

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
DANA MANDIRI**



IMPROVEMENT EFISIENSI WATER TREATMENT PLANT
(Studi Kasus PLTU PT.LBE)

Oleh :

Ir. Yenny Widianty, M.T., IPU (NIDN 0309096602)

Sigit Nurdiyansyah (NIM 1131720025)

Dibiayai oleh: Dana Mandiri

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Januari , 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : *Improvement* Efisiensi Water Treatment PLTU PT LBE
Jenis Penelitian : Terapan
Bidang Penelitian : Engineering dan teknologi
Tujuan Sosial Ekonomi : Peningkatan Efisiensi Unit SWRO Water Treatment Plant

Peneliti 1

a. Nama Lengkap : Ir. Yenny Widianty, MT, IPU, ASEAN Eng
b. NIDN : 0309096602
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
d. Program Studi : Teknik Industri
e. Nomor HP : 08568534098
f. Alamat Surel (*e-mail*) : yenny09.widianty@gmail.com

Anggota Mahasiswa 1

a. Nama Lengkap : Sigit Nurdiyansyah
b. NRP : 1131720025

Institusi Sumber Dana : Mandiri
Biaya Penelitian : -
Kerjasama Mitra : -

Sumber lain (tuliskan)

Tangerang Selatan, Februari 2023
Ketua Tim

Mengetahui,
Ketua Program Studi PPI



Prof Ir Krishna Mochtar, ST, MSCE, PhD, IPUNIDN
:0321096101

Ir. Yenny Widianty, MT, IPU, ASEAN Eng
NIDN : 0309096602

KEPALA PUSAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA



Prof. Dr. Ir. Joelianingsih, M.T.
NIDN: 0310076406

PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan petunjuk Nya sehingga Penulisan laporan akhir penelitian dengan dana Mandiri ini dapat diselesaikan. Laporan ini dibuat bertujuan agar hasil penelitian ini bermanfaat bagi perusahaan, untuk meningkatkan efisiensi proses produksinya, maupun pembaca yang memerlukan referensi penelitian terapan baik kalangan mahasiswa, dosen maupun masyarakat secara umum.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu proses penyusunan laporan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan keilmuan Teknik Industri.

Tangerang Selatan, Februari 2023
Peneliti

Ir. Yenny Widianty, ST, MT, IPU, ASEAN Eng

ABSTRAK

PT LBE adalah perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yang merupakan independent power producer (IPP) guna menyuplai listrik ke PLN pada jaringan Jawa-Bali. Salah satu bahan baku yang digunakan oleh PLTU adalah air bersih. Air merupakan kebutuhan yang sangat krusial di PLTU. Proses produksi pada unit penyedia air di PT LBE dimulai dari pengolahan awal air laut yaitu pada sistem pretreatment. Air laut dari intake basin diolah dengan proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk menghilangkan pengotor berupa padatan tersuspensi agar tidak mengganggu pada proses desalinasi. Unit utama dari proses desalinasi adalah unit Sea Water Reverse Osmosis (SWRO). Berdasarkan 14 periode pengukuran kinerja WTP dengan menghitung nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada unit SWRO, diperoleh nilai OEE, dengan nilai Availability Rate, Quality Rate diatas nilai standar yaitu $OEE > 85\%$, $Availability > 90\%$. dan $Quality Rate > 95\%$. Akan tetapi untuk Performance efficiency, pada beberapa periode pengukuran masih $< 95\%$ sebagai standar yang harus dipenuhi. Hal ini tidak sesuai dengan visi perusahaan sebagai perusahaan teknologi proses yang mengutamakan kehandalan sesuai standar. Penelitian ini menganalisa penyebab performance efficiency unit SWRO dibawah standar, guna mengembangkan ide perbaikan. Usulan perbaikan dengan modifikasi pada system recovery device untuk memasukkan air panas, sehingga tidak perlu dilakukan pembongkaran, menghindari masuknya air panas ke SWRO, mampu mengatasi terbentuknya garam, sehingga masalah gangguan pada putaran rotor akibat garam yang menjadi pengotor dapat diatasi. Secara teoritis hal ini mampu meningkatkan nilai Performance efficiency $> 95\%$.

