

**ANALISIS KEGAGALAN KOMPRESOR TORAK PK 60-150
DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS***

**(*THE ANALYSIS OF RECIPROCATING COMPRESSOR PK 60-150 FAILURE
USING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS METHOD*)**

Nanang Qosim

Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI, Depok, Jawa Barat 16424
e-mail: nanang.qosim@ui.ac.id

Abstrak

Kompresor torak PK 60-150 merupakan jenis kompresor yang paling banyak ditemui dalam aplikasi industri. Dengan metode FMEA, efek yang diakibatkan oleh setiap mode kegagalan pada kompresor torak ditelusuri sampai diketahui penyebabnya, sehingga dapat ditentukan tindakan koreksi yang diperlukan. Memperpanjang waktu operasi dan pencegahan kerusakan pada kompresor merupakan perhatian utama dalam industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang mengakibatkan resiko keselamatan, kegagalan fungsi kompresor, atau pemendekan umur kompresor sehingga biaya perawatan dan perbaikan dapat ditekan. Dari penerapan metode FMEA disimpulkan bahwa putusnya kabel tegangan tinggi dan sekering, serta mulai panas dan ausnya piston merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kegagalan kompresor dengan nilai RPN sebesar 64.

Kata kunci: kompresor torak, metode FMEA, mode kegagalan, RPN

Abstract

The reciprocating compressor PK 60-150 is the most common type of compressor used in industries. The effect of each failure mode on the reciprocating compressor was analyzed using FMEA, so that the necessary action can be determined. Both increasing the operating time and preventing the damage of compressor are major concerns. This study was aimed to determine the problems that cause risk of safety, failure of compressor function, and shortening of compressor life time, so that maintenance and repair cost can be reduced. The result shows that the breaking of high wires and fuses, over heat and wear of the piston are the most affecting factors of compressor failure with RPN value of 64.

Keywords: reciprocating compressor, FMEA method, failure mode, RPN

PENDAHULUAN

Terdapat dua metode analisis kegagalan yang sering digunakan para analist pelaku manajemen perawatan, metode

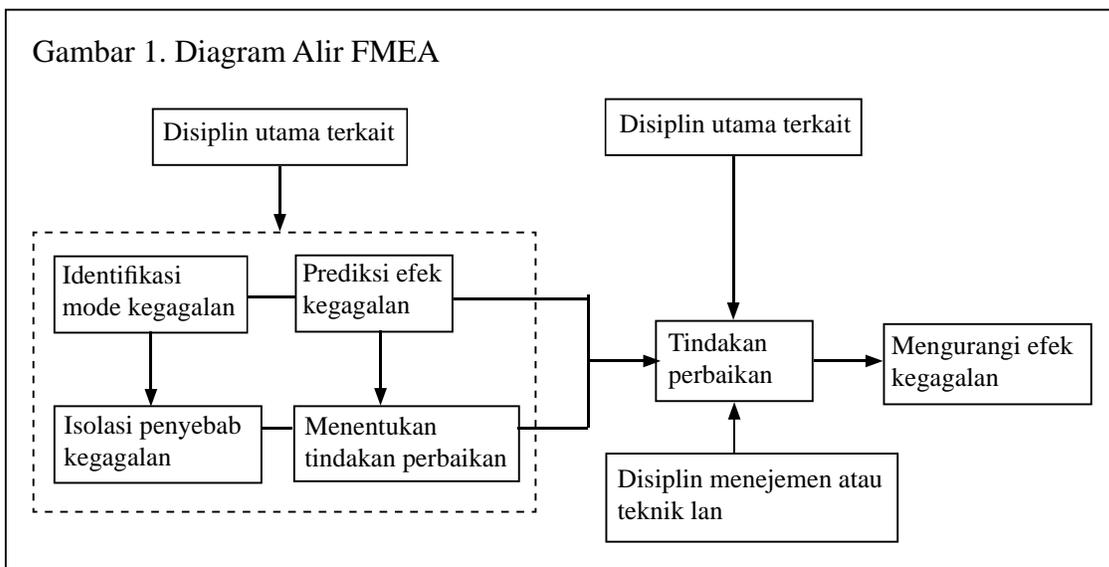
tersebut adalah *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). RCFA adalah langkah-langkah logika untuk investigasi melalui

proses pengisolasian fakta-fakta kejadian atau kegagalan dengan mencari akar penyebabnya.

