

Analisis Kegagalan Gas Cooler pada Sistem Gas Compressor Menggunakan Metode FMEA

Hibatullah Anis Aprianto ^{1*}, Nusyirwan¹, dan Sonki Prasetya¹

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Gas cooler merupakan sebuah komponen yang sangat penting pada sistem gas compressor. Gas cooler sendiri merupakan alat penukar panas yang berfungsi untuk menurunkan temperatur gas setelah proses kompresi pada gas compressor. Gas cooler yang dipakai merupakan jenis shell and tube, yang mana pada sisi shell adalah air pendingin dan pada sisi tube adalah gas hasil kompresi. Pada alat penukar panas tersebut umumnya sering terjadi kegagalan, hal tersebut tentunya mengganggu keseluruhan proses pada sistem gas compressor. Untuk hal tersebut perlu dilakukan identifikasi kegagalan untuk mencegah terganggunya sistem gas compressor. Analisis yang pernah dilakukan hanya dengan melihat setelah kegagalan terjadi, maka metode yang digunakan untuk penelitian adalah menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), yaitu dengan mencari nilai prioritas kerusakan yang paling tinggi (Risk Priority Number). Hasil yang diperoleh adalah masalah dengan nilai prioritas kerusakan tertinggi adalah scaling dengan nilai 120, lalu fouling dengan nilai 63 dan tube gas bocor dengan nilai 30. Scaling menyebabkan perpindahan panas pada gas cooler tidak optimal, sehingga dapat mengurangi kinerja sistem gas compressor. Scaling dapat diatasi dengan melakukan perawatan rutin dan pembersihan menggunakan cairan chemical khusus. Selanjutnya nilai prioritas resiko lebih rendah untuk fouling dan tube gas bocor.

Kata-kata kunci: Gas cooler, kegagalan, FMEA

Abstract

Gas cooler is a very important component in the gas compressor system. The gas cooler itself is a heat exchanger which serves to reduce the gas temperature after the compression process on the gas compressor. The gas cooler used is a type of shell and tube, where on the shell side is cooling water and on the tube side is the compression gas. In general, this heat exchanger often fail, this will certainly disrupt the entire process on the gas compressor system. Therefore, it is necessary to identify failures to prevent disruption of the gas compressor system. Analysis that has been done only by looking after the failure occurs, then the method used for this study is to use the FMEA method (Failure Mode and Effect Analysis), which is by finding the highest Risk Priority Number (RPN). The results obtained are problems with the highest Risk Priority Number (RPN) is scaling with a number of 120, then fouling with a number of 63 and a gas tube leaking with a number of 30. Scaling causes heat transfer to the gas cooler not optimal, so it can reduce the performance of the gas compressor system. Scaling can be overcome by routine maintenance and cleaning using a special chemical liquid. Furthermore, the risk priority is lower for fouling and leaking gas tubes.

Keywords: Gas cooler, Failure, FMEA

* Corresponding author E-mail address: hibatullah.anisaprianto.tm15@mhsw.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

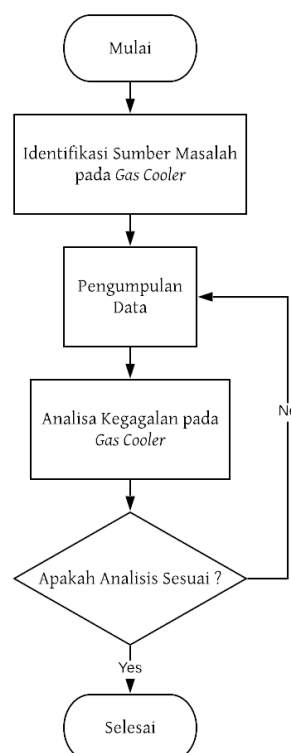
Sistem *gas compressor* merupakan sebuah sistem pengolahan gas[1] dengan menaikkan tekanan gas yang berfungsi untuk berbagai macam hal seperti, pengangkatan gas alam dari sumur, reinjeksi gas untuk perawatan tekanan, pengumpulan gas, proses operasi gas (pengisian gas), sistem transmisi dan distribusi gas. Keuntungan dari pengoperasian gas bertekanan tinggi adalah kemampuan untuk mengirimkan gas dengan volume yang lebih besar (pada kondisi dasar) terhadap ukuran pipa, berkurangnya *transmission losses* terhadap gesekan pipa dan kesanggupan untuk pengiriman gas dengan jarak yang lebih jauh[1]. Peralatan yang terdapat pada sistem gas compressor antara lain : *gas compressor*, *gas cooler*, *coalescing filter*, dan *gas accumulator*[2].

