

**ANALISA RISIKO KEGAGALAN KOMPRESOR K-3-02 B DI PLANT 3C PT.
PERTAMINA (PERSERO) RU V BALIKPAPAN MENGGUNAKAN FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA)**

Farra Nabila Murti* , Nunung Nurhasanah

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Al Azhar Indonesia
Komplek Masjid Agung Al-Azhar, Jalan Sisingamaraja, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12110

*Email: farra.murti@gmail.com

Abstrak

Pertamina RU V Balikpapan terdiri dari kilang Balikpapan I dengan kapasitas desain 60.000 barel/hari dan kilang Balikpapan II dengan kapasitas desain 200.000 barel/hari. Total kapasitas Pertamina RU V Balikpapan adalah 260.000 barel/hari. Kapasitas yang relatif tinggi mendorong pemeliharaan mesin pendukung aktivitas produksi yang berfokus pada keandalan untuk mencegah kerusakan, meminimalisir maupun mitigasi risiko penyebab kerusakan. Tingginya fluktuasi load yang dibebankan pada mesin-mesin pendukung proses produksi migas untuk memenuhi kebutuhan produksi per hari menyebabkan frekuensi breakdown mesin yang cenderung sering. Salah satu kondisi kegagalan mesin kerap terjadi pada Hydrocracking Complex dimana terdapat kompresor dengan tag number K-3-02 B, dikarenakan kerusakan komponen kritis yang bersifat critical terhadap produksi. karena itu, dilakukan analisis menggunakan metode FMEA dan FTA untuk mengidentifikasi tingkat kekritisan suatu kegagalan dan mengetahui akar penyebab masalah dari mode kegagalan paling kritis pada Kompresor K-3-02 B. Penggunaan FMEA bertujuan untuk menentukan nilai Risk Priority Number paling tinggi yang selanjutnya akan diidentifikasi menjadi fokus utama dalam menentukan akar dari penyebab kegagalan menggunakan Fault Tree Analysis. Berdasarkan hasil penelitian, menggunakan FMEA didapatkan nilai RPN tertinggi sebesar 324 pada mode kegagalan kebocoran valve akibat ring lumer, sementara penggambaran FTA dan penentuan minimal cut sets didapatkan 10 kombinasi basic events yang menyebabkan mode kegagalan tersebut.

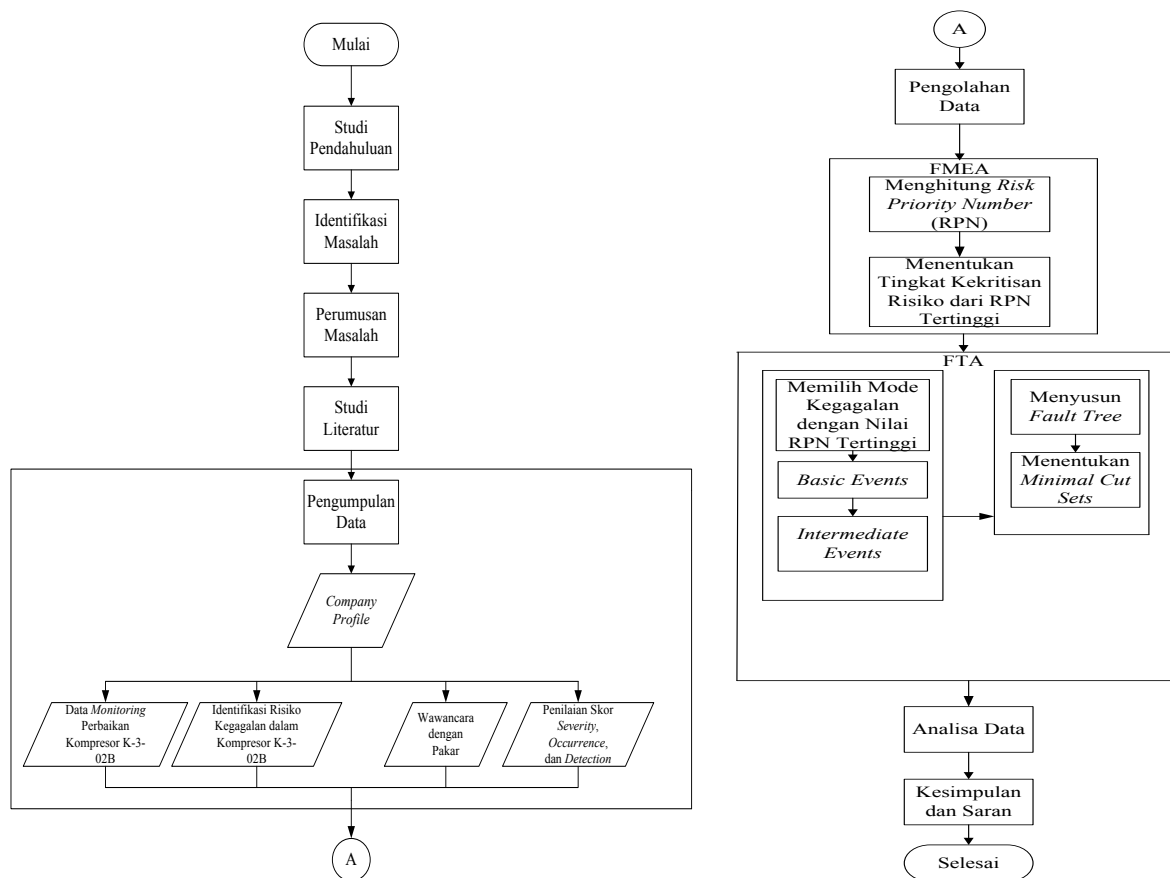
Kata kunci: risiko, pemeliharaan, FMEA, FTA

