

Analisis Kegagalan Operasional Mesin Chiller dengan Metoda FTA dan FMEA

Chiller Machine Operational Failure Analysis with The FTA and FMEA Methods

Aryudi Susilo¹, R. Ismet Rohimat², Hennie Husniah³

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Langlangbuana, Bandung

E-mail: ismet.rohimat@gmail.com, hennie.husniah@gmail.com.

Abstrak

Mesin *air chiller* adalah bagian dari sistem penyediaan dan penyediaan udara bersih dan dingin ke area bangunan. Kerusakan pada komponen mesin *chiller* telah mengurangi pasokan udara dingin ke area Mall. FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode dan Effect Analysis*) digunakan untuk melacak kasus-kasus kegagalan *chiller engine*, dengan penekanan pada analisis "pendekatan *top-down*", yang merupakan analisis menyeluruh mulai dari sistem tingkat atas dan meneruskannya turun, sehingga diharapkan dapat menjadi solusi yang tepat dalam menangani masalah pasokan udara dingin ke gedung Mall, dan dengan metode itu diharapkan juga dapat memberikan proposal dari penjadwalan pemeliharaan dengan membedakan perilaku penjadwalan sesuai dengan tingkat kritis dari masalah setiap unit komponen mesin *chiller*.

Kata kunci: FTA (*Fault Tree Analysis*), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), Mesin Chiller, Perawatan

Abstract

Chiller water machine is part of the system of provide and supplying clean and cold air to the building area. Damage to the engine chiller component has reduced the supply of cold air to the Mall area. FTA (Fault Tree Analysis) and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) are used to trace cases of engine chiller failure, with emphasis on the "top down approach" analysis, which is a thorough analysis starting from the top level system and forwarding it down, so that it is expected can be the right solution in dealing with the problem of cold air supply to the Mall building, and by that method it is also expected to be able to provide proposals from maintenance scheduling by distinguishing scheduling behavior according to the critical level of the problem of each chiller engine component unit.

Keywords: Chiller Machine, FTA (*Fault Tree Analysis*), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), Maintenance.

Pendahuluan

Sistem pendinginan di gedung *Mall* menggunakan mesin *chiller* yang menggunakan air untuk pendinginan dan distribusi air termasuk sirkuit tertutup (*close circuit*), sehingga daya dan *head* pompa sirkulasinya juga kecil. Jenis tertutup ini memerlukan pengontrolan tekanan air di tangki ekspansi yang lebih intensif dengan tujuan agar air yang didistribusikan keseluruh pengguna air dingin dapat beroperasi secara normal. Komponen utama *chiller* adalah motor utama, *evaporator*, *condenser*, tangki *oil separator*, *compressor*, dan katup ekspansi.

Kebutuhan tata udara dan penyejukan udara di salah satu *Mall* di kota Bandung diperoleh dari 4 mesin *chiller water* unit yang ada di gedung *Mall* dengan kapasitas 800 TR (*Ton Refrigerant*), yang akan didistribusikan kembali untuk memenuhi kebutuhan tata udara di tiap toko-toko penyewa disamping kebutuhan operasional *mall* secara keseluruhan.

Sistem *chiller* periode Januari-Desember tahun 2018 mengalami kegagalan operasional dan kegagalan komponen. Akibat dari kegagalan operasional *chiller* ini suhu di area gedung festival citylink menjadi meningkat menjadi 28°C sampai dengan 29°C. Mengingat pentingnya keberlangsungan operasional *chiller* agar nyaman dan penyejukan udara ruangan toko penyewa tetap terjaga pada temperatur yang di rekomendasikan manajemen *Mall* adalah $\pm 24^\circ\text{C}$.

Chiller yang beroperasi secara terus menerus, mengakibatkan komponen-komponen sistem unit *Chiller* akan mengalami penuaan, penuaan yang terjadi berupa penurunan kemampuan kerja seperti: keausan *bearing* motor, korosi, gangguan *power supply*, sensor, komponen, terbakarnya motor listrik dan bahkan kegagalan mekanik lainnya yang lebih parah, selama ini apabila dilakukan penggantian komponen *Chiller* yang telah mengalami penuaan, diganti dengan komponen yang baru maka akan mengalami masa penyesuaian antara komponen lama dan baru untuk mendapatkan kondisi yang diharapkan.

Akibat dari kegagalan *chiller* adalah kenaikan temperatur lebih dari yang direkomendasikan, maka akan menyebabkan karyawan dan pengunjung menjadi tidak nyaman. Efek yang lebih besar dari kenaikan temperatur ruangan penyewa toko adalah ruangan penyewa toko akan terasa gersang dan panas akibat meningkatnya suhu udara disana dan hal tersebut bisa menyebabkan keluarnya penyewa toko, dimana penyewa toko itu merupakan sumber pendapatan yang paling dominan dari keuntungan perusahaan, adapun kenaikan temperatur penyewa toko tidak di bahas dikarenakan keterbatasan data. Maka perlu diidentifikasi kegagalan *chiller* menggunakan metode *FTA* dan *FMEA* dengan harapan dapat menentukan tindak lanjut perbaikan atas komponen-komponen penyusun *chiller*.