Kata Kunci: OEE, WTP, SWRO , Performace Efficiency,

DAFTAR ISI

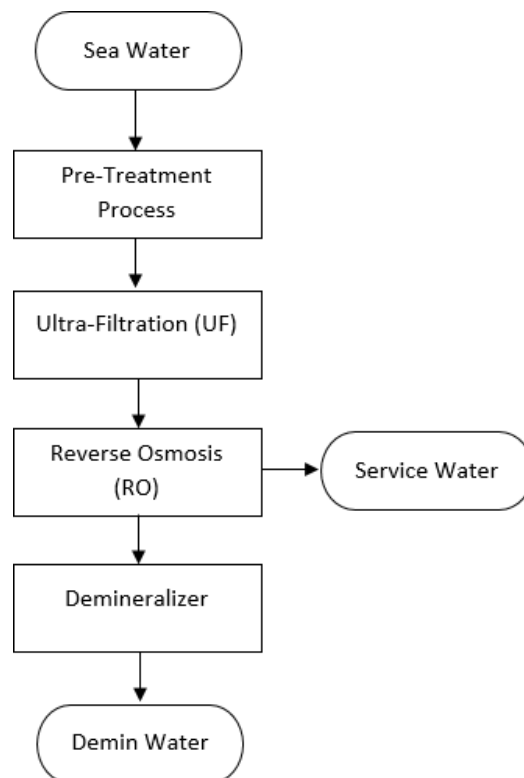
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	1
PRAKATA.....	3
ABSTRAK.....	5
DAFTAR ISI.....	6
BAB I. PENDAHULUAN.....	7
1.1 Latar Belakang.....	
1.2 Rumusan masalah.....	
1.3 Tujuan.....	
1.3 Manfaat.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Pengertian Overall Equipment Effectiveness.....	9
2.2 Proses Disalinasi Pada Unit SWRO.....	
2.3.....	
BAB III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Pengumpulan Data.....	
3.2 Pengolahan Data dan Analisis.....	
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1. Perhitungan dan Analisa Overall Equipment Effectiveness (OEE) Unit SWRO.....	
4.2. Analisa Penyebab Performance Efisiensi SWRO dibawah Standar.....	
4.3. Pengembangan Ide Perbaikan.....	
4.4 Analisa Performance Eficiency SWRO Setelah Perbaikan.....	
KESIMPULAN.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	20

BAB I

PENDAHULUAN

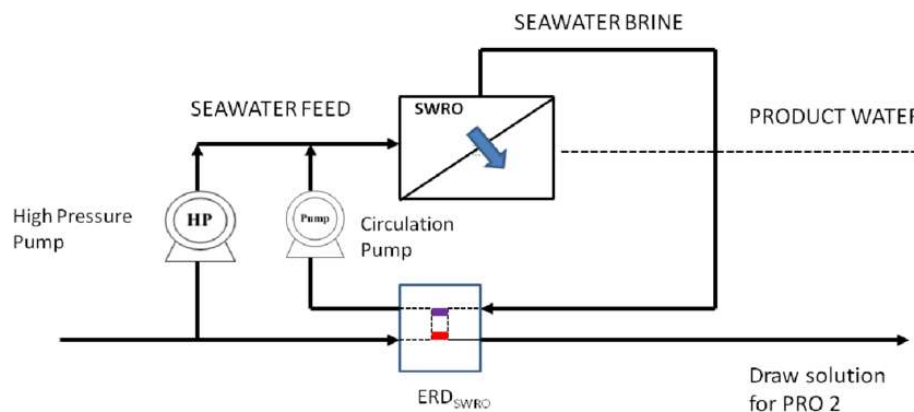
1.1 Latar Belakang

PT LBE adalah perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yang merupakan independent power producer (IPP) guna menyuplai listrik ke PLN pada jaringan Jawa-Bali. Salah satu bahan baku yang digunakan oleh PLTU adalah air bersih. Air merupakan kebutuhan yang sangat krusial di PLTU. Proses produksi pada unit penyedia air di PT LBE dimulai dari pengolahan awal air laut yaitu pada sistem pretreatment. Air laut dari intake basin diolah dengan proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi untuk menghilangkan pengotor berupa padatan tersuspensi agar tidak mengganggu pada proses desalinasi. Unit utama dari proses desalinasi adalah unit Sea Water Reverse Osmosis (SWRO).



SWRO memiliki beberapa peralatan yang saling terintegrasi didalamnya, sehingga apabila salah satu alat mengalami *abnormality* maka keseluruhan sistem tidak akan mampu bekerja dengan baik. SWRO merupakan suatu sistem yang dapat mengubah air laut yang memiliki kadar garam tinggi menjadi air tawar dengan proses filtrasi.