Gas cooler merupakan alat penukar panas yang berfungsi untuk menurunkan temperatur gas setelah proses kompresi pada *gas compressor*[1]. Proses penurunan temperatur gas ini bertujuan untuk mengondensasikan zat – zat lain dan kotoran yang terbawa oleh gas setelah proses kompresi. *Gas cooler* yang dipakai merupakan jenis *shell and tube*, yang mana pada sisi *shell* adalah air pendingin dan pada sisi *tube* adalah gas hasil kompresi. Pada alat penukar panas ini umumnya sering terjadi masalah, hal tersebut tentunya mengganggu keseluruhan proses pada sistem *gas compressor*. Adanya korosi pada bagian luar tube karena terjadi perubahan kimia pada air pendingin, dapat mengurangi kinerja sistem, hal tersebut didapat setelah terjadinya kegagalan[3], maka dari itu dianalisis kegagalan yang mungkin akan terjadi, sehingga kegagalan tersebut dapat ditanggulangi secara tepat maupun diminimalisir agar tidak terjadi.

Tujuan dari penulisan makalah untuk:

1. Mengetahui penyebab dan akibat kerusakan yang terjadi pada *gas cooler* dengan metoda analisis yang tepat
2. Mengetahui langkah yang tepat untuk menanggulangi kerusakan yang terjadi pada *gas cooler*.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir metode analisis kegagalan *gas cooler*

Berdasarkan Gambar 1, maka metode yang digunakan adalah pertama melakukan identifikasi dari masalah yang terjadi. Pada penelitian tersebut yang menjadi sumber masalah adalah kegagalan pada *gas*

cooler yang dapat menurunkan kerja sistem *gas compressor*. Sumber masalah ini didapat dari hasil diskusi dengan para teknisi perawatan di PT. DSS Karawang 2, yang mana ini menjadi tempat penelitian ini dilakukan. Kemudian setelah identifikasi masalah dilakukan, maka dilanjutkan dengan pengumpulan data. Pengumpulan data disesuaikan dengan metode yang digunakan, yaitu menggunakan metode *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*. Metode tersebut cukup sering digunakan, karena memiliki keunggulan dibanding yang lain karena dapat menganalisis kegagalan komponen melalui histori kegagalan komponen tersebut dan metode ini tidak harus terjun langsung ke lapangan untuk melihat kegagalan komponen[4]. Pada metode tersebut, data didapatkan dengan membuat angket *FMEA* yang diisi oleh para teknisi perawatan mekanik PT. DSS Karawang 2 yang berjumlah 12 orang.

Terakhir, setelah data yang diinginkan didapat maka dilanjutkan dengan menganalisis data tersebut untuk menentukan langkah yang tepat dalam menanggulangi masalah yang terjadi dan meminimalisir masalah agar tidak terjadi.

FMEA

FMEA adalah metode pengidentifikasian yang sistematis pada kerusakan atau kegagalan suatu objek untuk mengetahui sebab dan akibat serta tindakan yang diberikan untuk mengatasi masalah pada objek. Tujuan *FMEA* adalah untuk membantu mendefinisikan, mengidentifikasi, serta memprioritaskan kerusakan yang berpotensi merusak kerja sistem serta menyelesaikan kerusakan dengan rencana aksi yang ditetapkan sehingga dapat meminimalkan risiko yang terjadi.

