

Analysis Of OEE And FMEA Calculations To Improve *Chiller* Machine Performance

[Analisis Perhitungan OEE dan FMEA Untuk Meningkatkan Performa Mesin *Chiller*]

Frudiaz Oshan Nelwanda¹⁾, Indah Apriliana Sari Wulandari ^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. *R-KVC are family entertainment cafes and music venues that use chillers as air conditioning machines. Room temperature that is not reached results in decreased productivity in the form of decreased number of uncomfortable visitors. This study aims to measure the effectiveness and productivity of chiller machines. The methods used are Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Failure mode and Effect Analysis (FMEA). The results obtained are that the chiller machine on R-KVC is not effective and productive with an OEE value of chiller machine 1 79.03% and chiller machine 2 80.64% caused by problems from high condenser pressure. The failure mode with the highest RPN value of 107 is the overhaul compressor temperature.*

Keywords – Effectiveness; chiller machine; OEE; FMEA

Abstrak. *R-KVC merupakan tempat hiburan keluarga cafe dan musik yang menggunakan mesin chiller sebagai mesin pendingin ruangan. Suhu ruangan yang tidak tercapai mengakibatkan penurunan produktivitas berupa menurunnya jumlah pengunjung yang tidak nyaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas mesin chiller. Metode yang digunakan yaitu Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure mode and Effect Analysis (FMEA). Hasil yang didapatkan yaitu mesin chiller pada R-KVC tidak efektif dan produktif dengan nilai OEE mesin chiller 1 79,03% dan mesin chiller 2 80,64% disebabkan oleh permasalahan dari tekanan kondensor tinggi. Failure mode dengan nilai RPN tertinggi sebesar 107 yaitu suhu kompresor overhaul.*

Kata Kunci – Efektivitas; mesin chiller; OEE; FMEA

I. PENDAHULUAN

R-KVC merupakan tempat hiburan keluarga cafe dan musik yang menggunakan *chiller* sebagai mesin pendingin ruangan. 1 mesin *chiller* digunakan untuk mendinginkan 10 ruangan dan perusahaan ini menggunakan 2 mesin *chiller* untuk mendinginkan ruangan. *Chiller* adalah mesin refrigerasi yang memiliki fungsi utama mendinginkan air pada sisi evaporator, air yang didinginkan selanjutnya didistribusi ke alat penukar kalor, *chiller* sudah menjadi pilihan dalam pengkondisian udara ruangan dalam skala besar maupun dalam mesin-mesin proses. Mesin *chiller* menggunakan sistem pendinginan tidak langsung melalui pengkondisian udara. Pada sistem pendinginan tidak langsung, mesin refrigerasi tidak secara langsung melakukan pendinginan udara di setiap ruangan. Mesin refrigerasi mendinginkan air demin dan air demin tersebut yang digunakan untuk mendinginkan ruangan menggunakan *Air Handling unit* (AHU). Komponen utamanya yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator yang digunakan untuk mendapatkan suhu udara yang diinginkan [1]. Kendala yang terjadi adalah kinerja mesin *chiller* yang tidak optimal yaitu suhu ruangan tidak mencapai angka yang diharapkan serta bunyi dari blower *chiller* tersebut, kondisi berlarut saat ini mengakibatkan penurunan produktivitas berupa menurunnya jumlah pengunjung yang tidak nyaman. Jika ruangan tidak dingin juga berdampak pada penurunan produk resto serta pengunjung tidak menambah jam sewa resto.

Dari serangkaian gangguan mesin yang terjadi disebabkan oleh tidak adanya perawatan terjadwal yang dilakukan [2]. Masalah yang timbul diperkirakan disebabkan oleh asap rokok yang ada di dalam ruangan musik, asap rokok muncul setiap hari mengakibatkan terganggunya kinerja mesin *chiller* serta mengakibatkan penyumbatan yang disebabkan oleh lendir. Lendir ini terjadi ketika asap rokok bertemu dengan suhu mesin yang lembab. Dengan kondisi terus menerus tersebut mengakibatkan kinerja mesin *chiller* menurun, maka diperlukan perhitungan efektivitas. Penggunaan metode yang digunakan dalam menghitung efektivitas yaitu mencari nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan Failure mode and Effect Analysis (FMEA). Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah 2 mesin *chiller* dengan kapasitas 2000 ton refrigerant. OEE adalah hasil yang dapat dihitung dengan membagi output aktual peralatan dengan output maksimumnya dalam kondisi performa terbaik [3]. FMEA mengidentifikasi kegagalan

yang mungkin terjadi melalui tahap identifikasi kejadian, dampak yang ditimbulkan, serta frekuensi waktu kejadian [4].