Produk yang mampu dihasilkan oleh SWRO PT LBE adalah sebesar 40% dari air yang di umpan, sedangkan 60% air yang diumpan akan dibuang sebagai *reject* karena memiliki salinitas yang sangat tinggi. Beberapa peralatan yang berada di dalam sistem adalah *high pressure pump* untuk membangkitkan tekanan osmotik sehingga air dapat menembus membran, ERD yang digunakan untuk memanfaatkan tekanan dari air *reject* karena masih memiliki tekanan yang cukup tinggi untuk menaikkan tekanan air umpan, *circulating pump* digunakan sebagai pompa yang meneruskan air umpan yang keluar dari ERD untuk di tambah tekanan menuju membran SWRO, dan SWRO membran sebagai media filtrasi air laut yang berfungsi untuk menghilangkan kadar garam pada air laut tersebut. Besaran kadar garam terlarut dinyatakan dalam konduktivitas kemampuan air dalam menghantarkan listrik, semakin tinggi konduktivitas air maka semakin tinggi juga garam mineral yang terlarut di dalamnya. SWRO mampu untuk menghilangkan garam terlarut pada air laut sebesar 99%, hal ini dinyatakan dalam *percent salt rejection* yang kemudian digunakan sebagai dasar dari *quality performance*.



1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan (Sigit Ardiyansyah, 2022) diketahui bahwa dari 14 periode pengukuran kinerja WTP dengan menghitung nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada unit SWRO, diperoleh nilai OEE, dengan nilai Availability Rate, Quality Rate diatas nilai standar yaitu $OEE > 85\%$ $Availability > 90\%$. dan $Quality Rate > 95\%$. Akan tetapi untuk Performance efficiency, pada beberapa periode pengukuran masih $< 95\%$ sebagai standar yang harus dipenuhi. Hal ini tidak sesuai dengan visi perusahaan sebagai perusahaan teknologi proses yang mengutamakan kehandalan sesuai standa

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk, menganalisa penyebab Performance Efficiency (PE) di unit SWRO -WTP dibawah standar , mengembangkan ide perbaikan

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat sebagai dasar pertimbangan guna perbaikan nilai PE agar >95% sehingga memberikan nilai OEE WTP yang semakin baik, sehingga mampu mewujudkan komitmen perusahaan untuk menjaga kontinuitas supply energi serta terus meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pelanggan..

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Perawatan

Menurut (Mukhril, 2014) perawatan merupakan aktivitas yang dilakukan untuk membuat setiap peralatan selalu dalam kondisi yang baik dan diharapkan mampu menghasilkan produk yang sesuai harapan dan standar baku. Preventive maintenance adalah kegiatan perawatan untuk memperpanjang umur aset yang dimiliki yang memiliki tujuan mendeteksi kerusakan lebih awal, sehingga kegagalan sistem saat operasi dapat dihindari (Peng, 2021). PM banyak diterapkan di dunia industri, biasanya jadwal perbaikan dilakukan mulai dari bulanan, 3 bulan, 6 bulan sampai 1 tahun. Masing-masing periode memiliki aktivitas yang berbeda sesuai dengan work instruction yang disepakati.

2.2 Konsep Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance merupakan sistem yang pertama kali digunakan oleh toyota dengan tujuan untuk pemeliharaan pencegahan secara luas. System ini berfokus pada optimalisasi produktivitas peralatan, material pendukung selama proses kerja, dan juga produktivitas dari operator yang memiliki kendali atas material dan peralatan (Corder, 1996). TPM. Upaya perbaikan dan inovasi gencar dilakukan oleh semua perusahaan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi. Salah satu caranya adalah dengan total productive maintenance. Total productive maintenance adalah suatu upaya untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan, baik proses kerja, material pendukung operasi, dan operator yang memegang kendali operasi. Perbaikan secara berkesinambungan merupakan suatu langkah atau proses menciptakan aktivitas perbaikan yang terus-menerus dan terjadwal untuk memastikan setiap mesin dapat beroperasi dengan prima sehingga permintaan pasar dapat selalu dipenuhi setiap waktu (Rahman dan Perdana, 2018). TPM melibatkan seluruh fungsi dan karyawan di setiap level organisasi atau perusahaan untuk berupaya menjaga sistem, material, dan manusia untuk tetap dalam kondisi

optimal sehingga sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan dengan efektif dan efisien.

