

## **ANALISIS KEANDALAN FIRE SYSTEM PADA FASILITAS INDUSTRI DENGAN METODA FAMECA**

Oleh: D. T. Sony T, Johnny Situmorang, Puradwi Ismu W, Demon H, Dwijo Mulyanto, Slamet Kusmono, Sigit Asmara Santa.

### **ABSTRAK**

**ANALISIS KEANDALAN FIRE SYSTEM PADA FASILITAS INDUSTRI DENGAN METODA FAMECA.** FAMECA (*Failure Mode Effect Critical Analysis*) merupakan salah satu metoda analisis untuk menentukan keandalan sistem pada fasilitas industri. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi komponen dalam sistem, penentuan moda kegagalan dan tingkat keparahan (*severity*) sistem karena pengaruh kegagalan tersebut. Nilai keandalan ditentukan berdasarkan tingkat keparahan, harga kegagalan komponen dan komponen kritis. Telah dilakukan analisis keandalan sistem pemadam kebakaran pada industri dengan metoda FAMECA. Komponen kritis yang teridentifikasi antara lain pompa, katup pelepas udara, check valve, katup uji manual, katup isolasi, sistem kontrol dan lain-lainnya.

### **ABSTRACT**

**RELIABILITY ANALYSIS OF FIRE SYSTEM ON THE INDUSTRY FACILITY BY USE FAMECA METHOD.** FAMECA is one of the analysis method to determine system reliability on the industry facility. Analysis is done by some procedure that is identification of component function, determination of failure mode, severity level and effect of their failure. Reliability value is determined by three combinations that is severity level, component failure value and critical component. Reliability of analysis has been done for fire system on the industry by FAMECA method. Critical component which indentified is pump, air release valve, check valve, manual test valve, isolation valve, control system etc.

## PENDAHULUAN

Dalam kondisi saat ini, setiap fasilitas industri dituntut mempunyai tingkat keandalan yang tinggi baik dari faktor produksi maupun keselamatan. Dari faktor produksi diharapkan industri menghasilkan produk yang bermutu tinggi dengan jadwal tepat disamping didapatkannya biaya perawatan fasilitas yang rendah. Untuk faktor keselamatan diharapkan sistem keselamatan pada fasilitas mampu mengantisipasi segala keadaan darurat baik secara eksternal maupun internal (yang ditimbulkan dalam fasilitas). Salah satu jenis sistem keselamatan yang selalu ada pada fasilitas industri adalah sistem pemadam kebakaran (*fire system*). Maka dari itu pentingnya menganalisis keandalan sistem kebakaran karena konsekuensi kebakaran peluang terjadinya besar dan pemicunya (*initial event*) disebabkan banyak faktor.

Sebagai alat analisis untuk keandalan sistem dapat digunakan beberapa jenis metoda yang umum dipakai yaitu analisis pohon kegagalan (*fault tree analysis*), HAZOP (*Hazard and Operability*), FAMECA (*Failure Mode and Effect Criticality Analysis*) dan lain-lainnya. Setiap analisis digunakan untuk jenis fasilitas tertentu, seperti misalnya analisis pohon kegagalan untuk fasilitas atau instalasi nuklir, HAZOP untuk industri berisiko tinggi, sedangkan FAMECA untuk industri pada umumnya.

Tujuan dari makalah ini adalah untuk memahami metoda FAMECA dan penerapannya sebagai alat evaluasi pada sistem kebakaran dalam fasilitas industri.

## TEORI

FAMECA merupakan salah satu metoda analisis untuk mengevaluasi keandalan sistem dengan melakukan identifikasi fungsi dari proses yang dianalisis, selanjutnya penentuan moda kegagalan pada sistem dan klasifikasi berdasarkan tingkat keparahan (*severity*). Secara garis besar dilakukan berdasarkan 2 tahap yaitu mengidentifikasi jenis kegagalan dan akibatnya, sedangkan tahap ke-2 menentukan tingkatan kegagalan berdasarkan kombinasi *severity* dan kebolehjadian jenis kegagalan yang terjadi.

Dalam proses FAMECA pertama mendefinisikan sistem yang dianalisis dimana dalam proses ini harus diketahui dengan pasti fungsi setiap komponen pada sistem yang selanjutnya dapat disusun diagram blok secara hirarkis. Dari fungsi komponen, maka akan teridentifikasi moda kegagalannya serta akibat kegagalan tersebut. Selanjutnya ditentukan tingkatan keparahan (*severity*) pada sistem yang timbul dari moda kegagalan. Didalam analisis tersebut perlu dilakukan juga

penentuan data kegagalan dimana termasuk menentukan laju kegagalan serta metode pendeteksian kegagalan. Untuk melihat tingkat keandalan sistem, salah satu variabel yang digunakan adalah bilangan prioritas risiko (*Risk Priority Number*) yang merupakan kombinasi dari tingkat keparahan (*severity*), kejadian dan pendeteksian kegagalan. Sehingga dengan mengetahui tingkat prioritas risiko dapat dilakukan tindakan pengurangan risiko. Dari hasil tersebut dapat dilakukan *redesign* atau kegiatan perawatan untuk mengurangi kegagalan kritis.