Metode RCFA lebih banyak digunakan tim investigasi untuk memecahkan masalah-masalah kegagalan operasi, proses maupun desain dengan menelusuri akar penyebab setelah terjadinya kegagalan. Metode ini lebih aplikatif pada bidang *maintenance* ataupun produksi (Mobley, 1999). Metode FMEA merupakan tindakan preventif untuk menghindari permasalahan pada produk /desain dan proses manufaktur sebelum permasalahan tersebut terjadi (Ben-Daya, 2009; Stamatis, 2003). Namun demikian, dalam langkah *brainstorming* tim FMEA juga sering menggunakan metode RCFA untuk mencari “benang merah” terjadinya kegagalan dengan penyebab dan dampaknya.

FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan menghindari permasalahan pada produk dan proses sebelum permasalahan tersebut terjadi. Efek yang diakibatkan oleh setiap mode kegagalan ditelusuri sampai diketahui penyebabnya sehingga dapat ditentukan tindakan koreksi yang diperlukan. FMEA difokuskan untuk menghindari cacat, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Idealnya FMEA dilakukan pada tahap pengembangan produk atau pengembangan proses, walaupun penerapan FMEA pada produk dan proses juga akan menghasilkan keuntungan yang besar (Ben-Daya, 2009). Gambar 1 merupakan diagram alir penerapan metode FMEA.

Penerapan metode FMEA dapat mengurangi biaya-biaya dengan cara mengidentifikasi potensi kegagalan



produk/desain ataupun proses pembuatan produk dengan cara mudah dan murah. Sehingga akan dihasilkan proses yang lebih *reliable* melalui tindakan preventif korektif dibandingkan jika melakukan perbaikan setelah terjadi kegagalan dan kerusakan kritis akibat perubahan yang terlambat dilakukan. Dalam topik ini, tujuan dari penerapan metode FMEA pada kompresor torak adalah untuk mengetahui permasalahan yang akan mengakibatkan resiko keselamatan, kegagalan fungsi kompresor, atau pemendekan umur kompresor, karena memperpanjang waktu operasi dan pencegahan kerusakan pada kompresor merupakan perhatian utama dalam industri sehingga mampu mengurangi biaya perawatan dan perbaikan terhadap kompresor itu sendiri.

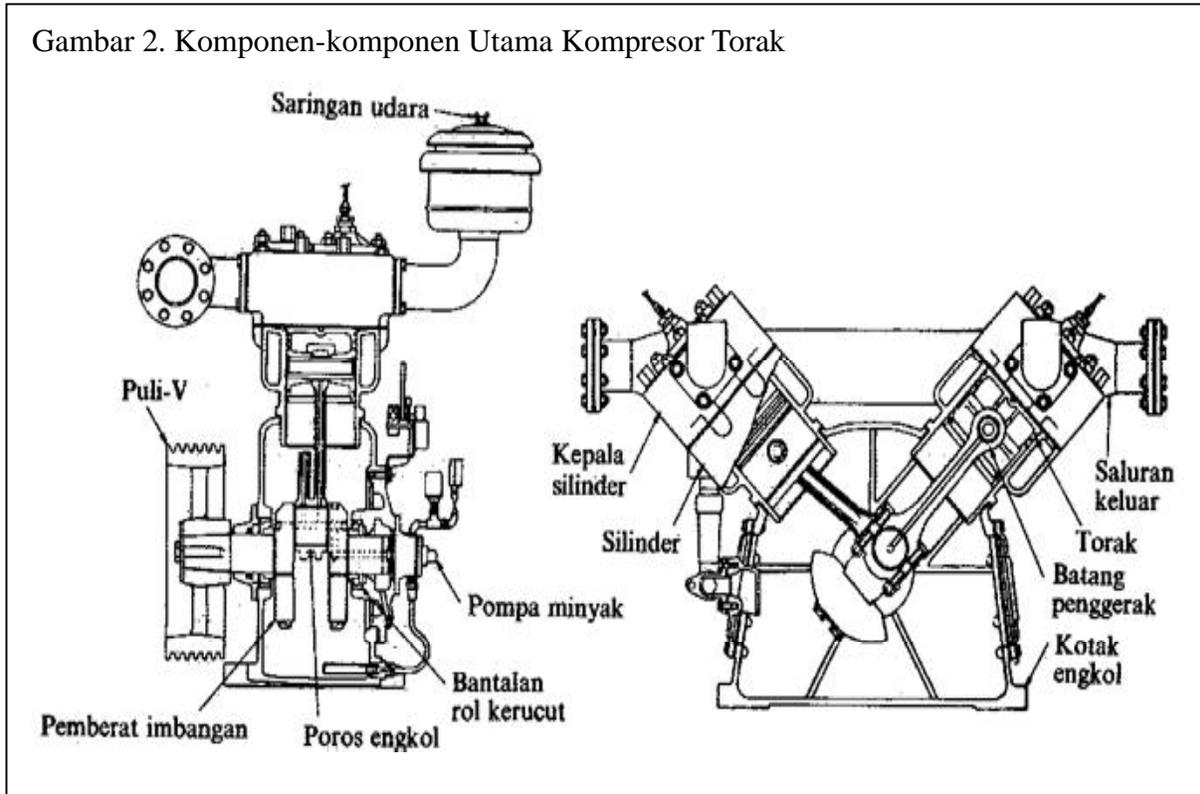
Kompresor torak merupakan jenis kompresor yang paling banyak ditemui dalam aplikasi industri. Kompresor ini memiliki keunggulan utama yaitu kapasitasnya yang besar serta dapat mengompresi gas ke tekanan yang sangat tinggi (Lubis & Wonoyudo, 2014). Prinsip kerja kompresor torak pada dasarnya adalah merubah gerakan putar dari penggerak mula menjadi gerak bolak-balik torak atau piston. Gerakan ini diperoleh dengan menggunakan poros engkol dan batang penggerak yang menghasilkan gerak bolak-balik pada torak. Gerakan torak akan menghisap udara ke dalam silinder

