamid, B.Eng. M. E. (2015). PRAKTIKAL VIBRASI MEKANIK Teori dan Praktik (Vol. 3, Issue 2). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- [5] FITRIYAN, R. (2016). ANALISIS RISIKO KERUSAKAN PERALATAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE FMEA UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PEMELIHARAAN PREDIKTIF PADA PEMBANGKIT LISTRIK.
- [6] Goyal, D., & Pabla, B. S. (2015). Condition based maintenance of machine tools-A review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 10, 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.05.004>
- [7] Hidayat, M. R., Firman, M., & Suprpto, M. (2018). Analisa Tekanan Dan Efisiensi Pada Pompa Air Sentrifugal Dengan Rangkaian Seri. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 74–77. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v3i2.1621>
- [8] Irfan, M., Hadiyat, S., Budiasih, E., Tatas, F., & Atmaji, D. (2019). Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dengan Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm) the Effectiveness Analysis of Cutting Machine on Pipe Factory Using Method Overall Equipment Effectiveness (Oee) With Application of Total P. 6(2), 6196–6202.
- [9] Kameiswara, R. A., Sulistiyo, A. B., & Wawan Gunawan. (2018). Analisa Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Mengurangi Six Big Losses Pada Cooling Pump Blower Plant PT. Pabrik Baja Terpadu. *Jurnal InTent*, 1(1), 67–78.
- [10] M, M. N. A., & Kusuma, A. (2019). PENJADWALAN PREVENTIF MAINTENANCE *Jurnal Teknik WAKTU* Volume 17 Nomor 01 – Januari 2019 – ISSN : 1412 : 1867. Analisa Kinerja Mesin Wtp Menggunakan Metode Fmea Dan Penjadwalan Preventif Maintenance, 17.
- [11] Manta, F., Haryono, H. D., & Ardani, R.-. (2020a). Analisa Tingkat Resiko pada Komponen Pembangkit Listrik di Kota Balikpapan Dengan Metode FMEA. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 6(1). <https://doi.org/10.32487/jst.v6i1.731>
- [12] Manta, F., Haryono, H. D., & Ardani, R. (2020b). Analisa Tingkat Resiko Pada Komponen Pembangkit Listrik di Kota Balikpapan Menggunakan Metode FMEA. 6(1).
- [13] McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). The Basics Of FMEA 2nd Edition. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [14] Mudiastuti, R. D. (2014). Maintenance Activity Planning on Cenrtifugal Pump System With Failure Modes and Effects Analysis (Fmea) Method Based on Fuzzy Cost Estimation and Reliability Centered Maintenance II Method. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(August), 34–40.
- [15] Oluwatoyin, S. K., Hashim, F. M., & Hussin, H. Bin. (2014). Failure mode and effect analysis of subsea multiphase pump equipment. *MATEC Web of Conferences*, 13, 2–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20141305001>



- [16] Prawira, M. G., Jannifar, A., & Sariyusda, S. (2018). Inspeksi Pompa Centrifugal Berbasis Data Vibrasi Menggunakan Vibration Analyzer Di Pt Pertamina Ep Asset 1 Field Rantau. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 2(1), 43–50.
- [17] R. Keith Mobley Lindley R. Higgins Darrin J. Wikoff. (2008). *Maintenance Engineering Handbook 7th Edition*. <https://doi.org/10.1036/0071394524>
- [18] Rahmadhanty, S. F., Pitana, T., & Siswantoro, N. (2019). Reviewing the Reliability-Centered Maintenance on Cooling Water Pump of LNG Production Company. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 3(3), 109–117. <https://doi.org/10.12962/j25481479.v3i3.4826>
- [19] Risandriya, S. K. (n.d.). Analisa Spektrum Getaran Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Fluke 810 Vibration Tester Berbasis Neural Network.
- [20] Rufiana, I. S. (2019). REPRESENTASI GRAFIK SEBAGAI ALAT PENALARAN STATISTIS. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dan Pembelajaran 2019*, 378–385.
- [21] Sulisty, A. B., & Zakaria, T. (2019). Analisis Overall Equipment Effectiveness Mesin Vertical Roller Mill (Vrm). 2(1).
- [22] Sumartono. (2012). Kaji Analisis Perawatan Prediktif pada Unit Pompa dengan Menggunakan Sinyal Getaran. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 455–463.
- [23] Sunarto, A. I. (2016). PEMANFAATAN HASIL ANALISA VIBRASI UNTUK MENDETEKSI TERLEPASNYA CINCIN MINYAK PELUMAS DALAM BANTALAN POMPA SENTRIFUGAL SEBUAH STUDI KASUS DI PERUSAHAAN PT. PGN SAKA (INDONESIA-PANGKAH) LIMITED. 05.
- Yun, L., Rongsheng, Z., & Dezhong, W. (2020). A Cavitation Performance Prediction Method for Pumps PART1-Proposal and Feasibility. *Nuclear Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.04.007>