Langkah FMEA

Proses kegiatan *FMEA* ini dilakukan dengan langkah sebagai berikut[4],

1. Penetapan komponen / sistem, Pencarian komponen atau sistem yang sedang / akan mengalami kegagalan hingga harus melakukan *FMEA*
2. Pembentukan tim *FMEA*, terdiri dari orang-orang yang memiliki peran fungsionalis dalam proses serta mampu berkontribusi dalam hal pengalaman dan pengetahuan.
3. Penggambaran alur proses kerja dari permasalahan yang ditemukan. Alur proses kerja berfungsi untuk mengetahui langkah yang harus diambil agar tetap pada bahasan yang diambil.
4. Analisis *failure modes*, Pengidentifikasian penyebab / masalah yang muncul berdasarkan kegagalan yang terjadi
5. Analisis *failure effects*, Pengidentifikasian akibat yang timbul dari kegagalan tersebut.
6. Pembuatan laporan *FMEA*, Laporan *FMEA* dibuat dalam bentuk form yang berisikan hasil analisis sebelumnya. Selain hasil analisis tersebut, dalam laporan tersebut juga terdapat hasil tindakan yang perlu dilakukan. Laporan *FMEA* bisa dijadikan sebagai bahan rekomendasi tindakan pencegahan dari sebuah kerusakan agar dapat meminimalkan kerusakan terulang kembali.

Laporan FMEA

Dalam pembuatan laporan *FMEA* ini berisi hal-hal penting. Hal-hal tersebut memberikan informasi yang berkaitan dengan objek masalah. Hal-hal tersebut memiliki keterikatan satu sama lain. Berikut penjelasan isi pada laporan *FMEA*[4]:

- *Item / Function*
Menjelaskan nama dan fungsi alat yang diteliti
- *Potential Failure Modes*
Menjelaskan tentang potensi kerusakan yang sedang / akan terjadi.
- *Potential Effects of Failure*
Menjelaskan tentang potensi akibat kerusakan yang terjadi.
- *Severity (S)*
Severity adalah tingkat keseriusan kerusakan yang terjadi. Pemberian nilai *severity* dapat dilakukan sesuai standar rating. Berikut *rating severity* sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. *Severity rating*

Skala	Severity	Kriteria
10	Sangat Bahaya	Bahaya, kerusakan membahayakan manusia dan sistem tanpa peringatan

9	Bahaya	Bahaya, kerusakan membahayakan manusia dan sistem dengan peringatan
8	Serius	Kerusakan memengaruhi kerja sistem secara total
7		
6	Moderate	Kerusakan memengaruhi sistem kerja 50 %
5	Minor	Kerusakan memengaruhi kerja sistem 25 %
4		
3	Slight	Kerusakan memengaruhi kerja sistem 10 %
2	Very Slight	Kerusakan terjadi dapat diabaikan
1	None	Kerusakan tidak memberi efek

- *Potential Causes of Failure*
Menjelaskan potensi penyebab kerusakan yang terjadi pada objek.
- *Occurrence (O)*
Occurrence adalah tingkat keseringan atau jumlah kumulatif kerusakan yang terjadi. Pemberian nilai *occurrence* dapat dilakukan sesuai standar rating. Berikut *rating occurrence* sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. *Occurrence rating*

Skala	Occurrence	Kriteria
10	Almost Certain	Kerusakan terjadi secara terus menerus
9	Very High	Kerusakan sering terjadi
8	High	Kerusakan relatif sering terjadi
7		
6	Moderate	Kerusakan kadang kadang terjadi
5		
4	Low	Kerusakan sedikit terjadi
3		
2	Very Low	Kerusakan jarang terjadi
1	None	Kerusakan tidak pernah terjadi

- *Current Control*
Menjelaskan langkah yang diambil untuk menanggulangi kegagalan terjadi
- *Detection (D)*
Detection adalah tingkat indikasi kerusakan yang dapat terdeteksi. Pemberian nilai *detection* dapat dilakukan sesuai standar rating. Berikut *rating detection* sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. *Detection rating*

Skala	Detection	Kriteria
10	Almost impossible	Kerusakan tidak dapat terdeteksi
9	Very Remote	Kerusakan sangat sulit terdeteksi
8	Remote	Kerusakan relatif sulit terdeteksi
7	Very Low	Kerusakan sangat kecil kemungkinan terdeteksi
6	Low	Kerusakan kecil kemungkinan terdeteksi
5	Moderate	Kerusakan memungkinkan terdeteksi
4	Moderate High	Kerusakan kemungkinan besar terdeteksi
3	High	Kerusakan relatif mudah terdeteksi
2	Very High	Kerusakan sangat mudah terjadi
1	Almost Certain	Kerusakan pasti terjadi