dan memampatkannya (Elhaj, Gu, Ball, Albarbar, Al-Qattan, & Naid, 2008; Syawal & Yusuf, 2011). Langkah kerja kompresor torak hampir sama dengan konsep kerja motor torak yaitu meliputi langkah hisap, kompresi, dan buang. Beberapa komponen utama dari konstruksi kompresor torak PK 60-150 (Gambar 2) antara lain meliputi silinder, kepala silinder, torak/ piston, batang torak, poros engkol, katup-katup, kotak engkol dan alat-alat bantu (Arifin, 2010; Arora, 2010).

METODE PENELITIAN

Dalam penerapan metode FMEA terdapat beberapa variabel utama yang harus diperhatikan. Variabel-variabel tersebut adalah tingkat kemunculan (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat mampu deteksi (*detectability*). Setiap mode kegagalan dan efek yang ditimbulkan, ditandai dengan penilaian kritis berdasarkan probabilitas Tingkat Kemunculan (*occurrence = O*), Tingkat Keparahannya/bahaya (*severity = S*) dan Tingkat Mampu Deteksi (*detectability = D*) yang masing-masing diberi skala *rating* 1 s/d 10. Hasil perkalian $S \times O \times D$ disebut *Risk Priority Number (RPN)* yaitu nilai kritis adanya resiko kegagalan dengan skala *rating* maksimum s/d 1000. Pada penerapan FMEA jika terdapat bilangan RPN terlalu tinggi, direkomendasikan untuk merubah desain agar resiko

Gambar 2. Komponen-komponen Utama Kompresor Torak



kegagalan menjadi berkurang). Tabel 1, 2, dan 3 adalah tabel dari harga atau ketentuan masing-masing variabel tersebut (Basjir, Supriyanto, & Suef, 2011; Ben-Daya, 2009; Iswanto, Rambe, & Ginting, 2013; Stamatis, 2003).

Selanjutnya, penerapan FMEA pada produk/disain dan proses mengikuti 10 langkah berikut: (1) pengkajian proses; (2) *brainstorming* tentang mode kegagalan yang potensial; (3) pencatatan pengaruh-pengaruh potensial dari setiap mode kegagalan; (4) memberikan nilai tingkat bahaya/keparahan untuk setiap pengaruh; (5) memberikan nilai tingkat kemunculan/kejadian dari setiap mode kegagalan; (6)

memberikan nilai tingkat pendeteksian dari setiap mode kegagalan dan atau pengaruh kegagalan; (7) menghitung angka prioritas resiko untuk setiap pengaruh; (8) menyusun prioritas mode kegagalan untuk melakukan tindakan; (9) melakukan tindakan untuk menghilangkan atau mengurangi mode-mode resiko kegagalan yang tinggi; dan (10) menghitung hasil RPN mode kegagalan berkurang atau dihilangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis berdasarkan prinsip dan metode yang telah diuraikan pada poin 2 disajikan pada Tabel 4 yang selanjutnya akan dijabarkan pembahasannya. Dari