1. PENDAHULUAN

PT. Pertamina (Persero) adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang eksplorasi, pengolahan dan pemasaran hasil tambang minyak dan gas bumi di Indonesia. PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan adalah satu dari enam kilang milik PT. Pertamina (Persero) yang mempunyai kapasitas pengolahan 260.000 *Barell* per hari yang terbagi menjadi dua Kilang, yakni Kilang Balikpapan I dan Kilang Balikpapan II. Kilang Balikpapan II terdiri dari 2 kompleks pengolahan yaitu *Hydroskimming Complex* (HSC) dan *Hydrocracking Complex* (HCC), masing-masing kompleks pengolahan terdiri dari beberapa unit pemrosesan. Kedua unit ini memproduksi bahan bakar minyak dan LPG. Pada *Hydrocracking Complex* (HCC) terdapat bagian *Hydrocracking Unit* (Plant 3) yang berfungsi dalam mengkonversi ampas/sisa pengolahan minyak menjadi produk yang lebih ringan dengan bantuan katalis dan gas hidrogen untuk proses produksi. Dimana pada unit ini banyak menggunakan mesin kompresor, salah satunya dengan tag number K-3-02 B yang berguna untuk memindahkan gas dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengkompresi gas tersebut. Meskipun mesin ini memiliki fungsi yang sangat penting dan bersifat relatif *critical* dalam keberlangsungan proses *hydrocracking* dalam unit ini, namun kerap dihadapi kendala kerusakan mesin Kompresor K-3-02 B. Hal ini dipicu tingginya *load* yang dibebankan kepada kompresor K-3-02 B dikarenakan kebutuhan akan *hydrogen flow* yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan produksi. *Load* yang dimaksud disini ialah beban bahan residu pengolahan minyak yang akan di proses dan di kompresi oleh kompresor untuk menghasilkan gas hidrogen yang dibutuhkan dalam proses produksi. Besarnya *load* yang harus diproses oleh kompresor K-3-02 B mengakibatkan frekuensi *breakdown* yang tinggi akibat terjadinya kerusakan pada komponennya-komponennya. Mengacu pada tingginya frekuensi *breakdown* pada mesin Kompresor K-3-02 B diperlukan sistem perawatan yang optimal, dan analisis secara komprehensif untuk mengetahui penyebab *breakdown* mesin akibat kerusakan pada komponen kritis yang dapat membantu dalam mengantisipasi terjadinya risiko kegagalan