Tujuan dari TPM adalah meningkatkan efektivitas dan efisiensi perusahaan secara menyeluruh untuk mencapai *zero accident*, *zero deffect*, dan *zero breakdown*. TPM adalah konsep pemeliharaan yang melibatkan seluruh elemen pekerja melalui aktivitas grup kecil. Pendapat lain mengatakan bahwa organisasi hanya dapat memenuhikapasitas produksi secara maksimal dengan melibatkan semua orang dalam pemeliharaan. Ini menuntut operator untuk melakukan pemantauan mesin secara mandiri dan meningkatkan rasa memiliki. Jadi, tidak mengherankan jika pilar pertama dari delapan pilar TPM adalah *autonomus maintenance*.

Autonomus maintenance adalah pemberian tanggungjawab rutinitas perawatan mandiri yang dilakukan oleh operator seperti pembersihan mesin, pelumasan ringan, dan inspeksi peralatan sehingga pekerja yang bersangkutan mempunyai rasa memiliki yang tinggi dan pengetahuan terhadap peralatan juga menjadi meningkat. Target dari *autonomus maintenance* tidak lain adalah untuk mengantisipasi masalah yang dapat menghentikan atau menghambat mesin dengan mengubah perilaku kerja dari orang (manajer, operator, dan teknisi). *Zero accident*, *deffect*, dan *Breakdown* dapat dicapai apabila:

- 1) Peralatan yang digunakan mampu bekerja lebih baik sehingga karyawan dapatbekerja dengan lebih baik juga.
- 2) Orang atau karyawan bekerja lebih baik sehingga organisasi atau perusahaandapat bekerja lebih baik.
- 3) Organisasi atau perusahaan bekerja lebih baik sehingga visi misi perusahaandapat dicapai dengan sempurna.

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Metode pengukuran efektivitas dari pelaksanaan TPM salah satunya adalah OEE. OEE memberikan penilaian kepada efektivitas alat atau mesin selama dioperasikan untuk melakukan proses produksi. OEE merupakan *tool* yang digunakan untuk melakukan pengukuran efektivitas dari suatu operasi produksi yang diukur. Hasil yang disajikan berupa data yang general dan sangat mungkin untuk dilakukan perbandingan dengan unit kerja dilain

perusahaan.

Setiap perusahaan mengharapkan semua peralatannya dapat beroperasi dengan maksimal, tidak ada waktu yang hilang karena karena mesin yang rusak, tetapi kenyataannya untuk mencapai hal tersebut tidaklah mudah. Untuk itu pengukuran terhadap *Overall Equipment Effectiveness* dibutuhkan, batas nilai dari OEE menurut Nakajima (1989) kemudian diikuti oleh Patri Jonsson(1999) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Tabel Nilai Ideal Perhitungan OEE

Deskripsi	Nilai
<i>Availability</i>	>90%
<i>Performance</i>	>95%
<i>Quality</i>	>99%
<i>OEE</i>	>85%

Nilai di atas adalah nilai yang ideal untuk industri manufaktur, sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sermin dan Birol Elevli (2012) memberikannilai referensi OEE sebesar 77% untuk pengukuran alat berat yang beroperasi di tambang.

Tujuan dari OEE yaitu digunakan sebagai alat ukur *performance* dari suatusistem perawatan, dengan metode ini maka dapat digambarkan kondisi ketersediaan alatatau mesin, efisiensi dan performa produksi, dan kualitas dari mesin/peralatan. Hubungan antara ketiga elemen yang diukur tersebut dapat dilihat pada rumus dibawah ini.

$$OEE = Availability \times Perfomance \times Quality \quad (2.1)$$

Availability atau ketersediaan adalah merupakan perbandingan antara waktu operasi suatu alat terhadap waktu persiapan dari suatu peralatan. *Availability rate* mengukur total waktu yang digunakan selama mesin digunakan mulai dari saatpersiapan atau *set up* alat sampai dengan mesin menghasilkan produk. Hal yang sangatmempengaruhi dari nilai *availability* adalah besaran waktu yang dihasilkan karena mesin tidak bisa dioperasikan atau *down time*. *Availability* bisa dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Availability} = (\text{Available time} - \text{Down time}) / \text{Available time} \times 100\% \quad (2.2)$$

Performance efficiency merupakan tolok ukur dari kinerja mesin untuk melakukan proses produksi. *Performance efficiency* merupakan hasil perbandingan dari total kapasitas yang mampu dicapai oleh suatu mesin dengan kapasitas desain mesin. *Net operating speed* atau kapasitas desain berguna untuk menghitung penurunan kapasitas produksi dari suatu mesin. Tiga faktor yang harus diperhatikan saat menghitung *performance efficiency* adalah sebagai berikut:

- a. *Ideal cycle time* (waktu siklus ideal)
- b. *Proceed amount* (jumlah produk yang diproses)
- c. *Operation time* (waktu proses mesin)

Performance efficiency dapat dihitung dengan rumus.

$$\text{Performance rate} = \text{Operating Speed Rate} / \text{Net Operating Rate} \times 100\% \quad (2.3)$$

Quality Efficiency adalah perbandingan jumlah produk yang memiliki kesesuaian spesifikasi dengan jumlah produk yang diproses. *Quality efficiency* merupakan besaran yang dipengaruhi oleh dua faktor yaitu jumlah produk yang diproses dan jumlah *defect* yang dihasilkan. Rendahnya nilai *quality rate* merupakan indikasi dari banyaknya waktu yang dihabiskan dalam menghasilkan produk yang tidak sesuai.

$$\text{Quality rate} = (\text{Process} - \text{Defect} - \text{Reprocessed}) / \text{Process amount} \quad (2.4)$$

(Hasriono, 2009)

2.4 Root Cause Analysis (RCA)

RCA adalah suatu metode yang digunakan untuk memecahkan masalah dari suatu ketidaksesuaian dengan mencari akar penyebab dari masalah tersebut dengan menggunakan pendekatan pemikiran yang sistematis, terukur, dan terdokumentasi untuk mendapat hasil berupa identifikasi masalah dan penyebab yang mendasari. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengidentifikasi faktor penyebab dari masalah yang timbul untuk dapat dinyatakan dalam bentuk alaminya sehingga dapat dilakukan perbaikan

terkait besaran, waktu, dan kebiasaan untuk menghindari ketidaksesuaian yang tidak perlu. Berikut adalah langkah dalam menggunakan metode RCA:

- *Identify the problem*
- *Define the problem*
- *Understand the problem*
- *identify the root cause*
- *Corrective action*
- *Monitor the system*

2.5 Why Analysis

Analisis 5 *Why* merupakan suatu metode pemecahan masalah dengan pendekatan yang terstruktur dimana pertanyaan mengapa dilakukan secara berulang sampai suatu permasalahan dapat dipahami dan menghasilkan tindakan korektif yang efektif untuk menghindari atau mengurangi terjadinya insiden dimasa mendatang. *Why* adalah suatu kata yang berasal dari Bahasa Inggris yang apabila diterjemahkan berarti mengapa, dan analisis adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi temuan kejanggalaan dari suatu sistem. Inti dari 5 *why analysis* adalah dengan melakukan pengajuan pertanyaan sebanyak 5 kali dengan awalan mengapa untuk menemukan masalah yang sedang dianalisa. Dengan melakukan pengulangan pertanyaan mengapa, diharapkan dapat mengupas lapisan dari akar penyebab masalah. Beberapa manfaat dari penggunaan 5 *why analysis* adalah dapat membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah, dan menentukan hubungan antara akar penyebab masalah. Tool ini mudah digunakan karena dapat dilakukan analisa tanpa harus melakukan analisa statistik.

2.6 Desalinasi

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Air digunakan sebagai bahan konsumsi baik untuk diminum, makan, mandi, dan sebagai sarana pemenuhan kebutuhan hidup lainnya. Komposisi air laut di bumi adalah 94% merupakan air laut, 6% air tawar dimana 27% terdapat di glasier dan 72% merupakan air tanah. Teknologi desalinasi dimulai pada awal abad 19 yaitu teknologi *submerged tube*.

Teknologi ini berkembang cepat ketika awal tahun 1940 ketika perang dunia kedua para pasukan perang mengalami kesulitan mendapatkan air minum. Proses desalinasi dapat dilakukan untuk memisahkan air tawar dan air laut. Proses desalinasi dapat dilakukan dengan distilasi atau *reverse osmosis*. Pemisahan air laut dari air tawar menggunakan perbedaan fase zatnya adalah distilasi sedangkan *reverse osmosis* merupakan pemisahan air tawar dengan menggunakan perbedaan tekanan dan membrane semi permeabel.



Gambar 2.1 Reverse Osmosis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif yang merupakan suatu penelitian yang memaparkan suatu kegiatan untuk mengetahui keadaan objek yang diteliti secara akurat. Penelitian deskriptif digunakan untuk mencari penjelasan dari data dan fakta yang sedang terjadi di lapangan secara jelas dan sistematis sehingga dapat lebih mudah untuk dipahami dan disimpulkan.