- *Risk Priority Number (RPN)*

RPN adalah penilaian yang bertujuan membuat ranking pada kerusakan objek yang terjadi. Nilai dari *RPN* didapatkan dari hasil perkalian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

Setelah semua poin didapatkan, maka masukkan kedalam form laporan FMEA. berikut adalah contoh form laporan FMEA sebagaimana Tabel 4.

Tabel 4. Contoh form laporan FMEA

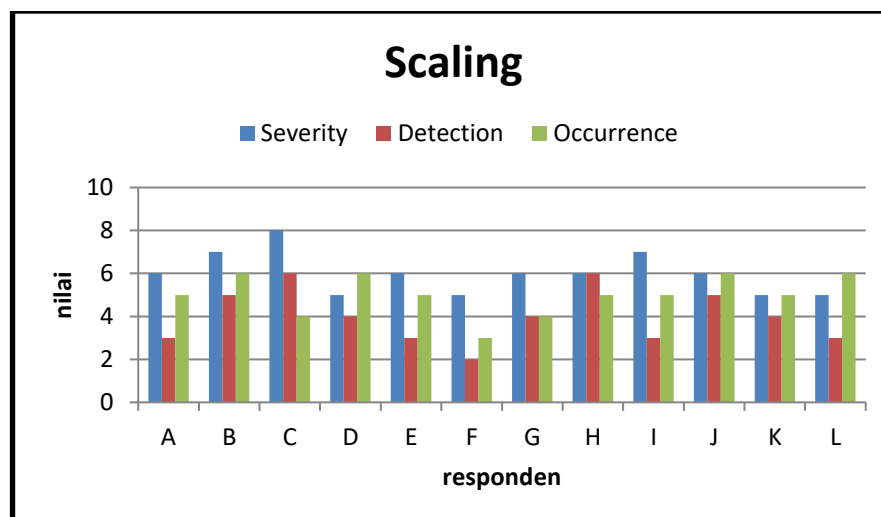
Item / Function	Potential Failure Modes	Potential Effects of Failure	Severity	Potential Causes of Failure	Occurrence	Current Control	Detection	RPN

