

## Efektivitas Water Chiller Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness pada Industri Farmasi

Rohman Nurafijah<sup>1</sup>, Zalfa Rafandra<sup>1</sup>, Oki Supriyadi<sup>2</sup>, Ojak Abdul Rojak<sup>2</sup>, Muhamad Ikhsan Muzaky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Prodi Teknik Elektro Universitas Pamulang

<sup>2</sup> Dosen Prodi Teknik Elektro Universitas Pamulang

Email: rohman.urat@gmail.com

### ABSTRACT

*In pharmaceutical manufacturing, the chiller system plays a crucial role in maintaining environmental and equipment temperatures in compliance with CPOB and BPOM standards. At PT. X, frequent downtime and recurring failures of the water chiller units have disrupted production stability and reduced operational efficiency. This study aims to evaluate the performance effectiveness of water chillers using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method, focusing on three core indicators: Availability, Performance Efficiency, and Quality Rate. The research was conducted on three chiller units over a three-month observation period from September to November 2024. Data were analyzed through field observations, performance calculations, and failure analysis using the Six Big Losses and Fishbone Diagram methods. The results show that only one unit achieved the global OEE standard of 85%, while others fell below due to lower quality performance and excessive reduced-speed losses. The main causes of performance decline were identified as inadequate preventive maintenance, inconsistent operating procedures, and limited operator training. Based on these findings, the study recommends implementing structured maintenance schedules, routine inspections, and operator development programs to enhance overall chiller reliability, increase equipment effectiveness, and ensure production continuity within the pharmaceutical environment.*

**Keywords:** Water Chiller, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses, Pharmaceutical Industry, Preventive Maintenance, Equipment Reliability

### 1. PENDAHULUAN

Dalam era industrialisasi yang semakin maju, setiap perusahaan dituntut untuk mampu meningkatkan efisiensi operasional dan menjaga kestabilan sistem produksinya. Hal ini sangat krusial terutama pada industri farmasi, di mana kualitas produk tidak hanya bergantung pada bahan baku dan proses kimia, tetapi juga pada kestabilan kondisi lingkungan dan kinerja mesin-mesin pendukung. Salah satu komponen yang memiliki peran penting dalam sistem pendukung produksi adalah *water chiller*, yaitu mesin pendingin yang berfungsi mengatur suhu udara dan menjaga temperatur mesin produksi agar tetap dalam kondisi optimal. Dalam industri farmasi, pengendalian suhu memiliki peranan strategis karena berhubungan langsung dengan mutu obat, stabilitas bahan aktif, serta kesesuaian dengan standar CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik) dan peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM).

Permasalahan yang sering muncul di lapangan adalah penurunan efektivitas mesin chiller akibat tingginya *downtime*, kerusakan berulang, dan tidak konsistennya kinerja unit pendingin. Keadaan tersebut menyebabkan terhentinya proses produksi secara tiba-tiba, menurunkan produktivitas, serta menimbulkan kerugian bagi perusahaan baik dari sisi waktu maupun biaya perawatan. Selain itu, gangguan pada sistem pendingin juga dapat berimplikasi langsung terhadap kestabilan suhu ruangan produksi, yang pada akhirnya berdampak terhadap kualitas produk farmasi yang dihasilkan. Faktor penyebab dari permasalahan tersebut umumnya berasal dari kurang optimalnya kegiatan perawatan (*maintenance*), tidak adanya jadwal inspeksi rutin, dan minimnya pengawasan terhadap

kondisi operasional mesin. Keterbatasan kemampuan operator dalam menjalankan dan memonitor sistem pendingin juga turut memperburuk kondisi tersebut.

Dalam konteks manajemen perawatan industri modern, diperlukan suatu metode yang mampu mengukur dan mengevaluasi kinerja mesin secara komprehensif. Salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan dan diakui secara global adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Metode ini dikembangkan untuk menilai efektivitas peralatan dengan memperhitungkan tiga aspek utama, yaitu *availability* (ketersediaan mesin), *performance efficiency* (kecepatan kerja mesin), dan *rate of quality* (kualitas hasil produksi). Melalui metode ini, perusahaan dapat mengetahui tingkat kinerja aktual dari peralatan yang digunakan serta menentukan area yang menjadi penyebab utama penurunan efektivitas. Pengukuran OEE juga berkaitan erat dengan konsep *Six Big Losses*, yaitu enam sumber utama kerugian dalam kegiatan produksi yang mencakup *breakdown losses, setup and adjustment losses, idling and minor stoppages, reduced speed losses, defect losses, dan startup losses*.