Tabel 1
Tingkat Kemunculan/Kejadian

Probabilitas Kegagalan	Tingkat Kemungkinan Kegagalan	Peringkat
Sangat tinggi: kegagalan hampir tidak dapat dihindari	1 dari 2	10
	1 dari 3	9
Tinggi: kegagalan berulang	1 dari 8	8
	1 dari 20	7
Sedang: kegagalan yang jarang terjadi	1 dari 80	6
	1 dari 400	5
	1 dari 2.000	4
Rendah: kegagalan yang relatif kecil	1 dari 15.000	3
	1 dari 150.000	2
Sangat rendah: kegagalan yang tidak mungkin terjadi	1 dari 1.500.000	1

Tabel 2
Tingkat Bahaya/Keparahan

Efek	Kriteria: Tingkat Efek Keparahan	Ranking
Bahaya tanpa peringatan	Tingkat keparahan yang sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi operasi peralatan yang aman dan/atau melibatkan pelanggaran terhadap regulasi pemerintah tanpa peringatan.	10
Bahaya dengan peringatan	Tingkat keparahan yang sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi operasi peralatan yang aman dan/atau melibatkan pelanggaran terhadap regulasi pemerintah dengan peringatan.	9
Sangat tinggi Tinggi	Peralatan tidak dapat beroperasi, dengan hilangnya fungsi utama	8
	Peralatan bisa dioperasikan, namun tingkat kinerja berkurang. Pelanggan tidak puas.	7
Sedang	Peralatan bisa dioperasikan, namun item kenyamanan tidak bisa dioperasikan. Pelanggan mengalami ketidaknyamanan.	6
Rendah	Peralatan dapat dioperasikan, namun item kenyamanan tidak dapat dioperasikan pada tingkat kinerja yang rendah. Pelanggan mengalami ketidakpuasan.	5
Sangat rendah	Beberapa komponen tidak sesuai. Cacat dikeluhkan oleh kebanyakan pelanggan.	4
Minor	Beberapa komponen tidak sesuai. Cacat dikeluhkan oleh rata-rata pelanggan.	3
Sangat Minor	Beberapa komponen tidak sesuai. Cacat dikeluhkan oleh beberapa pelanggan.	2
Tidak ada	Tidak ada efek	1

Tabel 3
Tingkat Mampu Deteksi

Deteksi	Kriteria: Kemungkinan Pendeteksian oleh Kontrol Desain	Ranking
Sangat tidak pasti	Kontrol desain tidak akan dan / atau tidak dapat mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya; atau tidak ada kontrol desain	10
Sangat jauh	Sangat jauh kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	9
Jauh	Jauh kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	8
Sangat rendah	Sangat kecil kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	7
Rendah	Kecil kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	6
Sedang	Sedang kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	5
Cukup tinggi	Hampir sedang kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	4
Tinggi	Tinggi kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	3
Sangat tinggi	Sangat tinggi kemungkinan kontrol desain mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	2
Hampir pasti	Kontrol desain hampir pasti dapat mendeteksi sebab/ mekanisme potensial dan mode kegagalan berikutnya	1

Tabel 4, analisis yang didapatkan dengan metode FMEA dapat dijabarkan sebagai berikut.

Motor Tidak Dapat Bekerja. Pada kompresor torak tipe PK 60-150, motor tidak dapat bekerja dikarenakan dua hal. *Pertama*, salah satu kabel tegangan tinggi putus. Sebelum dilakukan *repair*, nilai *safety* 7 karena apabila hal ini terjadi, motor tidak dapat dihidupkan dan menyebabkan pemborosan listrik dan jika diteruskan akan menyebabkan hubungan arus pendek. Nilai *occurrence* 5, hal ini cukup sering

terjadi karena pada salah satu kulit kabel tegangan tinggi retak dan terkelupas karena terkena panas motor. Nilai *detect ability* 4, hal ini cukup sulit dideteksi karena harus memeriksa seluruh kabel tegangan tinggi.