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan, Suya et.al (2014) Analisis waste yang dilakukan menggunakan penerapan metode *FMEA* untuk mengetahui waste yang terjadi pada restoran cepat saji dan menentukan waste kritis yang terjadi pada restoran cepat saji sehingga dapat memberikan usulan tindakan penanganan waste. Meminimasi adanya rework (Richma et.al, 2015) dengan menggunakan metoda *Failure Mode and Effect Analysis* (*FMEA*) dan *Fault Tree Analysis* (*FTA*). sedangkan Deden (2014) mencari penyebab kegagalan terjadinya cacat pada material tubing setelah dioperasikan. Pada penelitian ini mengidentifikasi kegagalan mesin *chiller* serta tindak lanjut perbaikan dengan menggunakan metode *FMEA* dan *FTA*.

Metode

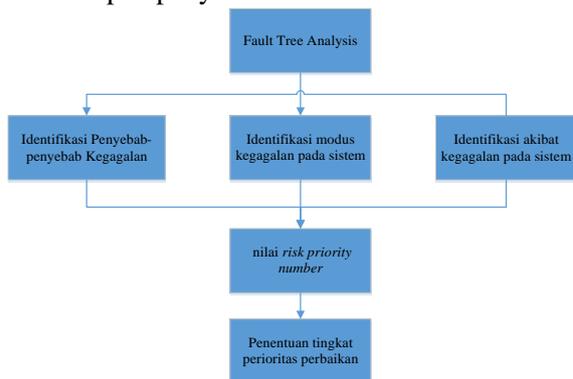
Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai langkah awal dalam sebuah penelitian dan bahan yang mendukung dalam penelitian ini.

Mesin *Chiller water* unit merupakan bagian dari sistem penyediaan dan pen-supply udara bersih dan dingin ke area gedung. Waktu penelitian Januari-Desember tahun 2018, dengan data yang dikumpulkan mengenai data kegagalan komponen *spare parts chiller*.

Metode Pengolahan Data

Tahapan penyelesaian masalah adalah:



Gambar 1. Tahapan penyelesaian masalah

Konsep FTA (Fault Tree Analysis)

Salah satu *tools* yang digunakan untuk menelusuri kerusakan adalah *Fault Tree Analysis (FTA)*. *FTA* lebih menekankan pada “*top-down approach*”, karena analisa ini barawal dari sistem *top level* dan meneruskannya ke bawah. Karena *FTA* adalah bagian dari analisis sistem, maka akan diuraikan terlebih dahulu mengenai analisis sistem. Sistem merupakan kumpulan obyek-obyek yang saling berinteraksi dan bekerjasama untuk mencapai suatu tujuan. Metode-metode analisis sistem digunakan untuk menganalisis adanya kesalahan dalam suatu sistem

Konsep FMEA (Failure Mode And Effect Analysis)

FMEA merupakan metode analisis induktif untuk mengidentifikasi kerusakan produk dan atau proses yang paling potensial dengan mendeteksi peluang, penyebabnya, efek, dan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat kepentingan kerusakan. Analisis induktif merupakan analisis yang dimulai dari penyebab-penyebab kerusakan dan bagaimana kerusakan bisa terjadi. Metode *FMEA* akan mendefinisikan segala sesuatu yang rusak dan mengapa kerusakan bisa terjadi (*failure modes*) serta mengetahui efek dari setiap kerusakan pada sistem (*failure effect*). Metode *FMEA* dapat digunakan untuk mereview desain produk, proses atau sistem dengan mengidentifikasi kelemahan-kelemahan yang ada dan kemudian menghilangkannya. Beberapa bagian penting yang ada dalam metode *FMEA* sebagai berikut:

1. *Failure mode* adalah bagian *FMEA* yang digunakan untuk mengetahui bagaimana suatu sistem dapat mengalami kerusakan;
2. *Failure effect* adalah bagian *FMEA* yang digunakan untuk mengetahui pengaruh terjadinya kerusakan pada sistem;
3. *Cause of failure* adalah bagian *FMEA* yang digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada sistem;
4. *Risk evaluation* adalah bagian *FMEA* yang digunakan untuk mengetahui masalah terpenting yang harus diperhatikan dan mendapatkan prioritas penyelesaian.

Tipe-tipe *FMEA* berdasarkan penggunaannya sebagai berikut:

1. *Sistem FMEA*
Tipe *FMEA* yang digunakan untuk menganalisis sistem yang terdiri dari berbagai *level*, mulai dari *level* komponen dasar sampai dengan *level* sistem. Pada *level* terendah, *FMEA* akan mengidentifikasi mengapa suatu komponen bisa mengalami kerusakan dan efek apa yang akan terjadi pada sistem. Penggunaan sistem *FMEA* secara lengkap lebih difokuskan pada *level-level* yang penting;
2. *Design FMEA*
Tipe *FMEA* dilakukan produk atau jasa pada tahap desain sistem. Tujuan *design FMEA* adalah untuk menganalisis suatu desain sistem dan mencari kemungkinan pengaruh kerusakan pada sistem. *Design FMEA* akan dapat memberikan solusi dengan memperbaiki desain atau mengurangi pengaruh kerusakan karena pengaruh kerusakan sudah diantisipasi pada tahap desain sistem;
3. *Process FMEA*
Process FMEA dilakukan pada proses manufaktur dengan menampilkan kemungkinan kerusakan, keterbatasan peralatan, perlunya pelatihan bagi operator dan sumber-sumber penyebab kerusakan. Informasi-informasi

tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan korektif jika terjadi kerusakan proses;

4. *Functional FMEA*

Functional FMEA dikenal dengan nama *black box FMEA* dan lebih difokuskan terhadap fungsi atau penggunaan suatu komponen atau sub sistem dalam suatu sistem, jadi *functional FMEA* akan lebih terfokus lagi kedalam sub sistem tertentu sehingga akan lebih spesifik dalam analisisnya.