Penelitian terkait dengan penggunaan metode OEE dilakukan oleh widyantoro, yang meneliti tentang Analisa OEE dan FMEA untuk meningkatkan performa mesin sliter di PT PAS, Hasil dari implementasi didapatkan peningkatan yang signifikan dari nilai OEE setelah dilakukannya perbaikan pada mesin slitter dengan rata-rata nilai OEE sebesar 91%, sehingga hasil dari perbaikan yang dilakukan dengan membuat modifikasi pelumasan otomatis dapat meningkatkan performa dari mesin slitter hingga ke performa yang ideal [3]. Sedangkan Choluq menggunakan OEE dan FMEA sebagai dasar perawatan mesin fine drawing 24 B PT. ABC. Tindakan perbaikan yang diusulkan untuk meningkatkan performansi mesin yaitu perusahaan membuat jadwal pelatihan secara berkala untuk meningkatkan keperdulian dan kompetensi operator, melakukan identifikasi seluruh mesin terkait data umur mesin dan kemudian melakukan tindakan perawatan atau pergantian part yang dibutuhkan [6]. Sedangkan Saifuddin menggunakan OEE dan FMEA dalam perawatan di PT XYZ. Dari permasalahan tersebut, mesin analisis pemeliharaan dilakukan dengan menggunakan Total Productive Maintenance dengan efektivitas peralatan keseluruhan serta efek dan analisis mode kegagalan metode [7].

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka perumusan masalahnya adalah bagaimana mengetahui tingkat efektivitas mesin *chiller* jika menggunakan metode OEE dan FMEA. Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: (1) Mengetahui efektivitas pada mesin *chiller* (2) Mengetahui penyebab kegagalan tertinggi mesin *chiller*.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

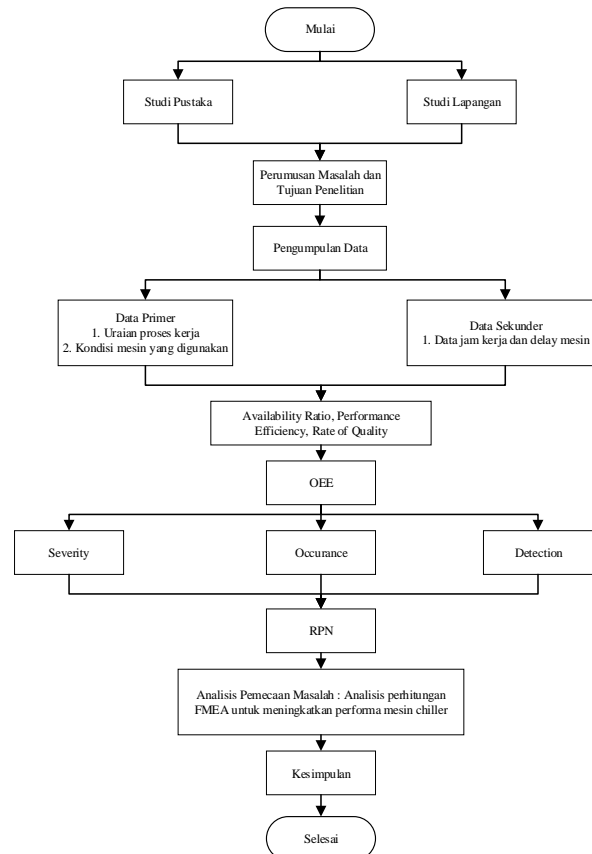
Penelitian dilakukan di R-KVC yang terletak di Jawa Timur, Indonesia. Periode waktu pelaksanaan penelitian yaitu selama 6 bulan. Objek pada penelitian ini yaitu 2 mesin *chiller* yang berfungsi sebagai pendingin ruangan pada R-KVC.

B. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer data kerusakan mesin *chiller*. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari data jam kerja dan delay mesin *chiller* yang ada di R-KVC.

C. Alur Penelitian

Alur penelitian menunjukkan tahapan-tahapan dalam penelitian yang dilakukan, berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1. Diagram alir penelitian menjelaskan studi pustaka untuk mengumpulkan materi serta informasi yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Studi lapangan untuk menggali informasi yang lebih detail mengenai tingkat risiko penyebab terjadinya kegagalan produk pada saat proses berjalannya mesin *chiller* melalui wawancara dan pengamatan. Perumusan masalah dan tujuan penelitian dilakukan untuk menganalisa resiko pada mesin *chiller*. Data yang diambil dalam pengumpulan data terdiri dari 2 jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari observasi dan wawancara. Observasi merupakan tindakan pengamatan yang dilakukan untuk mengamati kinerja kompresor mesin *chiller*, mencatat data dari pengamatan tersebut dan mengenali objek yang menjadi fokus penelitian untuk mendapatkan informasi yang diperlukan seperti data kinerja mesin *chiller* serta mengidentifikasi faktor yang menyebabkan kegagalan mesin *chiller*. Wawancara dilaksanakan terhadap kepala teknisi dan teknisi mesin *chiller*. Pemilihan narasumber didasarkan pada mereka yang terlibat langsung dalam permasalahan mesin *chiller* tersebut. Data sekunder pada penelitian ini merupakan tinjauan umum yang linier dengan penelitian dan diambil dari base data perusahaan meliputi data jam kerja dan delay mesin.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) efisiensi suatu peralatan atau mesin dapat diukur dari tingkat efektivitasnya [8]. OEE adalah indikator produktivitas peralatan yang sangat berguna dalam berbagai sektor industri. OEE berfungsi sebagai dasar untuk langkah-langkah perbaikan, seperti mengurangi waktu kerusakan, menekan biaya perawatan, meningkatkan efisiensi tenaga kerja, meningkatkan produktivitas, serta meningkatkan kualitas produk dan mengurangi pemborosan [9]. OEE merupakan total evaluasi terhadap kinerja yang berkaitan dengan ketersediaan dari proses produktivitas dan kualitas [10]. OEE menggambarkan tingkat kualitas kinerja unit manufaktur terkait kapasitas mesin selama periode produksi yang telah direncanakan [11].