Setelah dilakukan *repair*, nilai *safety* 4 karena sudah dipastikan kabel tersambung dengan aman dengan isolasi kertas atau mengganti kabel tegangan tinggi dengan yang baru. Nilai *occurrence* 4 karena setelah dilakukan perbaikan pada kabel menyebabkan tingkat kerusakan menjadi tidak sering terjadi lagi. Nilai *detect ability*

Tabel 4
 Hasil Analisis dengan Metode FMEA

Kegagalan yang Diprediksi	Bagian yang Rusak	Efek karena Kerusakan	Proses FMEA				Hasil Perbaikan					
			S	O	D	RPN	S	O	D	RPN		
Motor tidak dapat bekerja	Salah satu kabel tegangan tinggi putus	Kompresor tidak dapat dijalankan	7	5	4	140	Menyambung kabel dengan solasi atau mengganti-nya dengan yang baru	Kabel tegangan tinggi	4	4	4	64
Kompresor berhenti bekerja	Sekering putus	Motor tidak dapat hidup	8	6	4	192	Mengganti kumparan motor	Kumparan motor	4	4	4	64
Kompresor berhenti bekerja	Piston panas dan aus	Kompresor berhenti bekerja	6	5	4	120	Mengganti komponen yang telah aus dan mengganti oli yang habis	Piston kompresor	4	4	4	64
Tekanan udara tidak dapat naik atau naik terlalu lambat	Pressure gauge	Tabung receiver lama penuhnya	8	5	4	160	Mengganti pressure gauge	Pressure gauge	4	4	3	48
	Packing pada kompresor rusak dan baut silinder head kompresor kendor	Kerja kompresor tidak maksimal	7	5	4	140	Memeriksa komponen kompresor	Packing dan baut pengikat	2	3	2	12

3 karena pengecekan lebih mudah dari pada sebelumnya yaitu dengan mengecek tegangan pada kabel tersebut menggunakan avometer.

Kedua, sekering putus. Sebelum dilakukan *repair*, nilai *safety* 6 karena apabila hal ini terjadi, motor tidak dapat dihidupkan dan menyebabkan hubungan arus pendek. Nilai *occurrence* 5, hal ini cukup sering terjadi karena pada prinsipnya sekering berfungsi untuk mengamankan motor jika terjadi konslet. Nilai *detect ability* 4 karena hal ini cukup sulit dideteksi, harus memeriksa seluruh komponen kelistrikan motor.

Setelah dilakukan *repair*, nilai *safety* 4 karena sudah dipastikan sekering diganti dengan yang baru sehingga berfungsi secara maksimal. Nilai *occurrence* 4 karena setelah dilakukan penggantian menyebabkan tingkat kerusakan menjadi tidak sering terjadi lagi. Nilai *detect ability* 3 karena pengecekan lebih mudah dari pada sebelumnya yaitu dengan mengecek tegangan pada sekering tersebut menggunakan avometer.

Kompresor Berhenti Bekerja. Sebelum dilakukan *repair* nilai *safety* 6, apabila hal ini terjadi, unit kompresor akan berhenti karena komponen-komponen piston telah aus serta oli telah habis. Nilai *occurrence* 5, hal ini cukup sering terjadi karena perawatan berkala pada kompresor tidak dilaksanakan secara maksimal. Nilai *detect*

ability 4, hal ini cukup sulit dideteksi karena harus memeriksa seluruh komponen piston dan membongkarnya untuk mengetahui kerusakan.

Setelah dilakukan *repair*, nilai *safety* 4 karena sudah dipastikan komponen yang telah aus telah diganti dan dapat bekerja secara maksimal. Nilai *occurrence* 4 karena setelah dilakukan perbaikan dan penggantian pada komponen yang aus menyebabkan tingkat kerusakan menjadi tidak sering terjadi lagi. Nilai *detect ability* 3 karena pengecekan lebih mudah dari pada sebelumnya yaitu dengan mengecek oli setiap hari serta merawat komponen dengan baik.

Tekanan Udara Tidak Dapat Naik atau Naik Terlalu Lambat. Tekanan udara yang tidak dapat naik atau naik terlalu lambat pada kompresor torak disebabkan oleh dua hal. *Pertama*, *pressure gauge* mengalami kerusakan. Sebelum dilakukan *repair*, nilai *safety* 8 karena apabila hal ini terjadi, *pressure gauge* tidak dapat menunjukkan ukuran yang akurat. Akibatnya tabung *receiver* dapat cepat rusak. Nilai *occurrence* 5, hal ini cukup sering terjadi karena pada *pressure gauge* ada komponen yang mengalami gangguan. Nilai *detect ability* 4, hal ini cukup sulit dideteksi karena harus memeriksa seluruh komponen kompresor untuk mendeteksi hal tersebut.