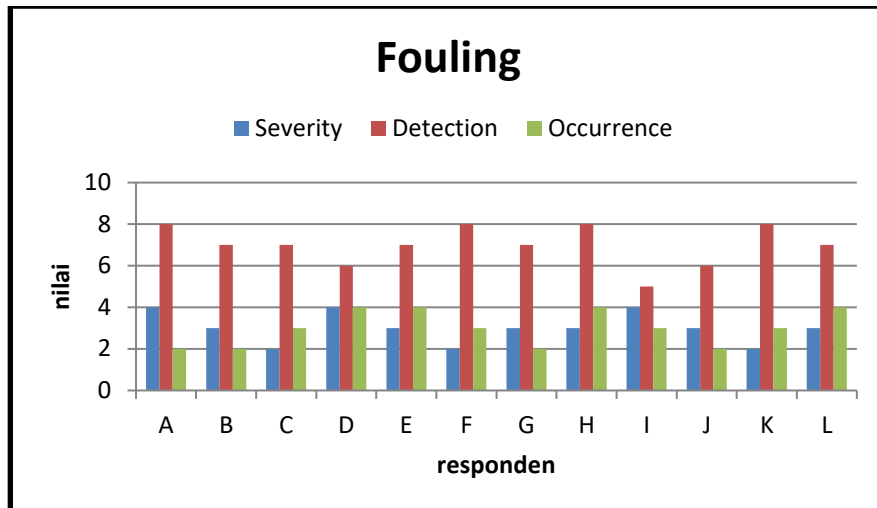
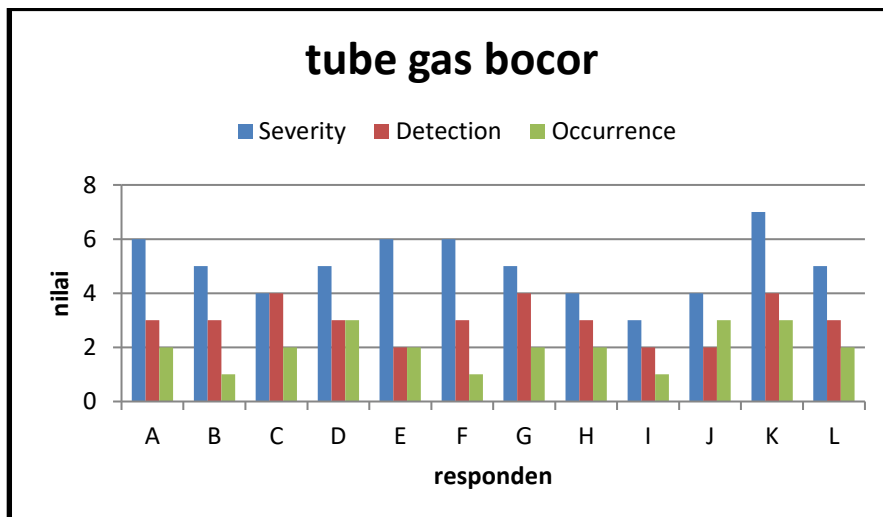
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang didapat dari sejarah *gas cooler* yang ada dan hasil diskusi dengan teknisi perawatan mekanik, ditemukan bahwa *gas cooler* telah terjadi 3 macam masalah yaitu *scaling*, *fouling* dan *tube gas* yang bocor. Masalah tersebut lebih sedikit karena maksimal ada 5 macam masalah, yaitu *scaling*, *fouling*, tube bocor (*crack*), *fatigue*, *corrosive*[5]. Masalah tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode FMEA dengan menentukan rating dan menghitung nilai *RPN*.

Menentukan Rating Masalah

Rating didapatkan berdasarkan data dari hasil angket dari metode FMEA dengan anggota teknisi perawatan mekanik yang berjumlah 12 orang. Data tersebut digunakan untuk menentukan tingkat keseriusan kerusakan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*) dan deteksi kejadian (*detection*) sesuai dengan teori FMEA. berikut adalah hasil rating masalah sebagaimana Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Gambar 2. Grafik rating *scaling* pada *gas cooler*

Gambar 3. Grafik rating *fouling* pada *gas cooler*Gambar 4. Grafik rating *tube gas bocor* pada *gas cooler*

Berdasarkan Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 data didapatkan dari hasil angket yang dilakukan terhadap 12 responden teknisi perawatan mekanik (A-L). Dari 3 gambar tersebut nilai rata – rata *severity*, *occurrence* dan *detection* adalah sebagaimana Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata – rata *severity*, *occurrence* dan *detection*

Komponen	Masalah	Severity	Occurrence	Detection
Gas cooler	Scaling	6	5	4
	Fouling	3	3	7
	Tube gas bocor	5	2	3

Menghitung Nilai RPN

Risk Priority Number merupakan perhitungan sederhana dengan mengalikan nilai tingkat keseriusan (*severity*), dengan frekuensi kejadian (*occurrence*) dan deteksi kejadian (*detection*). Berikut adalah hasil perhitungan nilai RPN pada *gas cooler* sebagaimana Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan *RPN*

No	Masalah	Severity	Occurrence	Detection	RPN
1	Scaling	6	5	4	120
2	Fouling	3	3	7	63
3	Tube gas bocor	5	2	3	30

Berdasarkan Tabel 6, *scaling* memiliki nilai *RPN* tertinggi diantara *fouling* dan *tube gas bocor* yaitu di angka 120. Ini menandakan bahwa *scaling* merupakan masalah yang paling utama untuk ditanggulangi. Hasil *RPN* akan dianalisis lebih lanjut pada laporan *FMEA*.

Laporan *FMEA*

Pada langkah akhir metode *FMEA*, segala masalah yang muncul dianalisis kemudian dimasukkan pada laporan *FMEA*. Berikut adalah hasil masalah yang terdapat pada laporan *FMEA* sebagaimana Tabel 7.