Pada penelitian ini akan dilakukan pendekatan kuantitatif melalui perhitungan dan analisis terhadap data permasalahan yang selanjutnya memakai data kualitatif untuk menentukan upaya perbaikan yang dilakukan. Penelitian ini hanya berfokus pada bagaimana meningkatkan performance efficiency, dengan mengatasi masalah tidak tercapainya target performance efficiency yang disebabkan tidak berputarnya rotor aksial pada pengotor berupa garam yang terbentuk saat proses.

3.2 Pengolahan dan Analisis

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Data primer yang digunakan oleh peneliti berupa data laporan maintenance peralatan yang akan diteliti, data spesifikasi peralatan yang akan diukur nilai OEE-nya, data operasi peralatan, dan data hasil analisa harian selama proses produksi. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan oleh peneliti adalah data yang berupa hasil wawancara dengan beberapa pihak terkait. Seluruh data yang digunakan untuk menghitung OEE didapat dari laporan operasional,

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi TPM pada WTP

Menjaga performa peralatan di area *water treatment plant* (WTP) merupakan tujuan dari TPM pada peralatan di WTP meliputi identifikasi kondisi area yang akan dilakukan TPM, mengembalikan peralatan pada kondisi prima setelah maintenance, menghitung *overall equipment effectiveness*, menanggulangi *major issue*, dan menerapkan teknik *proactive maintenance*.



Gambar 4.1 Area WTP

Tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan TPM yaitu

1. *Autonomus maintenance*

Pelaksanaan *autonomus maintenance* ditujukan untuk pendeteksian secara dini terhadap kerusakan dan keausan mesin dan ketidak normalan yang terjadi pada alat sehingga kerusakan komponen yang mengakibatkan *breakdown* dapat dicegah. Operator sebagai petugas yang memiliki peralatan ditugaskan untuk memeriksa seluruh peralatan agar selalu dalam keadaan bersih, rapih dan aman untuk dioperasikan.



Gambar 4.2 Pengecekan pelumas mesin

2. *Focused Maintenance*

Pelaksanaan *focused maintenance* atau disebut juga *focused improvement* adalah perbaikan yang terus menerus atau berkelanjutan walaupun sekecil apapun. Diantara

perbaikan tersebut adalah :

- Pengencangan baut dan mur yang kendur akibat getaran mesin terutama pada clamp pipa, hal tersebut juga sedikit banyak berpengaruh pada vibrasi mesin.
- Setting motor penggerak menggunakan VFD untuk mendapatkan kecepatan yang ideal.
- *Cleaning dan labelling area chemical room*



Gambar 4.3 Cleaning area Chemical

4.2 Analisa Performansi SWRO

Berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut bahwa SWRO memiliki rekapitulasi laporan perbaikan dengan frekuensi terbanyak dengan demikian perhitungan OEE dapat difokuskan pada unit tersebut.

4.2.1 Availability

Ketersediaan peralatan merupakan hasil perbandingan antara waktu operasi (operation time) terhadap waktu persiapan (*loading time*) atau *start up* dari suatu mesin atau peralatan. Seluruh data *operation time & loading time* diperoleh dari rekap data operasional harian. Berikut adalah perhitungan *availability* pada periode 1.

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \text{Loading time} - \text{Downtime} \\ &= 3302 - 150 \\ &= 3152 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.2.2 Performance Efficiency

Performance *efficiency* adalah tolok ukur dari efisiensi suatu kinerja mesin yang digunakan untuk menjalankan proses produksi. *Performance efficiency* merupakan hasil perbandingan dari *operating speed rate* atau kapasitas ril dari sebuah mesin dengan *net operating speed* atau kapasitas desain dari pabrikan. Data yang digunakan oleh peneliti adalah data rekap operasi harian saat mesin beroperasi dan data spesifikasi peralatan yang bersumber dari buku manual operasi. Berikut adalah perhitungan *performance efficiency* pada periode 1.

$$Performance = \frac{Total\ Production}{Ideal\ Cycle\ Time \times Loading\ Time}$$

$$Performance = \frac{4090,43}{1,33 \times 3302}$$

$$Performance = 92,91 \%$$

4.2.3 Quality Efficiency

Quality *efficiency* adalah perbandingan jumlah produk yang memenuhi spesifikasi dibandingkan dengan total produk yang diproses. SWRO adalah unit yang digunakan untuk melakukan pemisahan air dengan garam terlarut, maka perhitungan quality performance didasarkan pada hasil analisa kualitas produk (*conductivity*) yang dibandingkan dengan konduktivitas air umpan. Perhitungan ini dapat disebut dengan *salt rejection* atau persentase garam yang dihilangkan. Berikut perhitungan quality performance pada periode 1.