Pada dasarnya, OEE merupakan indikator yang mengenali potensi peralatan. OEE mengenali dan memantau kerugian. OEE mengenali peluang. Fokus utama OEE adalah untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya, meningkatkan kesadaran terhadap kebutuhan produktivitas alat, serta meningkatkan umur peralatan [9]. Sebagai bagian dari Total Productive Maintenance, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan rasio produktivitas yang mencakup tiga aspek utama, yaitu ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*) dan kualitas (*Quality*), dihitung dengan rumus:

$$OEE = availability \times performance \times quality \quad (1)$$

Sumber: [9].

Availability ratio merupakan ukuran yang menggambarkan sejauh mana waktu yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk operasi mesin atau peralatan. Oleh karena itu, rumus untuk menghitung rasio ini adalah:

$$Availability = \frac{Loading\ time - Down\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (2)$$

Sumber: [9].

Performance merupakan hasil dari perkalian antara jumlah produk dengan waktu siklus idealnya, dibagi oleh waktu yang tersedia untuk menjalankan proses produksi (operation time). Untuk mengukur nilai efisiensi kinerja, perhitungannya dimulai dengan menghitung Ideal Cycle time. Rumus untuk menghitung adalah:

$$Performance = \frac{Theorety\ calcycle\ time \times Processed\ Amount}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (3)$$

Sumber: [9].

Quality adalah rasio yang menunjukkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang [12]. Penggunaan istilah kualitas umumnya digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian produk dengan standar yang telah ditetapkan, dengan tujuan agar produk tersebut sempurna dan siap untuk dijual. Konsep kualitas mencakup evaluasi terhadap kegagalan yang mungkin terjadi pada tahap produksi, terutama pada mesin khusus atau garis produksi.

$$Quality = \frac{Good\ Product}{Actual\ Product} \times 100\% \quad (4)$$

Sumber: [9].

Nilai OEE baik industri manufaktur maupun jasa sangat dipengaruhi oleh faktor manusia, alat dan sistem. Perbedaan yang mendasar di industri manufaktur adalah produk yang tangible, defect ditentukan melalui pengamatan visual terhadap fisik produk dengan kriteria tertentu, penerapan OEE berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Sedangkan dalam industri jasa produknya intangible, defect berupa data yang ditentukan melalui pengolahan menggunakan metode statistik dengan kriteria tertentu, penerapan OEE berpengaruh terhadap pelayanan yang diberikan [9].

Failure modes Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan yang terjadi dalam sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*) [13]. FMEA yaitu instrumen yang sering dipakai dalam proses analisis risiko, khususnya dalam mengenali potensi kegagalan dan dampak yang mungkin terjadi melalui tiga langkah pengukuran yaitu: *severity*, *occurate* dan *detection* [14].

Berikut tabel *Severity*.

Tabel 1. Nilai *Severity* [16].

<i>Effect</i>	<i>Severity Effect for FMEA</i>	Rangking
Tidak ada	Bentuk kegagalan tidak ada efek samping	1
Sangat minor	Tidak berakibat langsung	2
Minor	Efek terbatas	3
Sangat rendah	Perlu sedikit <i>rework</i>	4
Rendah	Memerlukan <i>rework</i> cukup banyak	5
Sedang	Produk rusak (<i>reject</i>)	6
Tinggi	Mengakibatkan gangguan peralatan	7
Sangat tinggi	Mengakibatkan gangguan mesin	8
Berbahaya peringatan	Gangguan mesin sehingga mesin berhenti	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Mengakibatkan gangguan mesin dan mengancam keselamatan para pekerja	10

Tabel 1. Menjelaskan tentang skala yang digunakan untuk menilai seberapa parah penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin *chiller*. *Severity* merupakan evaluasi terhadap tingkat serius dari efek yang terjadi. Artinya, setiap kegagalan dinilai berdasarkan seberapa serius dampaknya. Hubungan langsung antara efek dan tingkat keparahan ditegaskan. Sebagai contoh, jika efek yang muncul bersifat kritis, maka tingkat keparahan juga akan tinggi. Jika efeknya tidak bersifat kritis, maka tingkat keparahan akan sangat rendah. [15].

Tabel 2. Nilai *Occurance* [16].