Penelitian mengenai efektivitas mesin *water chiller* menggunakan metode OEE sangat relevan dilakukan di lingkungan industri farmasi karena mesin pendingin merupakan komponen vital dalam sistem tata udara dan proses produksi bersih. Dengan mengetahui nilai efektivitas aktual dari setiap unit mesin, perusahaan dapat menilai sejauh mana mesin tersebut beroperasi sesuai standar global yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), yaitu nilai OEE minimal 85%. Apabila nilai tersebut belum tercapai, hasil analisis dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan yang bersifat teknis maupun manajerial, seperti penerapan sistem perawatan terencana, optimalisasi waktu kerja mesin, dan pengembangan kemampuan operator.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas kinerja mesin *water chiller* pada salah satu perusahaan farmasi di Indonesia menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa mesin dari aspek ketersediaan, kecepatan, dan kualitas hasil pendinginan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kehilangan efektivitas berdasarkan analisis *Six Big Losses* dan menelusuri akar permasalahan yang muncul menggunakan *Fishbone Diagram*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, diharapkan dapat dirumuskan langkah-langkah perbaikan yang tepat, seperti penjadwalan *planned maintenance* mingguan, inspeksi harian, penyempurnaan prosedur operasional standar (SOP), dan peningkatan keterampilan operator melalui pelatihan teknis yang berkelanjutan.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis dan teoretis bagi dunia industri, khususnya bagi sektor manufaktur farmasi yang menuntut efisiensi tinggi dan kualitas produk yang konsisten. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan perawatan dan peningkatan efektivitas mesin chiller. Dari sisi akademis, penelitian ini memperkaya kajian tentang penerapan metode OEE di lingkungan industri dengan standar produksi yang ketat seperti farmasi. Dengan penerapan sistem evaluasi yang terukur dan perawatan yang terencana, perusahaan diharapkan mampu mencapai efisiensi operasional yang lebih tinggi, mengurangi frekuensi *downtime*, serta meningkatkan keandalan mesin pendingin dalam mendukung stabilitas dan keberlanjutan proses produksi obat yang bermutu.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dirancang untuk menganalisis dan mengukur tingkat efektivitas mesin *water chiller* pada salah satu perusahaan farmasi dengan menggunakan metode *Overall*

*Equipment Effectiveness* (OEE). Metode ini dipilih karena mampu memberikan gambaran kuantitatif terhadap efisiensi operasional mesin berdasarkan tiga indikator utama, yaitu *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality*. Ketiga parameter ini merepresentasikan seberapa besar tingkat keandalan mesin dalam mendukung proses produksi tanpa gangguan, keterlambatan, atau penurunan kualitas hasil pendinginan.

Langkah awal penelitian dilakukan melalui observasi langsung terhadap tiga unit mesin *chiller* yang beroperasi pada periode September hingga November 2024. Data dikumpulkan dalam bentuk waktu kerja efektif, waktu henti (*downtime*), jumlah hasil proses pendinginan yang memenuhi standar, serta kejadian kerusakan yang menghambat kinerja sistem. Data yang diperoleh kemudian diolah secara kuantitatif untuk menghasilkan nilai OEE pada setiap unit.

Secara matematis, perhitungan nilai efektivitas mesin dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \times 100\%$$

dengan komponen-komponen sebagai berikut:

#### 1. Availability

$$Availability = \frac{LoadingTime - Downtime}{LoadingTime} \times 100\%$$

Persentase ini menunjukkan seberapa besar waktu mesin benar-benar tersedia untuk beroperasi dibandingkan dengan waktu total yang dijadwalkan. *Downtime* mencakup waktu perbaikan, penyesuaian (*setup and adjustment*), serta waktu berhenti akibat kerusakan (*breakdown losses*).

#### 2. Performance Efficiency

$$Performance = \frac{Processed Amount \times Ideal Cycle Time}{Operating Time} \times 100\%$$

Rumus ini menggambarkan seberapa cepat mesin bekerja dibandingkan dengan kecepatan idealnya. Jika nilai *performance* menurun, hal ini menunjukkan adanya kehilangan kecepatan (*reduced speed losses*) selama proses operasi.