Hasil dan Pembahasan

Fault Tree Analysis terdapat pada Gambar 2. Dan faktor penyebab kegagalan *chiller* terdapat pada Tabel 1. *Output* FTA yang berupa kumpulan *basic event* kemudian dianalisis untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi pada komponen mesin *chiller*. Penyebab kerusakan berdasarkan *basic event output* terdapat pada Tabel 2. Selanjutnya peluang terjadi kerusakan pada setiap komponen mesin *chiller* pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Tabel Peluang Terjadinya Kerusakan Komponen Mesin *Chiller*

| No | <i>Spare part chiller</i> | frekuensi | Peluang |
|-------|---------------------------|-----------|---------|
| 1 | <i>Bearing</i> | 2 | 2/19 |
| 2 | <i>Kopling</i> | 1 | 1/19 |
| 3 | <i>Sekring</i> | 2 | 2/19 |
| 4 | <i>Kontak relay</i> | 2 | 2/19 |
| 5 | Peralatan <i>control</i> | 1 | 1/19 |
| 6 | <i>Compressor</i> | 1 | 1/19 |
| 7 | <i>Flowswitch</i> | 1 | 1/19 |
| 8 | <i>Valve</i> | 1 | 1/19 |
| 9 | <i>Filter oli</i> | 8 | 8/19 |
| Total | | 19 | |

Identifikasi penyebab kerusakan komponen mesin *chiller* dapat diketahui dari akibat kerusakan yang muncul. Setelah penyebab kerusakan komponen mesin *chiller* diketahui selanjutnya mesin akan dimatikan (*shut down*) mesinnya untuk sementara sampai komponen *chiller* yang mengalami kerusakan selesai diperbaiki (Tabel 4). Identifikasi terhadap metode

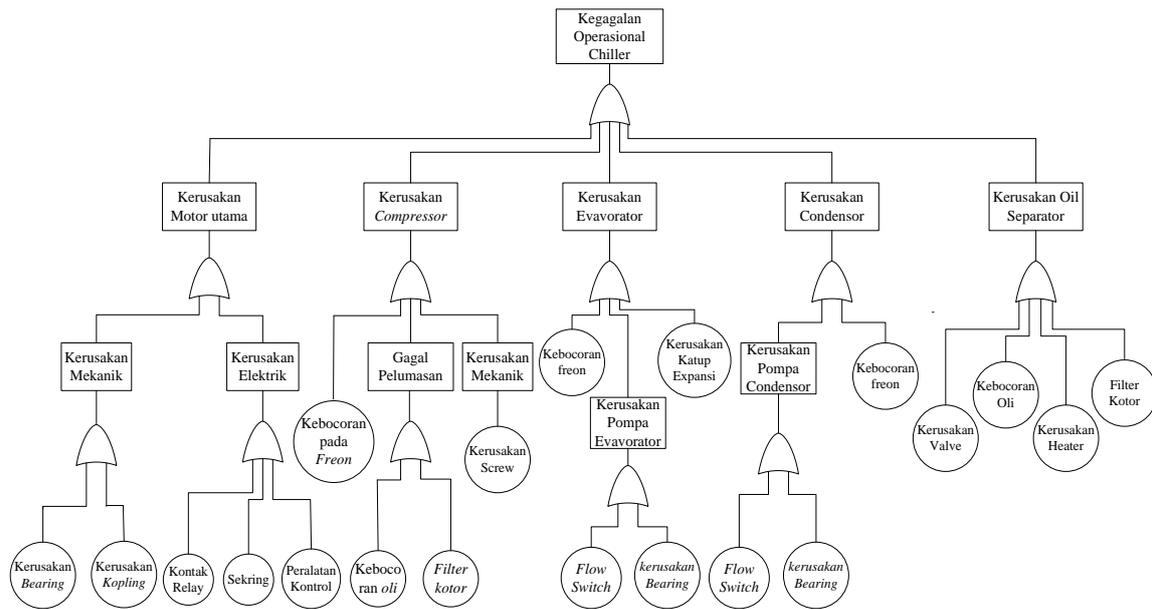
pengendalian dilakukan untuk mengantisipasi agar penyebab kerusakan komponen tidak terjadi terdapat pada Tabel 5.