<i>Probability of Failure</i>	<i>Failure Rates</i>	Rating
Sangat Tinggi	1 in 2	10
	1 in 3	9
Tinggi	1 in 8	8
	1 in 20	7
Sedang	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2000	4
Rendah	1 in 15000	3
	1 in 150000	2

Remote 1 in 1500000 1

Tabel 2. Menelaskan tentang tingkat kejadian atau seberapa sering mesin mengalami kegagalan. *Occurance* merupakan probabilitas bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan mengakibatkan kegagalan selama penggunaan produk. *Occurance* merupakan nilai penilaian yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan/atau jumlah kumulatif dari potensi kegagalan [15].

Tabel 3. Nilai *Detection* [16].

<i>Detection</i>	<i>Criteria of Detection By Process</i>	Rangking
Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol	10
Sangat jarang	Alat pengontrol yang sulit dipahami	9
Jarang	Alat pengontrol sulit mendeteksi kegagalan	8
Sangat rendah	Kemampuan control kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan control kegagalan rendah	6
Sedang	Kemampuan control kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kemampuan control kegagalan agak tinggi	4
Tinggi	Kemampuan control kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemampuan control kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kemampuan control kegagalan hampir pasti	1

Tabel 3. Menjelaskan tingkat pengendalian kegagalan mesin *chiller* yang terjadi. Deteksi (*Detection*) dalam mengukur tingkat deteksi ini, Anda bisa menetapkan bagaimana kesalahan teridentifikasi sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dipengaruhi oleh jumlah kontrol yang mengawasi alur proses. Semakin banyak kontrol dan prosedur yang mengatur operasi sistem pemrosesan, pemeliharaan, dan aktivitas operasional, semakin besar cakupan kesalahan yang diantisipasi [17].

Hasil ini diperoleh dengan mengalikan tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. RPN digunakan untuk mengatur prioritas kegagalan tanpa memiliki nilai atau makna tertentu. Angka ini berguna untuk memberikan peringkat pada kegagalan proses yang mungkin terjadi. Nilai RPN bisa disebut dengan rumus berikut:

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

Sumber: [15].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Jam Operasional Kerja Mesin dan Delay Mesin

Mesin *chiller* pada R-KVC beroperasi selama 14 jam dalam satu hari karena menyesuaikan dengan jam operasional R-KVC. Produk dalam bidang jasa berupa pelayanan yang tidak terwujud [9]. Data jam operasional mesin *chiller* merupakan jumlah hari mesin *chiller* yang beroperasi selama 2 bulan. Data yang diambil selama 2 bulan merupakan data real time saat penelitian dilaksanakan. Berikut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Jam Operasional Mesin *Chiller*

Mesin	Jumlah Jam Kerja (Hari)	Suhu Yang Tidak Tercapai (Hari)
<i>Chiller 1</i>	60	9
<i>Chiller 2</i>	60	8

Sumber data : data perusahaan yang telah diolah

Tabel 4. Menjelaskan tentang jumlah jam kerja mesin selama 2 bulan atau 60 hari serta menjelaskan suhu yang tidak tercapai, pada mesin *chiller 1* sebanyak 9 hari dan mesin *chiller 2* sebanyak 8 hari. Rincian data jam operasional mesin *chiller* selama 2 bulan meliputi suhu yang dicapai mesin *chiller* berupa suhu yang melebihi 8,5°C. Dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rincian Data Suhu Mesin *Chiller*

No.	Tanggal	<i>Chiller 1</i>	<i>Chiller 2</i>	No.	Tanggal	<i>Chiller 1</i>	<i>Chiller 2</i>
1	01/09/2023	7.0°C	7.0°C	31	01/10/2023	7.2°C	7.3°C
2	02/09/2023	7.2°C	7.0°C	32	02/10/2023	7.0°C	7.1°C
3	03/09/2023	6.5°C	6.9°C	33	03/10/2023	7.4°C	7.5°C
4	04/09/2023	6.7°C	7.2°C	34	04/10/2023	7.8°C	8.0°C
5	05/09/2023	7.0°C	7.5°C	35	05/10/2023	8.0°C	8.5°C
6	06/09/2023	7.3°C	7.7°C	36	06/10/2023	8.2°C	8.6°C
7	07/09/2023	7.5°C	7.6°C	37	07/10/2023	8.5°C	8.5°C
8	08/09/2023	7.7°C	7.8°C	38	08/10/2023	8.0°C	8.6°C