#### 3. Quality Rate

$$Quality = \frac{Processed Amount - Defect Amount}{Processed Amount} \times 100\%$$

Indikator ini mengukur proporsi hasil produksi yang sesuai dengan standar mutu terhadap total hasil yang dihasilkan oleh mesin *chiller*. Nilai kualitas yang rendah menunjukkan adanya *defect losses* atau penurunan efisiensi sistem pendingin.

Nilai OEE yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar global yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), yaitu minimal **85%** untuk kategori “kelas dunia”. Jika nilai OEE berada di bawah standar tersebut, maka dilakukan analisis penyebab penurunan kinerja menggunakan pendekatan *Six Big Losses* yang terdiri atas:

(1) *Breakdown Losses*, (2) *Setup and Adjustment Losses*, (3) *Idling and Minor Stoppages*, (4) *Reduced Speed Losses*, (5) *Process Defect Losses*, dan (6) *Startup Losses*.

Setiap jenis kerugian dihitung secara proporsional terhadap waktu kerja mesin untuk mengetahui faktor dominan yang paling mempengaruhi penurunan efektivitas.

Selanjutnya, untuk mengidentifikasi akar penyebab dari kerugian terbesar yang ditemukan, digunakan *Fishbone Diagram* (diagram sebab-akibat). Analisis ini menguraikan penyebab utama berdasarkan kategori **Man, Machine, Method, Material, dan Environment**, sehingga dapat diperoleh pemetaan masalah yang lebih sistematis dan mudah ditindaklanjuti. Hasil dari tahap ini menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi teknis serta strategi peningkatan efektivitas mesin.

Selain analisis efektivitas, penelitian ini juga mengukur efisiensi termal sistem pendingin menggunakan konsep *Coefficient of Performance* (COP). Nilai COP digunakan untuk menilai seberapa besar kemampuan mesin dalam menghasilkan efek pendinginan dibandingkan dengan energi listrik yang dikonsumsi. Perhitungannya dinyatakan sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W_{input}}$$

dengan

$$Q_{evap} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

di mana  $\dot{m}$  adalah laju aliran massa air (kg/s),  $C_p$  adalah kalor jenis air (4,186 kJ/kg·°C), dan  $\Delta T$  adalah perubahan suhu air pada sisi evaporator (°C). Nilai COP yang rendah mengindikasikan bahwa mesin bekerja tidak efisien atau mengalami kehilangan energi yang signifikan, yang dapat disebabkan oleh faktor mekanis maupun operasional.

Metode analisis dalam penelitian ini bersifat **kuantitatif deskriptif**, karena fokus utamanya adalah mengolah data numerik hasil observasi lapangan dan menginterpretasikannya untuk menghasilkan gambaran kinerja mesin secara faktual. Tahapan metodologi yang digunakan meliputi:

1. Studi Literatur – mengkaji teori-teori terkait efektivitas peralatan industri, metode OEE, konsep *Six Big Losses*, serta perhitungan COP.
2. Observasi Lapangan – melakukan pengamatan langsung terhadap mesin *water chiller* untuk memperoleh data aktual mengenai waktu operasi dan kondisi mesin.
3. Pengumpulan Data – mencatat parameter teknis seperti waktu kerja, waktu berhenti, jumlah produk yang sesuai standar, dan jumlah cacat.
4. Pengolahan dan Analisis Data – menghitung nilai OEE dan COP, kemudian menganalisis penyebab kehilangan efektivitas menggunakan *Six Big Losses* dan *Fishbone Diagram*.
5. Evaluasi dan Rekomendasi – menyusun langkah-langkah perbaikan berdasarkan hasil analisis untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem pendingin.