Keandalan sistem penyaluran distribusi tenaga listrik tergantung pada model susunan saluran, pengaturan operasi, pemeliharaan, dan koordinasi peralatan pengaman serta tingkat kontinuitas pendistribusian tenaga listrik. Keandalan tersebut dapat dilihat dari akibat kerusakan jaringan distribusi yang berupa pemadaman listrik yang selalu terjadi setiap ada gangguan atau kerusakan jaringan distribusi listrik. Untuk menentukan prioritas perbaikan yang harus dilakukan pada kerusakan sistem jaringan distribusi maka akan dilihat nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN diperoleh dari pertimbangan akibat yang ditimbulkan dari modus kerusakan jaringan (*severity*), frekuensi modus kerusakan jaringan (*occurance*), dan metode pengendalian modus kerusakan jaringan (*detection*).

Menghitung Nilai RPN

1. Menganalisis Tingkat Keseriusan Kegagalan (*Severity*)

Severity failure mode menunjukkan tingkat keseriusan akibat atau efek munculnya suatu *failure mode* dalam jaringan. Pertimbangan yang diambil untuk menentukan tingkat keseriusan akibat kegagalan *chiller* adalah penilaian langsung oleh orang yang ahli di bidangnya dalam hal ini dia adalah penanggung jawab teknis yang di percaya oleh gedung sebagai penanggung jawab atas unit *chiller* (*supervisor HVAC departement Engineering*). Adapun tingkat skala yang digunakan adalah skala 1-5, Hasil penilaian *Failure Mode* terhadap keseriusan dampak yang diakibatkan oleh komponen *chiller* yang rusak dapat dilihat pada Tabel 6. Dampak kerusakan yang paling parah disebabkan kerusakan *screw compressor*.



Gambar 2. Fault Tree Analysis unit Chiller

Tabel 1. Faktor Penyebab Kegagalan Chiller

| No | Faktor Penyebab | Penyebab gangguan | Keterangan |
|----|-------------------------|---|---|
| 1 | Bearing | Temperatur tinggi Susut (aus) | Tingginya temperatur pada <i>bearing</i> mengakibatkan <i>sensor</i> temperatur aktif sehingga menimbulkan <i>alarm</i> pada <i>microtech</i> , dengan munculnya <i>alarm</i> tersebut maka <i>chiller</i> akan mengalami <i>shut down</i> sistem yang pada akhirnya gagal operasional (hasil wawancara) Susut (aus) diakibatkan oleh perputaran rotor motor sehingga menyebabkan gesekan yang terus menerus lama kelamaan <i>bearing</i> mengalami penyusutan yang mengakibatkan kenaikan temperatur lebih cepat dan sensor temperatur aktif sehingga menimbulkan <i>alarm</i> pada <i>microtech</i> , dengan munculnya <i>alarm</i> tersebut maka <i>chiller</i> akan mengalami <i>shut down</i> sistem yang pada akhirnya gagal operasional |
| 2 | Kopling | Disk kopling pecah | Pecahnya disk kopling diakibatkan oleh pemasangan kopling yang tidak center antara motor dengan <i>compressor</i> dan juga dipengaruhi oleh <i>lifetime</i> disk kopling itu sendiri yang akan menyebabkan putaran antara motor dan <i>compressor</i> tidak center atau tidak simetris ini akan mengakibatkan kerusakan pada motor dan <i>bearing</i> yang akhirnya akan mengakibatkan munculnya alarm yang mengakibatkan <i>chiller</i> gagal operasional |
| 3 | Kontak relay | Kontak relay terbakar | <i>Kontak relay</i> terbakar karena akibat pengaruh <i>kontak relay</i> yang sudah panas karena beban yang tidak sesuai dengan kapasitas <i>kontak relay</i> yang digunakan hal ini menyebabkan arus listrik jadi terputus dan <i>chiller</i> tidak bisa beroperasi. |
| 4 | Sekring | Sekring Putus | Putusnya <i>sekring</i> diakibatkan oleh terjadinya kelebihan beban pada rangkaian listrik yang menyebabkan sistem control <i>chiller</i> mati dan menyebabkan <i>chiller</i> tidak bisa beroperasi |
| 5 | Peralatan Control | kabel control putus | Longgarnya konekan instansi kontrol dikarenakan aliran listrik yang mengalir di instalasi menimbulkan panas sehingga sambungan kabel memuai dan mengakibatkan aliran listrik ke <i>microtech</i> menjadi putus-putus sehingga menimbulkan <i>alarm</i> pada <i>microtech</i> . |
| 6 | Kebocoran oli dan Freon | Korosi diluar sistem <i>chiller</i> Seal | Korosi diluar sitem <i>chiller</i> yang terjadi tidak dapat dihindari dalam sistem <i>chiller</i> yang terjadi lama kelamaan korosi dapat mengikis <i>tube</i> sistem <i>chiller</i> dengan kondisi tekanan yang tinggi dalam sistem <i>chiller</i> dan adanya korosi maka <i>tube chiller</i> mengakibatkan kebocoran. <i>Seal</i> dalam waktu yang lama mengakibatkan peregangan atau masa jenuh karet <i>seal</i> , sehingga <i>seal</i> mengeras dan mengalami keretakan yang pada akhirnya kebocoran terjadi melalui kapiler-kapiler karet yang retak. |
| 7 | Screw Compressor | Gagal Pelumasan pada Compressor | Pelumasan merupakan salah satu komponen terpenting didalam sebuah <i>Compressor</i> , hal ini dapat menimbulkan kebisingan pada <i>Compressor</i> dan bisa mnyebabkan kemacetan pada <i>Compressor</i> dan bisa menimbulkan over heating yang bisa menyebabkan <i>screw</i> pada <i>compressor</i> jadi rusak dan menyebabkan <i>chiller</i> tidak bisa beroperasi. |