9	09/09/2023	8.0°C	8.3°C	39	09/10/2023	8.6°C	8.8°C
10	10/09/2023	8.1°C	8.1°C	40	10/10/2023	7.9°C	8.7°C
11	11/09/2023	7.8°C	8.0°C	41	11/10/2023	7.7°C	8.6°C
12	12/09/2023	7.7°C	8.4°C	42	12/10/2023	8.0°C	8.4°C
13	13/09/2023	8.1°C	8.6°C	43	13/10/2023	8.7°C	8.0°C
14	14/09/2023	8.0°C	8.8°C	44	14/10/2023	8.5°C	8.2°C
15	15/09/2023	8.2°C	8.2°C	45	15/10/2023	8.6°C	8.0°C
16	16/09/2023	8.5°C	8.0°C	46	16/10/2023	8.8°C	7.7°C
17	17/09/2023	8.7°C	7.9°C	47	17/10/2023	8.5°C	7.5°C
18	18/09/2023	8.7°C	7.7°C	48	18/10/2023	8.2°C	7.3°C
19	19/09/2023	8.5°C	7.5°C	49	19/10/2023	8.0°C	7.2°C
20	20/09/2023	8.3°C	7.8°C	50	20/10/2023	7.7°C	7.0°C
21	21/09/2023	8.0°C	7.5°C	51	21/10/2023	8.7°C	6.7°C
22	22/09/2023	7.8°C	7.6°C	52	22/10/2023	8.5°C	6.5°C
23	23/09/2023	8.1°C	8.0°C	53	23/10/2023	8.6°C	6.6°C
24	24/09/2023	8.6°C	8.8°C	54	24/10/2023	8.3°C	6.8°C
25	25/09/2023	8.4°C	8.4°C	55	25/10/2023	7.9°C	7.0°C
26	26/09/2023	8.0°C	8.2°C	56	26/10/2023	7.7°C	7.1°C
27	27/09/2023	7.5°C	8.0°C	57	27/10/2023	7.2°C	8.1°C
28	28/09/2023	7.3°C	7.7°C	58	28/10/2023	7.0°C	8.6°C
29	29/09/2023	7.2°C	7.5°C	59	29/10/2023	6.8°C	8.4°C
30	30/09/2023	7.0°C	7.3°C	60	30/10/2023	6.9°C	8.3°C
Total jam kerja <i>chiller</i> dalam satuan hari						60 Hari	60 Hari
Total suhu yang tidak tercapai						9 Hari	8 Hari

Sumber data : data perusahaan yang telah diolah

Tabel 5. Menjelaskan data suhu yang dialami mesin *chiller* per hari nya. Selama 60 hari pengamatan dan operasional mesin *chiller* mengalami 9 kali suhu yang tidak tercapai pada mesin *chiller* 1 dan mesin *chiller* 2 mengalami 8 kali suhu yang tidak tercapai. Suhu yang tidak tercapai dalam 1 hari kerja mesin *chiller* yang disebabkan oleh delay pada mesin. Berikut merupakan data delay mesin *chiller* pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Delay Mesin Chiller

Jadwal kerja mesin <i>chiller</i>	Waktu yang dibutuhkan/hari (jam)	Lama beroperasi (hari)	Total waktu yang dibutuhkan (jam)
Jam kerja tersedia	14	60	840
<i>Warm up time</i>	0,33	60	19,8
Penyetelan <i>sparepart</i>	0,5	60	30

Tabel 6. Menjelaskan waktu kerja tersedia yaitu merupakan lama waktu operasi mesin *chiller*, yaitu selama 14 jam. *Warm up time* merupakan waktu yang digunakan untuk persiapan mesin sebelum beroperasi selama 0,33 jam. Penyetelan *sparepart* merupakan inspeksi harian yang digunakan untuk set up mesin dan perbaikan part mesin selama 0,5 jam.

Machine break merupakan kendala atau masalah yang terjadi pada mesin *chiller* yang menyebabkan henti mesin dan diambil dari monitor kontrol pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Machine break Chiller

Chiller 1			
Tanggal	Jam	Masalah	<i>Machine break</i> (Jam)
17/09/2023	14:34:05	COMPR STOP - Condenser Pressure High	3
18/09/2023	18:05:55	COMPR STOP - Condenser Pressure High	1
24/09/2023	22:08:45	COMPR STOP - Oil Feed Temp High	0,4
09/10/2023	13:08:01	COMPR STOP - Oil Feed Temp High	0,3
13/10/2023	15:09:23	COMPR STOP - Condenser Pressure High	2

15/10/2023	18:45:32	COMPR STOP - Condenser Pressure High	1
16/10/2023	19:23:12	COMPR STOP - Oil Feed Temp High	0,5
21/10/2023	21:09:45	COMPR STOP - Evaporator Water Flow Loss	0,5
23/10/2023	23:50:23	COMPR STOP - Evaporator Water Flow Loss	0,45
Total			9,15
<i>Chiller 2</i>			
13/09/2023	13:55:34	COMPR STOP - No Starter Transition	1
14/09/2023	18:45:12	NO START - Starter fault	0,3
24/09/2023	15:12:10	COMPR STOP - Evaporator Water Flow Loss	1
06/10/2023	20:34:23	COMPR STOP - Condenser Pressure High	2
09/10/2023	21:45:01	COMPR STOP - No Starter Transition	2,5
10/10/2023	17:01:23	COMPR STOP - Evaporator Water Flow Loss	0,5
11/10/2023	22:06:34	COMPR STOP - No Starter Transition	1
28/10/2023	14:09:29	NO START - Starter fault	0,3
Total			8,6

Tabel 7. Menjelaskan Data *Machine break Chiller* yaitu data yang mencatat permasalahan yang terjadi selama mesin *chiller* beroperasi.