Kompresor K-3-02 B di masa mendatang. Berdasarkan permasalahan diatas, dilakukan analisa terhadap kegagalan yang terjadi pada Kompresor K-3-02 B di *Plant 3C PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan*, sehingga dapat diketahui penyebab-penyebab kegagalan tersebut secara rinci. Mengacu pada hal ini, dilakukan analisis penyebab kegagalan mesin Kompresor K-3-02 B menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)* yang dimaksudkan untuk mencari *event-event* penyebab terjadinya kegagalan mesin Kompresor K-3-02 B. Dimana metode FMEA berfungsi mencari tingkat kekritisan dari suatu kegagalan, dan penggunaan metode FTA ditujukan sebagai *tool* untuk menemukan penyebab kegagalan pada mesin Kompresor K-3-02 B. Penelitian dilakukan dengan melakukan studi lapangan selama melakukan Kerja Praktek di PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan dan melakukan konsultasi/wawancara kepada 2 orang pakar di bagian *Rotating Equipment Inspection Engineering, Maintenance Planning & Support*.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahapan metodologi penelitian dimulai dari melaksanakan studi pendahuluan, pada tahapan ini dilakukan observasi dan studi lapangan, lalu dilanjutkan dengan identifikasi masalah berdasarkan persoalan yang terjadi di lapangan, tahapan selanjutnya ialah merumuskan kerangka permasalahan. Pada penelitian ini, objek permasalahan yang diambil ialah kegagalan pada Kompresor K-3-02 B di *Plant 3C HCC PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan* merujuk pada keadaan di lapangan yang sebenarnya, yakni, mesin ini memiliki tingkat *downtime* yang tinggi, namun mesin ini bersifat sangat kritis/penting bagi keberlangsungan proses produksi. Setelah memenuhi tahapan-tahapan tersebut, dilakukan studi literatur, dimana pada tahapan ini dilakukan *review* terhadap beberapa jurnal ilmiah, dan telaah pustaka, untuk mendapatkan dasar kerangka teori untuk melangsungkan tahapan pengumpulan maupun pengolahan data. Tahapan yang selanjutnya dilakukan ialah pengumpulan data, dimana pengamatan dan pengambilan data dilakukan selama Kerja Praktek di *Rotating*

Equipment Inspection Engineering di PT. Pertamina (Persero) RU V Balikpapan. Setelah melakukan observasi dan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk melanjutkan penelitian, dilakukan prosedur pengolahan data. Dalam konteks penelitian ini dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan tujuan menentukan nilai *Risk Priority Number* paling besar dari mode kegagalan potensial Kompresor K-3-02 B dan menentukan *minimal cut sets* dari akar permasalahan yang menyebabkan kegagalan mesin.

Tahapan pertama yang dilakukan dalam pengolahan data menggunakan metode FMEA, dilangsungkan dengan mewawancarai 2 orang pakar di bagian *Rotating Equipment Inspection Engineering*, untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial pada kompresor K-3-02 B. Selain melakukan wawancara terhadap pakar, dilakukan juga observasi di lapangan terkhususnya di *Plant 3C Hydrocracking Complex*, dan analisa terhadap data histori *monitoring* perbaikan untuk kompresor K-3-02 B untuk mengidentifikasi frekuensi kerusakan. Tahapan ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan memvalidasi mode kegagalan potensial yang memang kerap terjadi yang mengakibatkan kerusakan pada kompresor K-3-02 B. Setelah mengidentifikasi dan memvalidasi kesesuaian mode kegagalan potensial, dilakukan pemberian skala *severity* (keparahan), *occurrence* (tingkat kejadian), dan *detection* (deteksi) oleh kedua orang pakar, yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Untuk melakukan perhitungan RPN, terdahulu dilakukan perhitungan rata-rata nilai *rating* dari kedua orang pakar. Setelah mendapatkan nilai yang bulat dari kedua orang pakar, akan dilakukan perhitungan RPN dengan mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Tujuan dilakukannya perhitungan RPN yakni untuk menentukan mode kegagalan potensial yang memiliki tingkat kekritisitas paling tinggi, dilihat dari nilai RPN tertinggi yang dihasilkan. Mode kegagalan dengan nilai RPN paling tinggi akan dijadikan input dalam analisa menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), untuk menentukan akar permasalahan/*basic event* yang mengakibatkan terjadinya kerusakan tersebut.