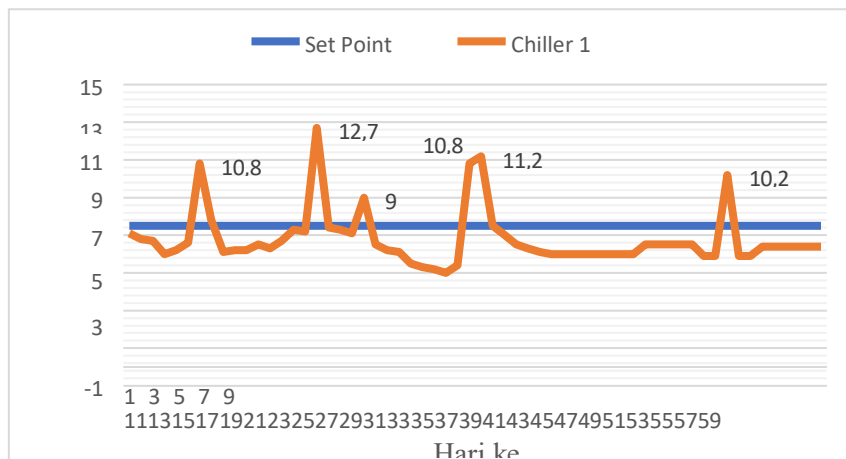
Melalui tahapan tersebut, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengukuran kinerja mesin, tetapi juga pada penyusunan strategi pemeliharaan yang berkelanjutan (*continuous improvement*). Pendekatan ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengurangi tingkat *downtime*, menekan biaya perawatan, dan meningkatkan keandalan mesin *water chiller* secara menyeluruh. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi industri lain yang menghadapi permasalahan serupa dalam menjaga efektivitas dan efisiensi sistem pendingin berbasis OEE.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Format Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja tiga unit mesin water chiller yang digunakan pada salah satu perusahaan farmasi di Indonesia. Mesin chiller berfungsi menjaga suhu ruangan dan alat produksi agar tetap dalam batas standar yang ditentukan oleh CPOB dan BPOM, yaitu berada pada rentang suhu stabil untuk menjaga kualitas obat. Penelitian dilakukan melalui observasi langsung selama tiga bulan, dari September hingga November 2024, dengan fokus pada pengumpulan data operasional meliputi waktu kerja, waktu berhenti, jumlah hasil proses pendinginan yang sesuai standar, serta jumlah gangguan atau failure yang terjadi selama periode tersebut.

#### 3.1 Hasil Pengukuran Nilai OEE

Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) dihitung berdasarkan tiga parameter utama, yaitu Availability, Performance Efficiency, dan Quality Rate. Ketiga parameter ini diperoleh melalui pengukuran waktu kerja efektif mesin, kecepatan operasi dibandingkan dengan waktu siklus ideal, serta kualitas hasil pendinginan yang memenuhi standar.



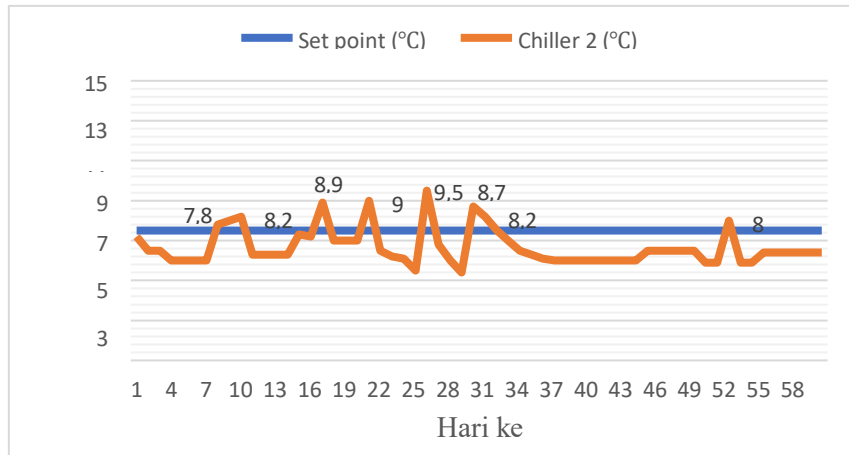
Gambar 1. Grafik Mesin Chiller 1 Periode September - November 2024

Data pengukuran ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Nilai OEE Mesin Water Chiller Periode September–November 2024

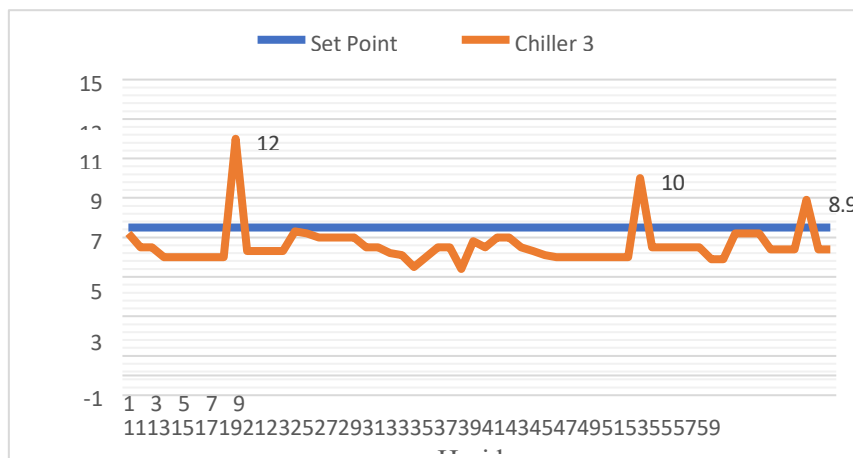
Unit Chiller	Availability (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)
Chiller 1	93.24	95.12	90.00	82.60
Chiller 2	93.89	95.30	86.00	77.04
Chiller 3	95.20	96.12	94.00	86.35