B. Perhitungan Availability

Perhitungan *availability* menggunakan rumus (2) menggunakan data *loading time* dan *down time* pada mesin *chiller*. Data *loading time* dan *down time* mesin *chiller* pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Data Loading time

Mesin	Waktu Operasi Setiap Hari (Jam)	Lama Beroperasi (Hari)	Total <i>loading time</i> (jam)
<i>Chiller 1</i>	14	60	840
<i>Chiller 2</i>	14	60	840

Tabel 8. Menjelaskan tentang Total *loading time* didapatkan dari waktu operasi per hari dikali dengan lama beroperasi didapatkan total *loading time* 840 jam per mesin *chiller* selama 60 hari.

Tabel 9. Data Down time

Mesin	Warm up time (Jam)	Machine break (Jam)	Total downtime (Jam)
<i>Chiller 1</i>	19,8	9,15	28,95
<i>Chiller 2</i>	19,8	8,6	28,4

Tabel 9. Menjelaskan data *down time*, *Warm up time* didapatkan dari Tabel 6 dan *machine break* didapatkan dari Tabel 7. Total *down time* didapatkan dari penjumlahan *warm up time* dan *machine break*. Data tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan *availability* mesin *chiller 1* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Availability} &= \frac{\text{Loading time} - \text{Down time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\
 &= \frac{840 - 28,95}{840} \times 100\% \\
 &= 96,55\%
 \end{aligned}$$

Rumus *loading time* dikurangi *down time* sama dengan rumus operation time. Dengan cara yang sama, perhitungan masing-masing *availability* mesin *chiller* pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan Availability

Mesin	Loading time (Jam)	Total downtime (Jam)	Operation time (Jam)	Availability (%)
<i>Chiller 1</i>	840	28,95	811,05	96,55
<i>Chiller 2</i>	840	28,4	811,60	96,62

Tabel 10. Menjelaskan hasil *availability* dari mesin *chiller 1* sebesar 96,55% dan mesin *chiller 2* sebesar 96,62%.

C. Perhitungan Performance

Perhitungan *performance* menggunakan rumus (3) memerlukan data cycle time, process amount sama dengan lama waktu beroperasi, dan operation time. Perhitungan cycle time membutuhkan data total delay dan persentase jam kerja.

Tabel 11. Perhitungan Total *Delay*

Mesin	Total <i>downtime</i> (Jam)	Total <i>delay</i> (Jam)
Chiller 1	28,95	58,95
Chiller 2	28,4	58,4

Tabel 11. Menjelaskan tentang total *delay* yang didapatkan dari penjumlahan total *downtime*.

Tabel 12. Perhitungan Persentase Jam Kerja

Mesin	Available <i>time</i> (Jam)	Total <i>delay</i> (Jam)	Jam kerja (%)
Chiller 1	840	58,95	92,98
Chiller 2	840	58,4	93,05

Tabel 12. Menjelaskan *Available time* sama dengan total *loading time*. Persentase jam kerja mesin *chiller* 1 diperoleh dari rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jam kerja} &= \left(1 - \frac{\text{Total delay}}{\text{Available time}}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{58,95}{840}\right) \times 100\% \\ &= 92,98\% \end{aligned}$$

Tabel 13. Perhitungan *Cycle time*

Mesin	Lama beroperasi (Hari)	<i>Loading time</i> (Jam)	Waktu siklus (Jam/Pcs)	Jam kerja (%)	Ideal <i>cycle time</i> (Jam/Pcs)
Chiller 1	60	840	14	92,98	13,02
Chiller 2	60	840	14	93,05	13,03

Tabel 13. Menjelaskan Waktu siklus sama dengan lama waktu beroperasi per hari. Perhitungan *performance* mesin *chiller* 1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Performance} &= \frac{\text{Theorety cycle time} \times \text{Processed Amount}}{\text{Operation Time}} \times 100\% \\ &= \frac{13,02 \times 60}{811,05} \times 100\% \\ &= 96,30\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, perhitungan masing-masing *performance* mesin *chiller* pada Tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan *Performance*

Mesin	Lama beroperasi (Hari)	Ideal <i>cycle time</i> (Jam/Pcs)	<i>Operation time</i> (Jam)	<i>Performance</i> (%)
Chiller 1	60	13,02	811,05	96,30
Chiller 2	60	13,03	811,60	96,30

D. Perhitungan *Quality*

Perhitungan *quality* menggunakan rumus (4) membutuhkan data *good product* dan *actual product*. *Good product* merupakan lama waktu beroperasi (*actual product*) dikurangi dengan reject product.

Tabel 15. Perhitungan *Quality*

Mesin	Lama beroperasi (Hari)	Suhu tidak tercapai	<i>Quality</i> (%)
Chiller 1	60	9	85,00
Chiller 2	60	8	86,67

Perhitungan *quality* mesin *chiller* 1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Quality} &= \frac{\text{Good Product}}{\text{Actual Product}} \times 100\% \\ &= \frac{60-9}{60} \times 100\% \\ &= 85\% \end{aligned}$$

E. Perhitungan OEE

Efektivitas mesin *chiller* dapat dilihat dari nilai *Overall Equipment Effectiveness*. OEE kelas dunia adalah 85%, ini merupakan indikasi bahwa ada sesuatu yang perlu diperbaiki [18]. Perhitungan OEE mesin *chiller* 1 menggunakan rumus (1) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= \text{availability} \times \text{performance} \times \text{quality} \\ &= 96,55\% \times 96,30\% \times 85\% \\ &= 79,03\% \end{aligned}$$