| No | Faktor Penyebab | Penyebab gangguan | Keterangan |
|----|--------------------|-------------------------|--|
| 8 | <i>Flow Switch</i> | <i>Loss flow switch</i> | Terlepasnya <i>stict flow switch</i> mengakibatkan <i>supply power sensor flow swict</i> tidak mengirimkan aliran listrik ke <i>microtech</i> dengan demikian sistem <i>chiller shut down</i> . |
| 9 | <i>Valve</i> | Bocor | <i>Valve</i> dalam waktu yang lama mengakibatkan peregangan atau masa jenuh karet <i>valve</i> , sehingga <i>valve</i> tidak dapat menutup secara sempurna. |
| 10 | <i>Heater</i> | <i>Heater</i> rusak | <i>Heater</i> merupakan alat untuk memanaskan oli pada sistem <i>chiller</i> , yang berguna untuk menaikkan temperatur oli. Jika oli berada temperatur rendah maka <i>chiller</i> tidak akan bisa beroperasi. |
| 11 | <i>Filter oli</i> | oli yang kotor | Oli yang terkontaminasi akibat dari adanya kotoran yang terjadi dalam sistem <i>chiller</i> sehingga menyebabkan oli menjadi terkontaminasi. |
| | | <i>Filter</i> tersumbat | <i>Filter oil</i> adalah instrumen untuk menyaring kotoran dari <i>oil</i> yang terkontaminasi agar <i>oil</i> tetap terjaga dari katoran dalam sistem <i>chiller</i> dan meminimalisir terjadinya penyumbatan pada lubang pipa yang diameternya kecil agar keberlangsungan operasional <i>chiller</i> . |

Tabel 2. Penyebab kerusakan berdasarkan *basic event output* dari FTA

| No | Penyebab kegagalan | Jenis kegagalan |
|----|--------------------------------|---|
| 1 | <i>Bearing</i> | Mekanik Motor utama |
| | | Pompa <i>condenser</i> |
| 2 | <i>Kopling</i> | Pompa <i>Evaporator</i> |
| | | Mekanik motor utama |
| 3 | <i>Kontak relay</i> | <i>Compressor chiller</i> |
| 4 | <i>Sekring</i> | <i>supply power</i> ke <i>chiller</i> terganggu |
| 5 | Peralatan <i>control</i> | <i>Controller microtecht</i> |
| 6 | Kebocoran oli dan <i>freon</i> | Sistem elektrikal |
| | | <i>Compressor</i> |
| | | <i>Oil separator</i> |
| 7 | <i>Screw</i> | <i>Evaporator</i> |
| | | <i>Condensor</i> |
| | | <i>Compressor</i> |
| 8 | <i>Flow switch</i> | Pompa <i>condenser</i> |
| | | Pompa <i>evaporator</i> |
| 9 | <i>Valve</i> | <i>Evaporator</i> |
| | | <i>Oil separator</i> |
| 10 | <i>Filter</i> | <i>Compressor</i> |
| | | <i>Oil separator</i> |
| 11 | <i>Heater</i> | <i>Oil separator</i> |

Tabel 4. Akibat Kerusakan Komponen Mesin *Chiller*

| No | Penyebab Kerusakan | Akibat Kerusakan |
|----|--------------------------------|---|
| 1 | <i>Bearing</i> | Motor utama mati |
| | | Pompa <i>evaporator</i> mati |
| | | Pompa <i>condenser</i> mati |
| 2 | <i>Kopling</i> | Putaran motor tidak simetris |
| | | <i>Bearing</i> lebih cepat panas |
| 3 | <i>Kontak relay</i> | <i>supply power</i> terganggu |
| 4 | <i>Sekring</i> | <i>Microtecht</i> mati |
| 5 | Peralatan <i>control</i> | <i>Chiller</i> tidak bisa beroperasi |
| 6 | Kebocoran oli dan <i>freon</i> | Oli mejadi berkurang |
| | | Kerusakan pada <i>compressor</i> |
| | | <i>Freon</i> jadi berkurang |
| 7 | <i>Screw compressor</i> | Pendinginan pada <i>evaporator</i> tidak sempurna |
| | | <i>Chiller</i> mati tiba tiba |
| | | <i>Chiller</i> tidak bisa beroperasi |
| 8 | <i>Flow switch</i> | Pompa <i>evaporator</i> mati |
| | | Pompa oli mati |

| No | Penyebab Kerusakan | Akibat Kerusakan |
|----|--------------------|---|
| 9 | Valve | Chiller tidak bisa beroperasi |
| 10 | Heater | Chiller mati Temperatur oli tidak sesuai Chiller mati (<i>shutdown</i>) |
| 11 | Filter kotor | Sirkulasi oli tidak lancar Pelumasan pada <i>compressor</i> tidak sempurna |