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa Chiller 3 mencapai tingkat efektivitas tertinggi dengan nilai OEE 86.35%, melampaui standar world class sebesar 85% menurut Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). Sedangkan Chiller 1 berada sedikit di bawah standar, yaitu 82.60%, dan Chiller 2 tergolong rendah dengan 77.04%.



Gambar 2. Grafik Mesin Chiller 2 Periode September - November 2024

Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa hanya satu dari tiga mesin yang beroperasi secara optimal. Nilai *availability* seluruh mesin relatif tinggi (>93%), menunjukkan bahwa sistem perawatan mampu menjaga ketersediaan mesin beroperasi tanpa *downtime* berkepanjangan. Namun, parameter *quality rate* menjadi faktor penentu turunnya OEE, terutama pada Chiller 1 dan 2, di mana terjadi ketidaksesuaian suhu pendinginan terhadap standar proses farmasi.



Gambar 3. Grafik Mesin Chiller 3 Periode September - November 2024.

### 3.2 Analisis Perhitungan Availability, Performance, dan Quality

Untuk menilai lebih detail penyebab variasi nilai OEE, dilakukan analisis matematis pada masing-masing parameter.

Nilai *Availability* dihitung menggunakan persamaan:

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Down\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$$

Sebagai contoh, untuk Chiller 1:

Total waktu operasi selama satu bulan = 720 jam, dengan total *downtime* 48 jam.

Maka:

$$\text{Availability} = \frac{720 - 48}{720} \times 100\% = 93.33\%$$

Nilai ini sejalan dengan rata-rata perhitungan pada tabel sebelumnya. *Availability* yang tinggi menandakan bahwa jadwal operasi berjalan sesuai rencana, meskipun masih terdapat gangguan minor seperti kebocoran pada jalur pipa air pendingin dan fluktuasi tekanan kompresor.

Sementara itu, *Performance Efficiency* dihitung dengan rumus:

$$\text{Performance} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{OperatingTime}} \times 100\%$$

Dengan asumsi ideal *cycle time* pendinginan adalah 0,9 menit per siklus, dan total waktu operasi efektif adalah 672 jam (setara dengan 44.800 menit), maka hasil kinerja aktual menunjukkan efisiensi sekitar 95%. Angka ini menandakan bahwa mesin masih bekerja dalam kapasitas yang baik, namun mengalami kehilangan kecepatan akibat beban pendinginan yang fluktuatif selama jam puncak operasional.

Faktor terakhir, *Quality Rate*, dihitung berdasarkan jumlah hasil pendinginan yang memenuhi standar dibandingkan dengan total hasil. Misalnya, pada Chiller 2, dari 1.200 siklus pendinginan, hanya 1.032 yang memenuhi standar suhu 7–8°C, sedangkan sisanya dianggap tidak stabil. Dengan demikian:

$$\text{Quality} = \frac{1032}{1200} \times 100\% = 86\%$$

Nilai inilah yang menjelaskan rendahnya OEE pada Chiller 2, karena ketidakstabilan hasil pendinginan menjadi indikator penurunan kualitas performa sistem pendingin.

### 3.3 Analisis Six Big Losses

Untuk menemukan sumber utama kehilangan efektivitas, dilakukan analisis *Six Big Losses* yang terdiri dari enam kategori kerugian utama dalam sistem produksi: *Breakdown Losses*, *Setup and Adjustment Losses*, *Idling and Minor Stoppages*, *Reduced Speed Losses*, *Defect Losses*, dan *Startup Losses*.