Perhitungan OEE mesin *chiller* 2 menggunakan rumus (1) sebagai berikut.

$$\text{OEE} = \text{availability} \times \text{performance} \times \text{quality}$$

$$= 96,62\% \times 96,30\% \times 86,67\%$$

$$= 80,64\%$$

Bahwa kondisi saat ini, nilai OEE dibawah standart world class dan menyebabkan terjadinya komplain dari pelanggan [18]. Ketidakefektivan mesin *chiller* menyebabkan tidak tercapainya suhu mesin *chiller*, banyaknya komplain dari pelanggan dan penurunan omset R-KVC. Perhitungan OEE untuk kedua mesin *chiller* dapat dilihat pada table dibawah.

Tabel 16. Perhitungan OEE

Mesin	Availibility Ratio (%)	Performance (%)	Quality (%)	OEE (%)
<i>Chiller 1</i>	96,55	96,30	85,00	79,03
<i>Chiller 2</i>	96,62	96,30	86,67	80,64

Tabel 16. Penerapan serta nilai OEE dalam bidang jasa memberikan pengaruh terhadap kinerja, kualitas, maupun ketersediaan pelayanan yang dihasilkan [9]. Nilai OEE mesin *chiller 1* dan *chiller 2* didapatkan kurang dari 85% atau tidak memenuhi standar dunia. Oleh karena itu, untuk meningkatkan OEE perlu dilakukan identifikasi terhadap masalah yang menyebabkan mesin *chiller* tidak memenuhi standar dunia agar kualitas pelayanan terhadap pelanggan dapat optimal untuk mendukung terciptanya pelayanan yang baik serta daya saing yang tinggi.

F. Perhitungan Failure mode and Effect Analysis (FMEA)

Analisis penyebab atau kendala yang menyebabkan terjadinya masalah pada mesin *chiller* didapatkan melalui wawancara kepada teknisi dan manajer R-KVC. *Failure mode* dapat dilihat pada **tabel 17**.

Tabel 17. Failure mode Mesin Chiller

Komponen	Failure mode
Kondensor	Tekanan kondensor tinggi
Evaporator	Water loss di evaporator
Cooling Tower	Sirkulasi air tidak lancar
Kompresor	Kompresor tidak bisa menyala/tidak bisa jalan Kompresor berhenti mendadak Suhu oli over high Penggantian Freon Suhu kompresor overhaul Kurangnya oli

Tabel 17. Menelaskan bahwa Failure mode yang terjadi pada mesin *chiller* dan selanjutnya akan dilakukan penilaian *severity*, *occurance*, dan *detection* untuk mengetahui nilai risiko yang tertinggi atau *risk priority number*. Penilaian dilakukan oleh 2 teknisi, 1 kepala teknisi, dan 1 manajer.

Tabel 18. Perhitungan RPN

Failure mode	S	O	D	RPN	Rank
Tekanan kondensor tinggi	3	5	4	62	2
Water loss di evaporator	5	2	2	14	8
Sirkulasi air tidak lancar	5	2	2	12	9
Kompresor tidak bisa menyala/tidak bisa jalan	7	3	3	58	3
Kompresor berhenti mendadak	8	5	2	54	4
Suhu oli over high	6	4	2	47	5
Penggantian Freon	4	3	3	41	7
Suhu kompresor overhaul	8	3	4	107	1
Kurangnya oli	4	5	3	42	6

Tabel 18. Menjelaskan tentang perhitungan *Risk priority number* (RPN) didapatkan nilai tertinggi pada kegagalan suhu kompresor overhaul dengan nilai sebesar 107 pada komponen kompresor. Berdasarkan nilai tersebut, untuk meningkatkan efektivitas mesin, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terutama pada komponen kompresor yang memberikan dampak pada kepuasan pelanggan. Baik jasa maupun manufaktur harus mampu menerjemahkan kebutuhan konsumen sebagai pihak yang menggunakan produk agar usaha dapat berkembang dan memiliki daya saing [19].

IV. SIMPULAN

Hasil perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin *chiller* pada R-KVC kurang dari 85% atau tidak memenuhi standar dunia, yaitu mesin *chiller* 1 79,03% dan mesin *chiller* 2 80,64% sehingga mesin *chiller* pada R-KVC belum dapat dikatakan efektif. Hal tersebut disebabkan karena masalah yang ditimbulkan dari komponen-komponen mesin *chiller*. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode FMEA didapatkan hasil bahwa komponen kompresor memberikan dampak yang tinggi karena banyaknya failure mode yang disebabkan oleh kompresor, yaitu 6 dari 9 masalah yang terjadi. Failure mode dengan RPN tertinggi yaitu suhu kompresor overhaul dengan nilai RPN sebesar 107.