Pada tahapan pengolahan data menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), dilakukan dengan mengidentifikasi mode kegagalan potensial dengan nilai RPN tertinggi yang telah diolah dengan metode FMEA. Setelah mengidentifikasi mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi, dilakukan wawancara dengan pakar di bagian *Rotating Equipment Inspection Engineering* untuk menganalisa penyebab kejadian yang mendorong risiko kegagalan tersebut untuk terjadi. Dalam wawancara ini dilakukan identifikasi terhadap *basic events*, yakni kejadian yang tidak diharapkan yang diasumsikan sebagai penyebab dasar, dan *intermediate events*, yakni hasil dari kombinasi kesalahan-kesalahan, yang diantaranya ialah *basic events*. Tahapan selanjutnya ialah melakukan penggambaran *Fault Tree* dengan menggunakan gerbang logika, yang merujuk pada Tabel 2.4, untuk mengilustrasikan hubungan antara *basic events*, *intermediate events*, hingga *top event* (yakni mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi yang sudah teridentifikasi). Setelah dilakukan penggambaran *Fault Tree*, dilakukan analisa secara kualitatif untuk menentukan *minimal cut sets*, yakni kombinasi terkecil dari *basic events* yang dapat menyebabkan suatu *top event*, dengan menggunakan Aljabar Boolean.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Identifikasi Risiko Kegagalan Komponen dalam Kompresor K-3-02B

Identifikasi risiko dilakukan dengan melakukan wawancara dengan 2 pakar/*expert* di bagian *Rotating Equipment Inspection Engineering, Maintenance Planning and Support*, dimana hasil pendapat pakar-pakar tersebut dikuantifikasikan melalui *rating* skor untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Berdasarkan hasil diskusi dan wawancara dengan kedua pakar, didapatkan 26 variabel risiko yang dapat terjadi yang dibagi berdasarkan 10 komponen penyusun 2 bagian utama Kompresor K-3-02 B.

Tabel 1. Mode Kegagalan untuk Komponen Kompresor K-3-02 B

No.	Bagian	Komponen	Mode Kegagalan	Pakar 1			Pakar 2		
				S	O	D	S	O	D
1	Cylinder Side	Valve	Kebocoran pada akibab kotoran	6	5	2	3	2	7
			Kebocoran akibab ring lumer	10	3	8	7	8	3
			Terjadi knocking	6	5	3	9	8	4
		Unloader	Terjadi kebocoran di o ring	10	8	3	9	4	4
			Terjadi kebocoran pada packing	10	7	4	7	5	4
			Actuating piston macet	6	6	3	6	4	4
		Piston	Rider ring terkikis	6	5	3	8	6	7
			Piston ring terkikis	6	4	4	8	6	7
			Nut piston longgar	6	4	3	10	1	4
		Stuffing Box	Rod packing assy lumer	10	4	3	5	5	4
	Kebocoran oli akibab overclearance		4	5	4	7	6	3	
	Oil Scrapper	Kebocoran oli akibab spring patah	5	5	2	6	4	4	
		Kebocoran oli akibab ring patah	5	5	2	6	5	4	
		Kerusakan pada main bearing	6	5	1	7	5	4	
	Crank Shaft		8	6	1	9	5	3	
		Lead tab pada laminated shim putus/pecah							
		Crank shaft deflection	8	4	5	4	2	7	
Connecting Rod		7	6	1	7	5	4		
	Lead tab pada laminated shim putus/pecah								
	Bushing overclearance	6	4	3	6	5	3		
2	Frame Side	Crosshead	Bushing pecah/rusak	6	4	4	8	5	3
			Pin rusak karena gosong/terbakar	5	4	3	6	5	4
			Shoe overclearance	5	4	3	7	6	3
		Roda gigi pada pompa aus	8	5	3	7	5	3	
		Lub Oil Pump	Gejala vibrasi tinggi	7	6	3	7	8	2
	Overclearance di housing lub oil pump		7	4	3	6	4	4	
	Lubricator Cylinder			7	5	2	8	3	2
		Kegagalan pelumasan akibab driver tidak jalan							

3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*failure mode and effect analysis*) merupakan suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Mengacu pada hasil pembulatan rata-rata nilai pembobotan *severity*, *occurrence*, dan *detection*, dilakukan pengolahan data dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* dalam FMEA dan dari hasil tersebut untuk diindikasikan tingkat kekritisan dari tiap mode kegagalan. Berikut dilampirkan hasil perhitungan RPN dari tiap moda kegagalan :