Setelah dilakukan *repair*, nilai *safety* 4 karena sudah dipastikan komponen

yang telah rusak telah diganti dan dapat bekerja secara maksimal. Nilai *occurance* 4 karena setelah dilakukan perbaikan dan penggantian pada komponen yang rusak dan menyebabkan tingkat kerusakan menjadi tidak sering terjadi lagi. Nilai *detect ability* 3 karena pengecekan lebih mudah dari pada sebelumnya yaitu dengan mengecek *pressure gauge* dan komponennya.

Kedua, packing pada kompresor rusak dan baut silinder head kompresor kendor. Sebelum dilakukan *repair*, nilai *saferity* 7 karena apabila hal ini terjadi, motor tidak dapat bekerja dengan baik dan tekanan udara menjadi lama untuk naik. Nilai *occurance* 5, hal ini cukup sering terjadi karena getaran pada kompresor menyebabkan baut mudah kendor dan *packing* menjadi rusak. Nilai *detect ability* 4, hal ini cukup sulit dideteksi karena harus membongkar kepala silinder untuk mengetahui kerusakannya.

Setelah dilakukan *repair*, nilai *saferity* 4 karena sudah dipastikan *packing* diganti dengan yang baru sehingga berfungsi secara maksimal dan mengencangkan baut-bautnya. Nilai *occurance* 4 karena setelah dilakukan penggantian menyebabkan tingkat kerusakan menjadi tidak sering terjadi lagi. Nilai *detect ability* 3 karena pengecekan lebih mudah dari pada sebelumnya yaitu dengan mengecek kompresor secara berkala.

SIMPULAN

Faktor yang paling berpengaruh terhadap kegagalan kompresor torak PK60-150 adalah putusnya kabel tegangan tinggi dan sekering, serta mulai panas dan ausnya piston dengan nilai resiko kegagalan masing-masing sebesar 64. Kerusakan *pressure gauge* dan *packing* kompresor dan baut silinder juga merupakan faktor lain yang turut berpengaruh, masing-masing dengan perbedaan 25% dan prosentase dari nilai resiko kegagalan tertinggi. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengaplikasikan metode lain seperti metode analisis Taguchi sebagai verifikasi pembandingan terhadap hasil penelitian ini.

DAFTAR PUTAKA

- Arifin, M. (2010). *Pembuatan alat praktikum perawatan kompresor torak ganda* (Proyek Akhir). Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Arora, R. C. (2010). *Refrigeration and air conditioning*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.
- Basjir, M., Supriyanto, H., & Suef, M. (2011, Februari). *Pengembangan model penentuan prioritas perbaikan terhadap mode kegagalan komponen dengan metodologi FMEA, fuzzy dan topsis yang terintegrasi*. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII, ITS Surabaya.
- Ben-Daya, M. (2009). Failure mode and effect analysis. Dalam M. Ben-Daya, D. Ait-Kadi, S.O Duffuaa, J. Knezevic, & A. Raouf (Eds.), *Handbook of maintenance*

- management and engineering* (pp. 75-90). London: Springer.
- Elhaj, M., Gu, F., Ball, A., Albarbar, A., Al-Qattan, M., & Naid, A. (2008). Numerical simulation and experimental study of a two-stage reciprocating compressor for condition monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 22(2), 374-389.
- Iswanto, A., Rambe, A. J. M., & Ginting, E. (2013). Aplikasi metode Taguchi Analysis dan failure mode and effect analysis (FMEA) untuk perbaikan kualitas produk di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri USU*, 2(2).
- Lubis, Y. A., & Wonoyudo, B. D. (2014). Karakteristik getaran dan efisiensi kompresor torak akibat perubahan profil pada valve seat sisi discharge. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), B114-B119.
- Mobley, R. K. (1999). *Root cause failure analysis*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Syawal, S., & Yusuf, M. (2011). Perencanaan kompresor piston pada tekanan kerja max 2 N/mm². *Jurnal Mesin Teknologi*, 5(1).