Tabel 7. Laporan *FMEA*

Item / Function	Potential Failure Modes	Potential Effects of Failure	Severity	Potential Causes of Failure	Occurrence	Current Control	Detection	RPN
Gas Cooler	Scaling	Dapat mengurangi kinerja dari <i>gas cooler</i> melalui perpindahan panas yang tidak optimal.	6	Tidak adanya <i>preventive maintenance</i> . Adanya kerak yang terbentuk pada dinding pipa akibat perubahan fisik dan kimia oleh air	5	Dilakukan pembersihan menggunakan <i>Chemical</i>	4	120
	Fouling	Berkurangnya tekanan gas yang keluar dari <i>gas cooler</i>	3	Tidak adanya <i>preventive maintenance</i> . Penyumbatan partikel yang berasal dari kondensat selain gas pada ujung pipa	3	Dilakukan pembersihan secara langsung menggunakan <i>cleaning rods</i>	7	63
	Tube gas bocor	Berkurangnya tekanan gas dan pencemaran terhadap air pendingin	5	Terjadi proses korosi pada <i>tube</i> sehingga bahan retak	2	<i>Repair</i> dengan <i>welding</i> jika memungkinkan atau dilakukan pergantian <i>tube</i>	3	30

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa *scaling* pada *gas cooler* memiliki nilai *RPN* paling tinggi yaitu senilai 120. Hal tersebut menandakan bahwa *scaling* memiliki potensi terbesar terhadap kegagalan *gas cooler* yang dapat mengganggu sistem *gas compressor*. Efek kerusakan yang diberikan yaitu berkurangnya kinerja *gas cooler* karena perpindahan panas yang tidak optimal, yang mana disebabkan karena adanya perubahan fisik dan kimia oleh air pendingin dan diperparah dengan tidak adanya jadwal *preventive maintenance*. Berdasarkan hasil dari diskusi dengan teknisi perawatan mekanik, *gas cooler* telah bekerja selama lebih dari 5 tahun. Lima tahun merupakan masa pemakaian yang masih sesuai bila ada jadwal *preventive maintenance*., namun, karena tidak adanya *preventive maintenance* maka hanya dapat dilakukan *maintenance* dengan melakukan pergantian *gas cooler*.

Adapun untuk menanggulangi scaling diperlukan pembersihan menggunakan cairan *chemical* khusus untuk menghilangkan kerak. Rekomendasi tindakan tersebut adalah hasil dari diskusi dengan teknisi perawatan mekanik dengan mempertimbangkan teori pada literatur dan pengalaman terhadap masalah tersebut.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik meliputi:

1. Berdasarkan hasil analisis metode FMEA, scaling merupakan masalah pada gas cooler dengan nilai RPN tertinggi yaitu bernilai 120. Scaling tersebut menyebabkan perpindahan panas pada gas cooler tidak optimal sehingga dapat mengurangi kinerja sistem gas compressor.
2. Berdasarkan hasil analisis metode FMEA, scaling dapat diatasi dengan melakukan perawatan rutin dan pembersihan menggunakan cairan *chemical* khusus untuk menghilangkan scaling tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih PT. DSS Karawang 2 atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah. Penulis juga berterima kasih kepada Pak Adhi Irwan dan semua teknisi perawatan mekanik atas dikusinya yang bermanfaat.

REFERENSI

1. S. Mokhtahab, W. A. Poe, and J. Y. Max, *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing* United States of America: Elsevier Inc, 2019.
2. Anonim, *Data Operasi Gas Compressor*, PT. DSS Karawang 2, Karawang, 2018.
3. S. R. Allahkaram, P. Zakersafae, and S. A. M. Haghgoo, *Failure analysis of heat exchanger tubes of four gas coolers*, Engineering Failure Analysis, 2011.
4. Anonymous, *Failure Mode and Effect Analysis Handbook*. USA: Ford Motor Company, 2011.
5. K. Thulukkanam, *Heat Exchanger Design Handbook : Second Edition*. Florida: Taylor & Francis Group, LLC, 2013.