Tabel 5. Metode pengendalian penyebab kerusakan komponen mesin *chiller*

| No | Komponen Rusak | Jenis Kegagalan | Metode Pengendalian atau Preventif |
|----|-------------------|--|--|
| 1 | Bearing | Chiller mati Pompa <i>kondensor</i> mati Pompa <i>evaporator</i> mati | Pelumasan secara teratur Pelumasan secara teratur Pelumasan secara teratur |
| 2 | Kopling | Disk <i>kopling chiller</i> pecah Pemasangan <i>kopling</i> tidak simetris | Penggantian <i>disk kopling</i> secara berkala Gunakan <i>dial indicator</i> pada saat pemasangan <i>kopling</i> |
| 3 | Kontak relay | Tidak ada <i>supply power</i> | Mengganti <i>relay</i> yang rusak |
| 4 | Sekring | <i>Microtecht</i> mati | Mengganti <i>sekring</i> yang putus |
| 5 | Peralatan control | Chiller tidak bisa beroperasi Chiller alarm dan mati (<i>shutdown</i>) | Melakukan perawatan dan pengecekan secara berkala pada setiap peralatan <i>control</i> Perbaiki pada komponen sistem <i>chiller</i> yang bermasalah |
| 6 | Kebocoran | Kehilangan oli Kehilangan <i>freon</i> | Pengisian kembali oli Pengisian kembali <i>freon</i> |
| 7 | Screw compressor | Chiller mati (<i>shutdown</i>) karena <i>screw compressor</i> rusak / pecah | Sistem pelumasan pada mesin <i>chiller</i> harus maksimal dan oli pada tangki oil separator tidak boleh kosong |
| 8 | Flowswitch | Chiller alarm dan tidak bisa beroperasi | Mengganti atau memperbaiki <i>flowswitch</i> yang rusak |
| 9 | Valve | Chiller tidak bisa beroperasi | Mengganti atau memperbaiki <i>valve</i> yang rusak |
| 10 | Heater | Temperatur oli pada tangki <i>oil separator</i> tidak sesuai ketentuan sehingga <i>chiller alarm</i> | Mengganti atau memperbaiki <i>heater</i> yang rusak |
| 11 | Filter | Chiller alarm Sirkulasi oli pada <i>chiller</i> menjadi terhambat | Perbaiki masalah pada sistem <i>chiller</i> Mengganti atau membersihkan <i>filter</i> oli yang kotor |

Tabel 6. Penilaian *Failure Mode* terhadap Keseriusan Dampak yang Diakibatkan

| No | Failure Mode | Efek Failure Mode | Severity |
|----|--------------------------------|---|----------|
| 1 | Bearing | Motor utama mati Pompa <i>evaporator</i> mati Pompa <i>condenser</i> mati | 3 |
| 2 | Kopling | Putaran motor tidak simetris <i>Bearing</i> lebih cepat panas | 4 |
| 3 | Kontak relay | <i>supply power</i> terganggu | 4 |
| 4 | Sekring | <i>Microtecht</i> mati | 3 |
| 5 | Peralatan control | Chiller tidak bisa beroperasi Oli mejadi berkurang Kerusakan pada <i>compressor</i> | 3 |
| 6 | Kebocoran oli dan <i>freon</i> | <i>Freon</i> jadi berkurang Pendinginan pada <i>evaporator</i> tidak sempurna | 4 |
| 7 | Screw compressor | Chiller mati tiba tiba Chiller tidak bisa beroperasi | 5 |

| No | Failure Mode | Efek Failure Mode | Severity |
|----|--------------|---|----------|
| 8 | Flow switch | Pompa <i>evaporator</i> mati | 3 |
| 9 | Valve | Pompa oli mati | 3 |
| 10 | Heater | Chiller tidak bisa beroperasi | 3 |
| | | Chiller mati | 3 |
| | | Temperatur oli tidak sesuai | |
| | | Chiller mati (<i>shutdown</i>) | |
| 14 | Filter kotor | Sirkulasi oli tidak lancar | 4 |
| | | Pelumasan pada <i>compressor</i> tidak sempurna | |

Menganalisis Tingkat Frekuensi Kerusakan (*Occurance*)

Analisis mengenai tingkat frekuensi terjadinya *modus* kerusakan komponen chiller didasarkan pada seberapa sering *modus* kerusakan komponen chiller tersebut terjadi, dengan tingkat skala yang digunakan adalah skala 1-5, hasil penilaian Failure Mode disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Penilaian *Failure Mode* Terhadap Penyebab yang Mengakibatkan komponen *Chiller* Rusak

| No | Failure Mode | Penyebab Failure Mode | Occurance |
|----|-------------------------|-----------------------|-----------|
| 1 | Bearing | Temperatur tinggi | 3 |
| | | Aus (susut) | |
| 2 | Kopling | Disk kopling pecah | 2 |
| 3 | Kontak Relay | Kontak relay terbakar | 2 |
| 4 | Sekring | Sekring putus | 2 |
| 5 | Peralatan control | Kabel putus | 2 |
| 6 | Kebocoran oli dan freon | Korosi | 3 |
| | | Seal sobek | |
| 7 | Screw compressor | Gagal pelumasan | 2 |
| 8 | Flowswitch | Loss flowswitch | 2 |
| 9 | Valve | Bocor | 2 |
| 10 | Heater | Heater rusak | 2 |
| 11 | Filter | Oli yang kotor | 3 |
| | | Filter tersumbat | |