Tabel 2. Perhitungan RPN Mode Kegagalan untuk Komponen Kompresor K-3-02 B

No.	Bagian	Komponen	Mode Kegagalan	Nilai Pembulatan			RPN
				S	O	D	
1	Cylinder Side	Valve	Kebocoran pada akibat kotoran	5	4	5	100
			Kebocoran akibat <i>ring</i> lumer	9	6	6	324
			Terjadi <i>knocking</i>	8	7	4	224
		Unloader	Terjadi kebocoran di <i>o ring</i>	10	6	4	240
			Terjadi kebocoran pada <i>packing</i>	9	6	4	216
			<i>Actuating piston</i> macet	6	5	4	120
		Piston	<i>Rider ring</i> terkikis	7	6	5	210
			<i>Piston ring</i> terkikis	7	5	6	210
			<i>Nut piston</i> longgar	8	3	4	96
		Stuffing Box	<i>Rod packing assy</i> lumer	8	5	4	160
			Kebocoran oli akibat <i>overclearance</i>	6	6	4	144
		Oil Scraper	Kebocoran oli akibat <i>spring</i> patah	6	5	3	90
			Kebocoran oli akibat <i>ring</i> patah	6	5	3	90
		Crank Shaft	Kerusakan pada <i>main bearing</i>	7	5	3	105
			<i>Lead tab</i> pada <i>laminated shim</i> putus/pecah	9	6	2	108
			<i>Crank shaft deflection</i>	6	3	6	108
		Connecting Rod	<i>Lead tab</i> pada <i>laminated shim</i> putus/pecah	7	6	3	126
<i>Bushing overclearance</i>	6		5	3	90		
2	Frame Side	Crosshead	<i>Bushing</i> pecah/rusak	7	5	4	140
			<i>Pin</i> rusak karena gosong/terbakar	6	5	4	120
			<i>Shoe overclearance</i>	6	5	3	90
		Lub Oil Pump	Roda gigi pada pompa aus	8	5	3	120
			Gejala vibrasi tinggi	7	7	3	147
			<i>Overclearance</i> di <i>housing lub oil pump</i>	7	4	4	112
		Lubricator Cylinder	Kegagalan pelumasan akibat <i>driver</i> tidak jalan	8	4	2	64

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada pendekatan FMEA dibuat berdasarkan mode kegagalan yang telah diidentifikasi dapat dilakukan dengan menguraikan sub-bagian utama dari Kompresor K-3-02 B sampai tingkat komponen, dengan mengalikan hasil rating terhadap *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Nilai RPN dihitung untuk mengetahui nilai risiko dari moda kegagalan bila dengan faktor keseringan kemunculannya, keparahannya, dan kemampuan terdeteksinya. Sebagai contoh, untuk mode kegagalan putusnya *lead tab* pada *laminated shim* pada *crank shaft*, diberi nilai 9 untuk *severity* (serius), nilai 6 untuk *occurrence* (sedikit jarang), dan nilai 2 untuk *detection* (sangat mudah). Dengan persamaan (1) maka dihasilkan:

$$RPN = (9) \times (6) \times (2) = 105 \quad (1)$$

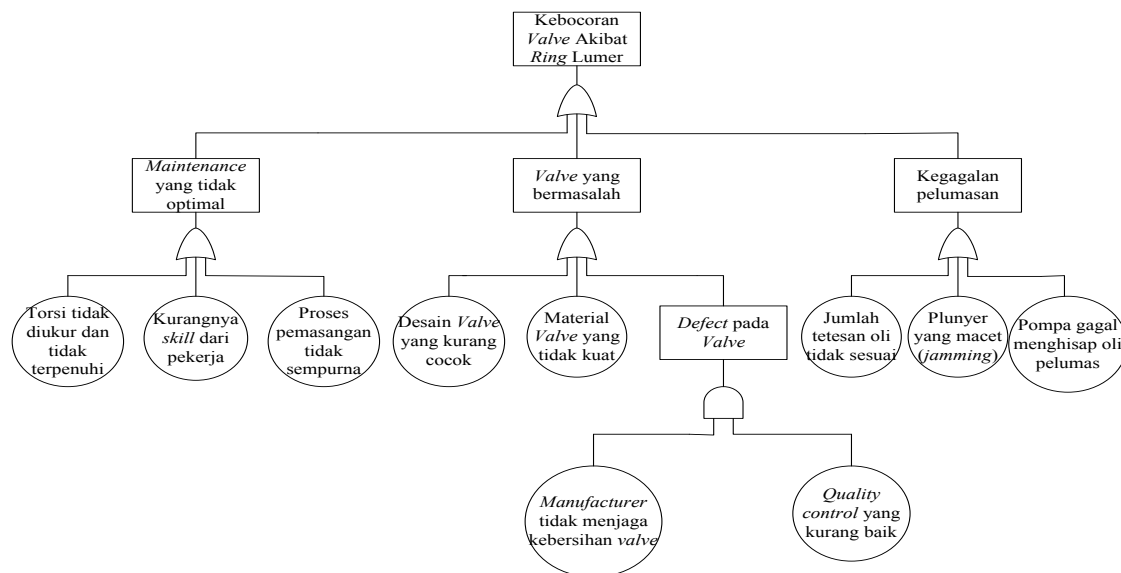
Berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) didapatkan moda kegagalan dengan nilai tertinggi yakni sebesar 324 dengan nilai *severity* sebesar 9, *occurrence* sebesar 6, dan *detection* senilai 6, untuk kebocoran akibat *ring* lumer di bagian *valve*. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mode kegagalan kebocoran akibat *ring* lumer di bagian *valve* dapat dikatakan masuk dalam kategori sangat kritis, dan dijadikan bahan dalam memprioritaskan risiko penyebab kegagalan mesin Kompresor K-3-02 B. Mengacu pada wawancara yang telah dilakukan kepada kedua *expert* di bagian *Rotating Equipment Inspection Engineering*, dinyatakan bahwa dampak terjadinya kebocoran akibat *ring* lumer di bagian *valve* sangat besar dan berbahaya. Hal ini dikarenakan, melelehnya *ring* pada bagian *valve* mengindikasikan temperatur yang sangat tinggi di dalam kompresor, dan kebocoran gas yang diakibatkan oleh kejadian ini dapat menyebabkan terjadinya akumulasi gas hidrogen dalam temperatur tinggi (> 200 derajat *celcius*), bila bertemu kontak dengan udara luar akan menghasilkan energi/ledakan. Mengacu pada mode kegagalan dengan RPN tertinggi ini, akan menjadi objek utama dalam melakukan *Fault Tree Analysis*, untuk dianalisis terlebih lanjut akar penyebab kegagalan jenis ini. Berdasarkan penyusunan FMEA *worksheet* didapatkan perhitungan *Risk Priority Number* dan identifikasi terhadap efek dari tiap mode kegagalan, penyebab kegagalan dan bagaimana kontrol yang dilakukan terhadap tiap variabel risiko. Tabel 3. menunjukkan hasil dekomposisi FMEA *worksheet* untuk variabel mode kegagalan potensial dengan nilai RPN tertinggi yakni kebocoran *valve* akibat *ring* lumer :

Tabel 3. Dekomposisi Variabel Mode Kegagalan Kebocoran Valve Akibat Ring Lumer

Komponen	Fungsi	Moda Kegagalan	Efek Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Kontrol yang Dilakukan	D	RPN	Recommended Action
Valve	Area masuk dan keluarnya gas dari maupun ke dalam <i>cylinder</i>	Kebocoran akibat <i>ring lumer</i>	Kenaikan temperatur dan tekanan, dapat memicu ledakan	9	Temperatur naik lebih dari 150 derajat pada <i>suction</i> dan <i>discharge valve</i>	6	Melakukan <i>Preventive Maintenance</i>	6	324	Penggantian <i>valve</i> , <i>insurance stock management</i>