$$\begin{aligned} Quality &= (Conductivity\ Inlet - Conductivity\ Product) / Conductivity\ Inlet \\ &= (55007 - 556) \div 55007 \\ &= 99\% \end{aligned}$$

4.3 Analisa Penyebab *Breakdown* Menggunakan Metode RCA

Pada subbab ini akan dilakukan analisa terhadap akar penyebab terjadinya *breakdown* SWRO menggunakan metode RCA (*root cause analisist*). *Breakdown* yang sering terjadi adalah *breakdown* yang dikarenakan oleh ERD yang tidak bekerja dengan baik dimana salah satu dari rotor tidak berputar sehingga tidak terjadi transfer energi dengan baik dalam sistem operasi. Langkah awal yang dilakukan dalam analisa adalah dengan memberikan pertanyaan sebanyak 5 kali, metode ini dikenal dengan 5 *Why analisist*.

Berdasarkan data maintenance yang telah dihimpun, terdapat 18 laporan perbaikan yang mengidentifikasi terjadinya *breakdown* di SWRO, 12 laporan terjadi di UF, dan 7 laporan di unit pretreatment. Hal tersebut menjadi dasar penulis melakukan penelitian lebih lanjut terhadap keandalan dari SWRO untuk memproduksi air sebagai kebutuhan perusahaan. Dari 18 laporan tersebut diantaranya adalah disebabkan oleh ERD (*Energy Recovery Device*) yang bermasalah ketika dioperasikan.

Hal ini membuat SWRO tidak dapat dioperasikan sementara waktu dan harus dilakukan pembongkaran ERD untuk dilakukan pembersihan pengotor yang menyebabkan rotor ERD tidak berputar.

Pengotor yang menyebabkan sumbatan umumnya berupa garam yang tidak dapat larut pada saat proses start up. Terdapat beberapa tahapan start up, salah satunya adalah proses flushing yang bertujuan untuk menghilangkan garam yang mengkristal pada sistem pemipaan ketika unit dalam kondisi stop.

Berikut adalah tabel analisa 5 Why mengapa ERD sering mengalami masalah saat operasi.

Berikut adalah tabel analisa 5 *Why* mengapa ERD sering mengalami masalah saat operasi.

Tabel 5.1 Analisa 5 *Why* terhadap *failure*

Failure	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
ERD tidak bekerja	rotor pada ERD tidak berputar	Putaran terhambat oleh pengotor.	Terbentuk garam saat peralatan tidak digunakan sehingga menghambat rotor untuk berputar.	Proses flushing sebelum start up tidak maksimal. Temperatur air hanya berada di suhu ambient, sehingga garam yang menempel pada rotor tidak larut pada air.	Tidak terdapat heater air yang dapat digunakan untuk menaikkan temperatur air flushing.

Berdasarkan permasalahan yang telah dilakukan analisa 5 *why* adalah kurangnya temperatur air yang digunakan selama proses start up SWRO maka dapat diberikan saran untuk perbaikan dengan menaikkan temperatur air yang digunakan untuk flushing ketika start up. Hal ini sulit untuk dilakukan karena terlalu banyak modifikasi yang harus dilakukan. Tindakan paling mungkin untuk dilakukan adalah dengan melakukan pemeriksaan konduktifitas air pada tiap ERD pada 30 menit pertama. Hal tersebut dilakukan untuk mendeteksi ketidak normalan saat beroperasi lebih awal dan dapat langsung dilakukan pembongkaran dengan segera untuk dilakukan pembersihan kristal garam. Perlu pelatihan kepada tim *operation* untuk dapat melakukan pembersihan secara mandiri agar jika sewaktu-waktu diperlukan pembersihan maka tim *operation* dapat dengan segera mengembalikan unit dalam kondisi yang prima. *Performance efficiency* SWRO beberapa kali berada dibawah standar reverensi yaitu 95%, hal ini disebabkan oleh turunnya jumlah produk yang dihasilkan selama proses operasi. Beberapa hal yang menyebabkan turunnya produk diantaranya adalah:

1. Turunnya kapasitas unit yang disebabkan oleh menurunnya kemampuan kerja dari equipment karena SWRO bekerja berdasarkan prinsip filtrasi dan memerlukan metode *chemical cleaning*.
2. *Equipment* tidak selalu dalam kondisi beroperasi, hal ini menyebabkan air yang berada pada sistem SWRO dalam kondisi diam, sehingga sangat mungkin untuk terbentuknya kristal garam.
3. Tidak adanya metode standar pembersihan yang baku dikarenakan *energy recovery device* (ERD) merupakan *equipment* yang jarang dimiliki oleh suatu industri.