Pihak R-KVC perlu melakukan analisa lebih lanjut terhadap kurangnya efektivitas dan produktivitas mesin *chiller* dan memprioritaskan untuk memperbaiki kompresor mesin agar failure mode yang disebabkan oleh kompresor dapat diminimalkan. Analisa tersebut perlu dilakukan karena kurangnya efektivitas kerja mesin *chiller* dapat menyebabkan penurunan kepuasan konsumen.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Pada kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan pihak perusahaan yang telah memperbolehkan untuk melakukan penelitian.

VI. REFERENSI

- [1] Julianto Sinaga, Yovan Witanto, and Agus Nuramal, "ANALISA KOEFISIEN UJUK KERJA MESIN PENDINGIN (*CHILLER*) UNIT 1 PADA POWER HOUSE," *rekayasamekanika*, vol. 6, no. 1, pp. 31–37, Apr. 2022, doi: 10.33369/rekayasamekanika.v6i1.25454.
- [2] N. M. Hidayatulloh and T. Sukmono, "Determination of Production Instrumentation Equipment Maintenance Intervals In the Paper Industry," *prozima*, vol. 4, no. 1, pp. 23–31, Mar. 2021, doi: 10.21070/prozima.v4i1.1275.
- [3] M. Widyantoro, "Analisa OEE dan FMEA Untuk Meningkatkan Performa Mesin Sliter di PT PAS," vol. 8, no. 2, 2022.
- [4] Wahyuni, Hana Catur and Sulistyowati, Wiwik, *Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur dan Jasa*. Sidoarjo: Umsida Press, 2020.
- [5] Sepfitrah, S. Pranoto, Y. Rizal, and Rinaldi, "Tinjauan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Pada Produksi Kertas Terhadap Standar JIPM," *aptek*, vol. 14, no. 2, pp. 75–82, Jul. 2022, doi: 10.30606/aptek.v14i2.1112.
- [6] M. S. Choluh, "ANALISIS NILAI OEE DAN FMEA SEBAGAI DASAR PERAWATAN MESIN FINE DRAWING 24 B PT. ABC".
- [7] "Total Productive Maintenance Analysis Using OEE and FMEA Method at PT. XYZ Phosphoric Acid Factory," in *Nusantara Science and Technology Proceedings, Galaxy Science*, Nov. 2022. doi: 10.11594/nstp.2022.2711.
- [8] Hadi Ariyah, "Penerapan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) Dalam Peningkatan Efisiensi Mesin Batching Plant (Studi Kasus : PT. Lutvindo Wijaya Perkasa)," *TMIT*, vol. 1, no. 2, pp. 70–77, Jun. 2022, doi: 10.55826/tmit.v1i1.10.
- [9] W. Atikno and H. H. Purba, "Sistematika Tinjauan Literature Mengenai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Industri Manufaktur dan Jasa," 2021.
- [10] M. R. Husen and N. Iskandar, "ANALISIS PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE PADA MESIN CNC LASER CUTTING FIBER DENGAN METODE OEE DAN FMEA DI CV. XYZ," vol. 11, no. 2, 2023.
- [11] A. Wahid, M. Munir, A. Misbah, and A. Pusakaningwati, "MENGUKUR EFEKTIFITAS MESIN CHENYUEH MENGGUNAKAN *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) DAN SIX BIG LOSSES Pada CV. ABI Surabaya," *Journal of Industrial View*, vol. 04, no. 1, pp. 31–39, 2022.
- [12] M. M. Hutabarat and A. Muhsin, "Analisis Tingkat Efektivitas Kerja pada Mesin Auto Hanger dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 13, no. 1, p. 56, Jun. 2020, doi: 10.31315/opsi.v13i1.3468.
- [13] V. Kartikasari and H. Romadhon, "Analisa Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Proses Pengalengan Ikan Tuna Menggunakan Metode Failure mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) Studi kasus di PT XXX Jawa Timur," *Journal of Industrial View*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, May 2019, doi: 10.26905/jiv.v1i1.2999.

- [14] Wiwik Sulistiyowati and H. C. Wahyuni, *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa*. Umsida Press, 2020. doi: 10.21070/2020/978-623-6833-79-7.
- [15] F. R. P. Nasution and I. N. Nasution, "IDENTIFIKASI RESIKO KEGAGALAN PROSES PRODUKSI TOILET SOAP PLANT (SABUN MANDI PADAT) DI PT. XYZ DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)," vol. 1, no. 1, 2023.
- [16] B. Khrisdamara and D. Andesta, "Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus : PT. Bima, Site Pelabuhan Berlian)," *JSE*, vol. 7, no. 3, Jul. 2022, doi: 10.32672/jse.v7i3.4255.
- [17] F. W. Handono, S. Anwar, and F. B. Siahaan, "ANALYSIS OF RECRUITMENT INFORMATION SYSTEM SECURITY USING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) METHOD CASE STUDY PT," *Journal of Information Technology and Computer Science*.
- [18] M.H.A. Soliman, *Overall Equipment Effectiveness Simplified: Analyzing OEE to Find the Improvement Opportunities*. personal-lean.org, 2020.
- [19] W. Sulistiyowati, *Buku Ajar Kualitas Layanan: Teori dan Aplikasinya*. Umsida Press, 2018.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.