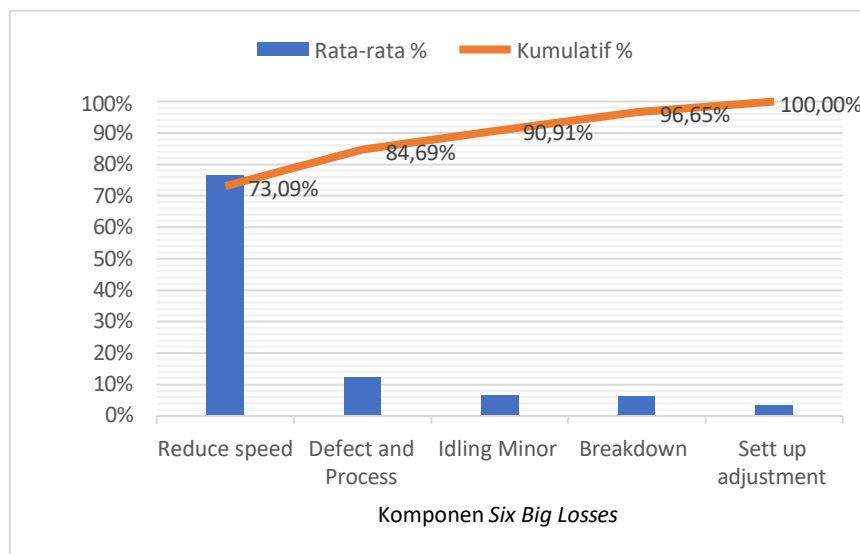
Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Distribusi Persentase Six Big Losses Mesin Water Chiller.

Jenis Kerugian	Persentase (%)
Reduced Speed Losses	76.36
Defect and Process Losses	12.52
Breakdown Losses	6.80
Setup and Adjustment Losses	2.45
Idling and Minor Stoppages	1.30
tartup Losses	0.30

Dari tabel di atas terlihat bahwa Reduced Speed Losses merupakan faktor dominan dengan nilai 76.63%, yang menandakan hilangnya efisiensi akibat kecepatan kerja mesin yang tidak stabil. Hal ini dipicu oleh beban pendinginan yang berfluktuasi dan kurangnya pengaturan tekanan refrigeran secara otomatis. Tekanan tinggi yang tidak stabil menyebabkan kapasitas pendinginan menurun, sehingga waktu siklus menjadi lebih lama dari seharusnya.

Defect Losses sebesar 12.52% menggambarkan bahwa sebagian hasil pendinginan tidak mencapai standar suhu yang diinginkan. Faktor penyebabnya adalah variasi suhu pada keluaran evaporator dan adanya residu kotoran dalam jalur air yang menyebabkan penurunan konduktivitas panas.



Gambar 4. diagram pareto six big losses

Breakdown Losses sebesar 6.80% menunjukkan bahwa kerusakan mekanis seperti kebocoran kondensator, kerusakan *bearing* pada pompa air, serta kegagalan pada katup ekspansi turut berkontribusi pada hilangnya waktu operasi.

### 3.4 Analisis Fishbone Diagram

Untuk mengetahui akar penyebab dari kerugian terbesar, dilakukan analisis *Fishbone Diagram* berdasarkan kategori Man, Machine, Method, Material, dan Environment.

- Man: Operator belum memahami sepenuhnya cara menganalisis gejala awal penurunan tekanan refrigeran. Tindakan korektif sering kali dilakukan setelah kerusakan terjadi, bukan secara preventif.
- Machine: Usia kompresor yang telah melewati lima tahun penggunaan menyebabkan efisiensi mekanis menurun. Sensor tekanan dan suhu juga tidak selalu akurat karena belum dilakukan kalibrasi rutin.
- Method: Jadwal *preventive maintenance* belum konsisten, sebagian besar dilakukan berdasarkan kondisi darurat. Tidak ada pencatatan terstruktur mengenai waktu perawatan dan frekuensi kerusakan.
- Material: Kualitas refrigeran yang digunakan tidak selalu sesuai spesifikasi pabrikan. Penggunaan refrigeran campuran menyebabkan tekanan kerja sistem tidak stabil.

- Environment: Suhu ruang mesin yang melebihi 35°C pada siang hari mengakibatkan peningkatan tekanan kondensasi dan mempercepat keausan komponen pendingin. Dari hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa faktor paling signifikan adalah kombinasi antara kurangnya sistem perawatan terencana dan ketidakmampuan operator dalam pengendalian parameter teknis mesin.