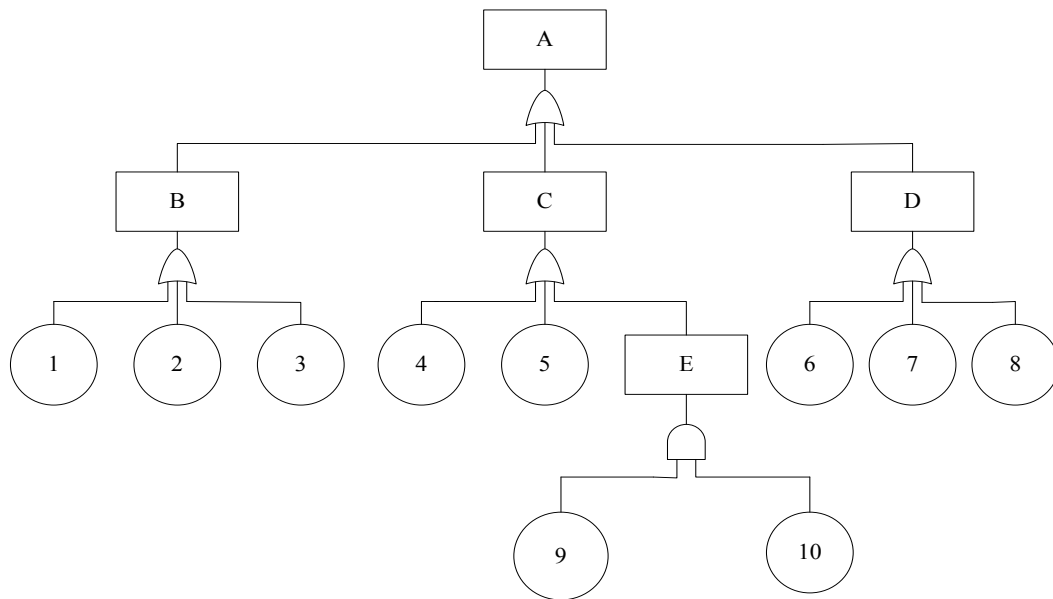
3.2.2 Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Penggambaran FTA dilakukan mulai dari *top event* kemudian menentukan *intermediate event* sampai dengan *basic event*. Penggambaran diagram FTA juga menggunakan adanya gerbang logika (*logic gate*), dalam bentuk simbol *and gate* dan *or gate* yang fungsinya ialah menghubungkan kejadian tiap level. Penggunaan *logic gates* dalam penyusunan FTA ini dilakukan untuk mengetahui jenis hubungan antara *top event* dengan *intermediate event* maupun *intermediate event* dengan *basic event*. Berikut ilustrasi penggambaran *Fault Tree* yang telah disusun oleh penulis yang disajikan dalam Gambar 2 :



Gambar 2. *Fault Tree Analysis* Kebocoran Valve Akibat Ring Lumer pada Kompresor K-3-02 B

Dari bagan *fault tree* yang telah digambarkan, selanjutnya dicari *minimal cut set* untuk mengetahui akar permasalahan dari penyebab kebocoran *valve* akibat *ring lumer*. *Cut set* merupakan himpunan dari *basic events*, jika semua *basic events* tersebut muncul, akan terjadi *top event*. *Minimal cut set* adalah kombinasi peristiwa yang paling kecil yang membawa peristiwa yang tidak diinginkan. Mencari *cut set* merupakan analisa kualitatif yang menggunakan Aljabar Boolean (Hidayat, 2011). Kombinasi dari *basic event* didapat dari gambar FTA yang dianalisa dengan hubungan *and gate* atau *or gate*. Aljabar Boolean merupakan aljabar yang dapat digunakan untuk melakukan penyederhanaan atau menguraikan rangkaian logika yang rumit dan kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana (Widjanarka, 2006). Perhitungan *minimal cut set* diperoleh dari penggambaran diagram *fault tree* di bawah ini :



Gambar 3. Notasi *Fault Tree* Kebocoran *Valve* Akibat *Ring* Lumer pada Kompresor K-3-02 B

Hasil dari penggambaran FTA seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.6 dilakukan untuk mengasumsikan tiap notasi *intermediate events* dan *basic events* untuk mempermudah penentuan aljabar Boolean untuk menentukan *minimal cut sets*. Dimana, *top event* beserta *intermediate events* (persegi panjang) yang digambarkan pada FTA dinotasikan dalam urutan abjad A hingga E, sementara *basic events* (lingkaran) diindikasikan dalam urutan angka 1 hingga 10. Dari gambar 4.6, maka diperoleh *minimal cut set* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 GA &= GB + GC + GD & (1) \\
 &= (1 + 2 + 3) + (4 + 5 + GE) + (6 + 7 + 8) \\
 &= (1 + 2 + 3) + (4 + 5 + (9 \times 10)) + (6 + 7 + 8)
 \end{aligned}$$

Maka *minimal cut set* yang dihasilkan dari gambar 4.6 adalah {1}, {2}, {3}, {4}, {5}, {9, 10}, {6}, {7}, {8}.