Menganalisis Tingkat Kontrol Kerusakan (*Detection*)

Analisis mengenai tingkat kesulitan perbaikan yang terjadi didasarkan pada kesulitan yang dialami oleh pihak teknisi dalam memperbaiki *modus* kerusakan komponen chiller yang terjadi. Adapun tingkat skala yang digunakan adalah skala 1-5, Hasil penilaian Failure Mode terhadap metode pengendalian kerusakan komponen *chiller* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Penilaian *Failure Mode* Terhadap Metode Pengendalian Kerusakan Komponen *chiller*

| No | Komponen Rusak | Jenis Kegagalan | Metode Pengendalian | Detection |
|----|-------------------|--|---|-----------|
| 1 | Bearing | Chiller mati | Pelumasan secara teratur | 5 |
| | | Pompa kondensator mati | Pelumasan secara teratur | |
| | | Pompa <i>evaporator</i> mati | Pelumasan secara teratur | |
| | | Disk kopling chiller pecah | Penggantian disk kopling secara berkala | |
| 2 | Kopling | Pemasangan kopling tidak simetris | Gunakan dial indicator pada saat pemasangan kopling | 3 |
| 3 | Kontak relay | Tidak ada supply power | Mengganti relay yang rusak | 1 |
| 4 | Sekring | Microtecht mati | Mengganti sekring yang putus | 1 |
| 5 | Peralatan control | Chiller tidak bisa beroperasi | Melakukan perawatan dan pengecekan secara berkala pada setiap peralatan control | 2 |
| 6 | Kebocoran | Chiller alarm dan mati (<i>shutdown</i>) | Perbaikan pada komponen sistem chiller yang bermasalah | 5 |
| | | Kehilangan oli | Pengisian kembali oli | |
| | | Kehilangan freon | Pengisian kembali freon | |
| 7 | Screw compressor | Chiller mati (<i>shutdown</i>) karena screw compressor rusak / pecah | Sistem pelumasan pada mesin chiller harus maksimal dan oli pada tangki oil separator tidak boleh kosong | 5 |
| 8 | Flowswitch | Chiller alarm dan tidak bisa beroperasi | Mengganti atau memperbaiki flowswitch yang rusak | 1 |
| 9 | Valve | Chiller tidak bisa beroperasi | Mengganti atau memperbaiki valve yang rusak | 3 |

| No | Komponen Rusak | Jenis Kegagalan | Metode Pengendalian | Detection |
|----|----------------|--|--|-----------|
| 10 | Heater | Temperatur oli pada tangki oil separator tidak sesuai ketentuan sehingga chiller alarm | Mengganti atau memperbaiki heater yang rusak | 1 |
| 11 | Filter | Chiller alarm Sirkulasi oli pada chiller menjadi terhambat | Perbaikan masalah pada sistem chiller Mengganti atau membersihkan filter oli yang kotor | 2 |

Contoh perhitungan *failure mode* pada komponen *bearing*

a. *Severity* : nilai 3.

Keterangan : Cukup parah, komponen *bearing* merupakan salah satu komponen utama dari motor sehingga apabila terjadi kegagalan dapat mengakibatkan *rotor* motor tidak dapat berputar normal (*rotor* motor berputar maju mundur sehingga dapat merusak *copling joint* motor *compressor*).

b. *Occurance* : nilai 3

Keterangan : Sering terjadi, Hal ini diakibatkan karena kurangnya pelumasan pada *bearing* dan bisa juga faktor *lifetime* *bearing* yang memang tidak tahan lama.

c. *Detection* : nilai 5

Keterangan : Sangat sulit, dikarenakan masalah teknis lapangan dan peralatan untuk penggantian *bearing* belum memadai sehingga untuk melakukan penggantian *bearing* harus membuat alat modifikasi untuk melakukan penggantian *bearing* sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama untuk melakukan penggantian *bearing*.

Sehingga nilai RPN :

$$\begin{aligned} \text{Risk Priority Number (RPN)} &: \text{severity} \times \text{occurance} \times \text{detection} \\ &= 3 \times 3 \times 5 = 45 \end{aligned}$$

Perhitungan RPN (Risk Priority Number)

Nilai RPN didapat dari perkalian jumlah skala *severity*, *occurance*, dan *detection*. Berikut nilai RPN yang disajikan pada tabel 9

Tabel 9. Nilai RPN (Risk Priority Number)

| No | Kegagalan Komponen | Severity | Occurance | Detection | RPN | Prioritas |
|----|--------------------|----------|-----------|-----------|-----|-----------|
| 1 | Bearing | 3 | 3 | 5 | 45 | 3 |
| 2 | Kopling | 4 | 2 | 3 | 24 | 4 |
| 3 | Kontak Relay | 4 | 2 | 1 | 8 | 7 |
| 4 | Sekring | 3 | 2 | 1 | 6 | 8 |
| 5 | Peralatan control | 3 | 2 | 2 | 12 | 6 |
| 6 | Kebocoran | 4 | 3 | 5 | 60 | 1 |
| 7 | Screw Compressor | 5 | 2 | 5 | 50 | 2 |
| 8 | Flowswitch | 3 | 2 | 1 | 6 | 8 |
| 9 | Valve | 3 | 2 | 3 | 18 | 5 |
| 10 | Heater | 3 | 2 | 1 | 6 | 8 |
| 11 | Filter | 4 | 3 | 2 | 24 | 4 |