Untuk meningkatkan performa dari peralatan dapat dilakukan beberapa hal sebagai berikut:

1. Monitoring kualitas dan kuantitas secara berkala sehingga dapat dijadwalkan *chemical cleaning* untuk mengembalikan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan sehingga *performance efficiency* dapat ditingkatkan.
2. Pembersihan atau *flushing* secara berkala ketika unit dalam keadaan *stop* agar air di dalam sistem SWRO berganti.

3. Pelatihan terhadap tim maintenance dari *technical advisor* dalam menangani ERD agar lebih efisien.

BAB V

KESIMPULAN PENELITIAN

1. Setelah dilakukan pengolahan data operasional harian didapatkan nilai *availability*, *performance*, dan *quality*. Nilai *availability equipment* berada diatas standar yang ditetapkan referensi yaitu $> 90\%$, sedangkan nilai *performance* beberapa kali berada dibawah standar referensi ($>95\%$), dan nilai *quality* selalu bernilai 99%. Meski terdapat beberapa kali breakdown dan harus dilakukan perbaikan ketika periode operasi, nilai OEE tetap berada diatas standar yang ditetapkan referensi yaitu $> 85\%$. Hal ini membuktikan bahwa peralatan masih dalam kondisi yang handal.
2. *Improvement* yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan analisa konduktifitas air lebih awal pada tiap vessel ERD ketika proses operasi baru berjalan 30 menit. Apabila terjadi masalah pada ERD, hal yang paling terlihat adalah perbedaan antara konduktifitas yang akan diumpun ke SWRO akan jauh diatas konduktifitas normalnya. Waktu yang digunakan untuk memperbaiki ERD yang tidak berputar rotornya juga masih dirasa cukup lama dikarenakan tim maintenance harus membuka sistem pemipaan pada setiap vessel ERD. Ini dilakukan untuk memutar rotor secara manual sambil disiram dengan air hangat supaya garam yang mengkristal dapat larut kedalam air. Potensi untuk meminimalkan adalah dengan modifikasi sistem pemipaan dengan menambah

pipa/*tubing* yang digunakan untuk memasukkan air hangat sehingga tidak perlu dilakukan pembongkaran ketika terjadi masalah pada rotor ERD.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiharjo, I & Marisa, D. (2009). *Autonomus maintenance* untuk meningkatkan produktivitas produksi di pilot line factory 4. 1. 19-33.
- Dewi, N. C. Analisis penerapan *total productive maintenance* dengan perhitungan *overall equipment effectiveness* dan *six big losess* mesin cavitec PT Essentra surabaya. *Jurnal teknik industri*.
- Guritno, J. & Cahyana, A. S. (2021, June). Implementasi *autonomus maintenance* dalam penerapan *total productivte maintenance*. Seminar nasional & Call for paper fakultas sains dan teknologi, Universitas muhammadiyah sidoarjo.
- Hidayat, D. & Suhendar, E. (2020). Penerapan autonomus maintenance dalam mengurangi technical stopages departemen can making di PT. Frisian Flag Indonesia plant ciracas. *Jurnal indonesia sosial teknologi*. 2. 82-84
- Kamari. (2019). Analisis dan pengukuran nilai *overall effectiveness equipment* sebagai langkah peningkatan efektivitas mesin *coal crusher* PT Multi Harapan Utama. Universitas mercubuana.
- Nugrahadi. Mujayyin, F. & Adi, L. (2022). Penerapan TPM pada pembangkit listrik *waste heat recovery power generation*. *Jurnal mechanical engineering Akademi komunitas semen gresik indonesia*. 11 –1.
- Priyono, S., Machfud, & Maulana, A. (2019). Penerapan *autonomus maintenance* pada pabrik gula rafinasi di indonesia. *Jurnal aplikasi manajemen dan bisnis*. 2. 265-277.
- Sahrupi, S. & Juriantoro, J. (2018). Usulan perbaikan pada *transfer conveyor* 17A. *Jurnal sistem dan manajemen indsutri*. 2. 51-57.
- Shafitri, D. O., Larasati, A., & Hajji, A. M. (2022). Peningkatan nilai *overall equipment effectiveness* mesin *chrusher* dengan menggunakan pendekatan *total productive maintenance*. *Jurnal teknik industri ITN malang*. 73