### 3.5 Evaluasi Coefficient of Performance (COP)

Selain perhitungan efektivitas, penelitian ini juga menghitung efisiensi termal sistem pendingin melalui *Coefficient of Performance* (COP), yang dirumuskan sebagai:

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evap}}}{W_{\text{input}}} = \frac{\dot{m} \times C_p \times \Delta T}{W_{\text{input}}}$$

Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa laju aliran massa air ( $\dot{m}$ ) rata-rata sebesar 0.9 kg/s, kalor jenis air ( $C_p$ ) sebesar 4.186 kJ/kg°C, dan selisih suhu evaporator ( $\Delta T$ ) sekitar 4.1°C. Daya listrik yang dikonsumsi ( $W_{\text{input}}$ ) sebesar 5.5 kW.

$$\text{COP} = \frac{0.9 \times 4.186 \times 4.1}{5.5} = 3.04$$

Nilai COP sebesar 3.04 menunjukkan bahwa sistem masih beroperasi secara fungsional, tetapi belum efisien. Idealnya, sistem pendingin industri farmasi memiliki COP minimal 4.0 untuk mencapai efisiensi energi yang optimal.

Rendahnya nilai COP ini selaras dengan hasil OEE yang menunjukkan masih adanya kehilangan performa akibat kecepatan dan suhu kerja yang tidak stabil. Dengan peningkatan perawatan dan pengaturan kontrol otomatis, nilai COP berpotensi meningkat hingga 20% dari kondisi saat ini.

### 3.6 Pembahasan Umum

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sangat efektif dalam mengevaluasi performa mesin *water chiller* secara komprehensif. Dari ketiga unit yang dianalisis, hanya satu unit yang memenuhi standar OEE global. Hal ini menegaskan bahwa efisiensi mesin tidak hanya ditentukan oleh tingkat ketersediaan, tetapi juga oleh konsistensi kualitas hasil pendinginan dan kestabilan performa kerja mesin.

Perbandingan antar-unit menunjukkan bahwa mesin dengan jadwal perawatan rutin memiliki *kinerja* yang jauh lebih baik dibandingkan mesin yang hanya diperbaiki saat rusak. Temuan ini membuktikan pentingnya penerapan konsep *Total Productive Maintenance* (TPM) di industri farmasi, di mana sistem pendingin berfungsi sebagai tulang punggung kestabilan proses produksi.

Secara umum, rendahnya efektivitas disebabkan oleh:

1. Jadwal *preventive maintenance* yang belum konsisten.
2. Kurangnya pelatihan teknis bagi operator dalam pemantauan parameter suhu dan tekanan.
3. Penggunaan komponen lama yang menurunkan performa mesin.
4. Tidak adanya sistem pencatatan digital untuk memantau performa harian chiller.

Untuk mengatasi hal tersebut, disarankan langkah-langkah perbaikan sebagai berikut:

- Menerapkan sistem *planned maintenance* berbasis kalender, minimal setiap dua minggu.
- Melakukan *recalibration* terhadap sensor suhu dan tekanan setiap tiga bulan.
- Mengganti refrigeran dengan spesifikasi pabrikan yang direkomendasikan untuk menghindari fluktuasi tekanan.

- Menambah sistem kontrol otomatis berbasis PLC agar mesin mampu menyesuaikan kapasitas pendinginan sesuai beban aktual.
- Menyediakan pelatihan teknis rutin bagi operator agar mampu membaca gejala kerusakan sejak dini.