Berdasarkan nilai *Risk Priority Number* pada tahap perhitungan RPN, didapatkan prioritas perbaikan yang harus dilakukan dari *modus* kerusakan komponen *chiller*, yaitu: kebocoran, *screw compressor*, *bearing*, *sekring*, *kopling*, *valve*, peralatan *control*, *filter*, *kontak relay*, *flowswitch*, dan *heater*.

Simpulan

Kejadian dasar yang menyebabkan kegagalan *chiller* ada 11 yaitu kegagalan bearing, kegagalan kopling, kegagalan Kontak relay, kegagalan Sekring, kegagalan peralatan control, kebocoran oli, kerusakan screw, kegagalan flowswitch, kerusakan valve, kerusakan heater dan filter oli. Prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh pihak teknisi berdasarkan pertimbangan efek kegagalan, frekuensi kegagalan, dan metode pengendalian kegagalan disusun berdasarkan nilai RPN. *Preventive maintenance chiller* khusus untuk kebocoran pengecekan kebocoran disarankan menggunakan alat *detection Freon*. Penelitian lebih lanjut membuat penjadwalan monitoring komponen *chiller*

Daftar Pustaka

- Arisandi Duddy dan S, Senoaji Asril, *Analisis Kegagalan Rem Block Metalik Kereta Api (Shoe Train Brake Failure Analysis)*, diakses 27 Agustus 2017, [https://dateknikenterprise.wordpress.com/Ashrae Handbook Refrigeration System and Applications](https://dateknikenterprise.wordpress.com/Ashrae%20Handbook%20Refrigeration%20System%20and%20Applications), 1986.
- Blanchard, Benjamin S. *Logistics Engineering and Management sixth edition; New Jersey*; Penerbit Pearson Prentice Hall. 2004.
- Deden Suropto, 2014, Analisis Kegagalan Pada Pipa Ulir Di Lingkungan Perminyakan Failure Analysis Of Tubing-Drill Pipes Under Oil Environment, *M.I. Mat. Konst.* Vol. 14 No: 2 Desember 2014 : 26 - 34
- Djunaidi, Aep Saepudin Catur dan Amir, evaluasi kegagalan *chiller* penyedia air dingin qkj 01/02/03 setelah beroperasi 24 tahun, 2012.
- Manual *book Mc Quay Air Conditioning*, 1998.
- Manual *book Soft stater ATS 48 Schneider Electric*, 2009.
- Madi, Margoyungan. Perencanaan Unit Mesin Pendingin Untuk Kebutuhan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Kantor ADPEL Di Medan. 2008.
- Manggala, Agung Jati. Usulan Perbaikan Ganguan *Fixed Telepone* dan *TELKOM Flexi* Dengan Kombinasi *Fault Tree Analisis dan Failure Mode Effect Analisis*. Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Industri. Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2005.
- Stamatis, DH. *Failure Mode and Effect Analysis FMEA From Theory to Execution*. Wisconsin: ASQC Quality Press, 1995.
- Surya Andiyanto, Agung Sutrisno, Charles Punuhsingon, 2014, Penerapan Metode Fmea (Failure Mode And Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste, *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* Volume 6 Nomor 1
- Wiranto Arismunandar, Heizo Saito – Cet - 5. *Peyegaran Udara*, Jakarta: Pradnya Paramita, 1995.
- Richma Yulinda Hanif, Hendang Setyo Rukmi, Susy Susanty, 2015, Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury Di PT.X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Reka Integra ISSN: 2338-5081, Jurusan Teknik Industri Itenas, No.03 Vol.03
- Manggala, Agung Jati. Usulan Perbaikan Ganguan *Fixed Telepone* dan *TELKOM Flexi* Dengan Kombinasi *Fault Tree Analisis dan Failure Mode Effect Analisis*. Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Industri. Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2005.
- Stamatis, DH. *Failure Mode and Effect Analysis FMEA From Theory to Execution*. Wisconsin: ASQC Quality Press, 1995.
- Surya Andiyanto, Agung Sutrisno, Charles Punuhsingon, 2014, Penerapan Metode Fmea (Failure Mode And Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste, *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* Volume 6 Nomor 1

Wiranto Arismunandar, Heizo Saito – Cet -
5. *Peyegaran Udara*, Jakarta:
Pradnya Paramita, 1995.

Richma Yulinda Hanif, Hendang Setyo
Rukmi, Susy Susanty, 2015,
Perbaikan Kualitas Produk Keraton
Luxury Di PT.X Dengan
Menggunakan Metode Failure
Mode And Effect Analysis
(FMEA) Dan Fault Tree Analysis
(FTA) Reka Integra ISSN: 2338-
5081, Jurusan Teknik Industri
Itenas, No.03 Vol.03