Tabel 3. Keterangan Kombinasi *Basic Events* Kebocoran *Valve* Akibat *Ring* Lumer

<i>Minimal Cut Set</i>	Keterangan
1	Torsi tidak diukur dan tidak terpenuhi
2	Kurangnya <i>skill</i> dari pekerja
3	Proses pemasangan tidak sempurna
4	Desain dari <i>valve</i> yang kurang cocok
5	Material <i>valve</i> yang tidak kuat
9, 10	<i>Manufacturer</i> tidak menjaga kebersihan <i>valve</i> setelah melakukan uji coba, <i>quality control</i> yang kurang baik oleh <i>manufacturer</i>
6	Jumlah tetesan oli yang tidak sesuai standar
7	Plunyer yang macet (<i>jamming</i>)
8	Pompa gagal menghisap oli pelumas

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data yang telah dianalisis, maka dapat ditarik kesimpulan yang menjawab permasalahan yang telah diidentifikasi serta tujuan penelitian yang sebelumnya telah ditetapkan. Penarikan kesimpulan dari penelitian diidentifikasi sebagai berikut:

- Dengan melihat hasil perhitungan menggunakan metode FMEA, dapat diketahui bahwa mode kegagalan pada Kompresor K-3-02 B yang dapat dikatakan paling kritis ialah kebocoran *valve* akibat *ring* lumer dikarenakan menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar dengan nilai yakni sebesar 324.

- b. Dengan menggambarkan FTA, dapat ditentukan kombinasi *basic events*/akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi, kebocoran *valve* akibat *ring* lumer pada Kompresor K-3-02 B. Berdasarkan penggambaran FTA dan penentuan *minimal cut sets* didapatkan 10 kombinasi *basic events* yakni torsi tidak diukur dan tidak terpenuhi, kurangnya *skill* dari pekerja, proses pemasangan *valve* yang tidak sempurna, desain dari *valve* yang kurang cocok, material *valve* yang tidak kuat, *manufacturer* tidak menjaga kebersihan *valve* setelah melakukan uji coba, *quality control* yang kurang baik oleh *manufacturer*, jumlah tetesan oli pelumas yang tidak sesuai standar, plunyer yang macet (*jamming*), dan pompa gagal menghisap oli pelumas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, dkk, 2015, Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di Pabrik Roti Bariton, Institut Teknologi Nasional (Itenas), Bandung.
- Bakhtiar, Puspitasari, Wulandari, 2016, Analisa Kegagalan Proses Pengolahan Produk Piring Menggunakan Metode Failure Modes, Effects and Analysis dan Fault Tree Analysis di PT. Sango Ceramics Indonesia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ferdiana, Priadhytama, 2017, Analisis Defect Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Berdasarkan Data Ground Finding Sheet (GFS) PT. GMF Aeroasia, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hidayat, Pratiwi, 2011, Analisa Faktor Penyebab Kegagalan Mesin Grinder pada Proses Produksi Plastic Film di PT. Mutiara Hexagon, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Iwan Setiawan, 2014, FMEA Sebagai Alat Analisa Risiko Moda Kegagalan Pada Magnetic Force Welding Machine ME-27.1, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Kawasan Puspiptek, Serpong.
- Mayangsari, Adianto, Yuniati, 2015, Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA), Institut Teknologi Nasional (Itenas), Bandung.
- Pasaribu, Setiawan, Ervianto, 2017, Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Mengidentifikasi Potensi dan Penyebab Kecelakaan Kerja pada Proyek Gedung, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Puspitasari, Martanto. 2014. Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus PT. Asaputex Jaya Tegal). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Widjanarka, Wijaya, 2006, *Teknik Digital*, Erlangga, Jakarta.