Dengan penerapan rekomendasi tersebut, diharapkan nilai OEE dapat meningkat di atas 90% dan nilai COP mendekati 4.5. Hal ini akan berdampak langsung pada efisiensi energi, pengurangan *downtime*, dan peningkatan keandalan sistem pendingin, sehingga mendukung keberlangsungan proses produksi farmasi yang efisien, aman, dan sesuai standar mutu nasional maupun internasional.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap efektivitas kinerja mesin *water chiller* di salah satu perusahaan farmasi, dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin tersebut berperan sangat penting dalam menjaga kestabilan suhu dan kualitas produk selama proses produksi berlangsung. Melalui pengukuran menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, diperoleh gambaran bahwa tidak semua unit mesin *chiller* beroperasi secara optimal. Hanya satu unit yang mampu mencapai tingkat efektivitas sesuai standar global, sedangkan dua unit lainnya menunjukkan performa yang masih di bawah target. Kondisi ini disebabkan oleh beberapa faktor yang saling berkaitan, seperti menurunnya kualitas hasil pendinginan akibat ketidakkonsistenan suhu kerja, terjadinya kehilangan waktu operasi karena gangguan mekanik, serta adanya fluktuasi pada kecepatan mesin yang menandakan penurunan kinerja komponen utama. Hasil analisis *Six Big Losses* memperkuat temuan tersebut, di mana sebagian besar kerugian disebabkan oleh *reduced speed losses* dan *defect losses*. Sementara itu, analisis *Fishbone Diagram* mengungkapkan bahwa akar permasalahan utama berasal dari kurangnya pelaksanaan perawatan preventif, tidak adanya sistem inspeksi berkala, serta keterbatasan pemahaman operator dalam menjalankan prosedur pengendalian suhu dan tekanan. Faktor lingkungan seperti suhu ruang mesin yang tinggi juga turut mempercepat penurunan efisiensi pendinginan. Dengan mempertimbangkan keseluruhan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan efektivitas mesin *water chiller* dapat dicapai melalui penerapan sistem *planned maintenance* yang lebih disiplin, penjadwalan kalibrasi rutin pada sensor dan instrumen pengukuran, serta peningkatan kompetensi teknis operator melalui pelatihan berkelanjutan. Selain itu, pengendalian kondisi lingkungan kerja perlu diperhatikan agar suhu dan kelembapan tetap berada pada rentang yang mendukung kinerja mesin. Jika langkah-langkah ini diterapkan secara konsisten, maka efektivitas dan efisiensi mesin pendingin dapat meningkat, waktu henti produksi berkurang, serta mutu produk farmasi dapat terjaga sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh CPOB dan BPOM.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahuja, K.K. dan Khamba, J.S., 2021. *Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions*. International Journal of Quality & Reliability Management, 38(2), pp.287–310.
- [2] Bahri, S., Muhdarina dan Fitra, A., 2010. *Lempung Alam Termodifikasi Sebagai Adsorben Larutan Anorganik: Kesetimbangan Adsorpsi Lempung Terhadap Ion Cu<sup>2+</sup>*. Jurnal Sain dan Teknologi, 9(1), pp.9–13.

- [3] Dal, S.R., Kalmegh, D.R. dan Sarda, P.S., 2019. *Enhancing Equipment Efficiency Using OEE and Six Big Losses Analysis: A Case Study in Manufacturing*. Journal of Industrial Engineering and Management, 12(4), pp.853–870.
- [4] Gupta, R.K., 2022. *Energy Efficiency Enhancement in Industrial Chillers through Performance Monitoring*. Applied Thermal Engineering, 207, p.118174.
- [5] Harahap, M.I., Ningsih, S.F. dan Widodo, R., 2020. *Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Sistem Pendingin Industri*. Jurnal Rekayasa Proses, 10(3), pp.201–210.
- [6] Hossain, S.K., Rahman, M.T. dan Chen, L., 2023. *Predictive Maintenance and Performance Optimization of Cooling Systems Using OEE-Based Analysis*. IEEE Access, 11, pp.13021–13033.
- [7] Muchiri, A.M. dan Pintelon, L., 2018. *Performance Measurement Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): Literature Review and Practical Application Discussion*. International Journal of Production Research, 50(6), pp.667–682.
- [8] Moubray, J.M., 2019. *Reliability-Centered Maintenance II*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [9] Nakajima, M., 2017. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- [10] Prabowo, R.M., Nurhayati, T. dan Mulyana, A., 2021. *Analisis Efektivitas Mesin Chiller Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di Industri Farmasi*. Jurnal Teknik Industri dan Sistem Informasi, 8(2), pp.45–54.
- [11] Putra, A.D. dan Santosa, H., 2020. *Penerapan Preventive Maintenance dalam Peningkatan Efektivitas Mesin Produksi*. Jurnal Teknologi dan Sistem Industri, 5(1), pp.55–64.
- [12] Rahmadani, P. dan Mulyono, E.K., 2022. *Optimasi Efisiensi Energi Sistem Pendingin Menggunakan Analisis Coefficient of Performance (COP)*. Jurnal Energi dan Sistem Termal, 9(1), pp.13–22.
- [13] Setyawan, A. dan Firdaus, R., 2021. *Pengaruh Kualitas Operator terhadap Efektivitas Mesin Produksi: Pendekatan Fishbone Diagram*. Jurnal Teknologi dan Manufaktur, 11(3), pp.67–76.
- [14] Sharma, A. dan Yadav, S., 2021. *Implementation of TPM and OEE for Improving Manufacturing Performance*. Procedia Manufacturing, 53, pp.255–262.
- [15] Wicaksono, B.S., Susilo, R.D. dan Prasetyo, I., 2023. *Evaluasi Kinerja Chiller pada Industri Obat Menggunakan Metode COP dan OEE*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 7(2), pp.97–107.