Secara umum moda kegagalan terbagi atas 5 kemungkinan yaitu: kegagalan menyeluruh, kegagalan sebagian, kegagalan sementara, kegagalan dalam waktu yang lama dan penyimpangan unjuk kerja sistem diluar spesifikasi yang ditentukan (dapat berkurang atau lebih). Untuk 1 jenis moda kegagalan akan terdapat beberapa tingkat pengaruh (*effect*), dapat juga moda kegagalan berbeda mempunyai pengaruh sama. Jenis-jenis pengaruh antara lain: timbulnya ledakan, kebakaran, hilangnya produksi (beberapa tingkat), kualitas produksi menurun, dan lain-lainnya.

Dalam analisis keandalan sistem, faktor yang paling menentukan adalah penentuan data kegagalan yang dipengaruhi atas 5 faktor yaitu: jenis distribusi, laju kegagalan, parameter weibull, umur awal dan faktor waktu operasi. Distribusi yang umum digunakan adalah eksponensial dan weibull. Distribusi eksponensial digunakan untuk komponen yang diasumsikan tidak mengalami proses penuaan (*ageing*) dalam operasi sehingga memiliki laju kegagalan yang konstan sepanjang waktu. Sedangkan distribusi weibull diasumsikan komponen tersebut mempunyai karakteristik laju kegagalan berubah-ubah yang pada umumnya dikenakan pada komponen mekanik yang mengalami penuaan (*ageing*) untuk pemodelan ini distribusi weibull dapat berupa *single*, *double* maupun *triple*, seperti dalam persamaan berikut :  
Dengan : t = umur mulai operasi

$$I(t) = \frac{b(t-g)^{b-1}}{h^b} \quad (1)$$

$\eta$  = parameter hidup karakteristik

$\beta$  = parameter bentuk

$\gamma$  = parameter lokasi

Parameter  $\eta$  menunjukkan karakteristik hidup komponen dan peluang kegagalan akan terjadi sebelum waktu tersebut. Parameter  $\beta$  merupakan ciri dari bentuk distribusi. Bila  $\beta < 1$ , maka laju kegagalan akan menurun (kondisi *wear-in*), sedangkan  $\beta=1$ , laju kegagalan konstan yang identik dengan distribusi eksponensial.

Untuk kondisi penuaan (*ageing*) maka  $\beta > 1$  dimana laju kegagalan semakin naik yang dikenal dengan kondisi *wear-out*.

Dengan mengasumsikan ketiga jenis parameter tersebut, maka model laju kegagalan akan sesuai dengan kondisi pada saat awal pemakaian (*wear-in*), waktu hidup (*mid-life*), dan akhir pemakaian (*wear-out*) yang dikenal dengan *bath-tub curve*.

Pada kondisi *wear-in* laju kegagalan lebih tinggi daripada kondisi *mid-life*, dengan parameter  $\eta$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  seperti berikut:

$$h = \frac{1}{(t_i I_{diff}^2)} \quad (2)$$

$$\beta = 0,5 ; \gamma = 0$$

Dengan :  $\lambda_{diff}$  = selisih antara laju kegagalan *wear-in* dan *mid-life*

$t_i$  = periode selama *wear-in*

Setelah periode *wear-in*, maka laju kegagalan relatif konstan. Kondisi ini pada umumnya, didekati dengan persamaan berikut :

$$I = \frac{1}{MTTF} \quad (3)$$

$$\eta = MTTF$$

$$\beta = 1 ; \gamma = 0$$

dengan : MTTF = Mean Time To Failure

Sedangkan kondisi *wear-out*, maka parameter  $\eta$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  didekati dengan persamaan berikut :

$$h = \sqrt{\frac{2}{a}}$$

$$\beta = 2 ; \gamma = t_w$$

dengan :  $\alpha$  = pertambahan laju kegagalan selama *wear-out*

$t_w$  = umur operasi pada awal *wear-out*

Pada kondisi *wear-out* terdapat tindakan penggantian, perbaikan dan perawatan komponen untuk meningkatkan kembali keandalan komponen tersebut. Dengan adanya tindakan tersebut, maka terjadi pengurangan umur komponen pada kondisi perbaikan, maka sesuai dengan persamaan berikut :

$$t_2 = t_1(1-\gamma) \quad (5)$$

dengan :  $t_2$  = umur setelah perbaikan atau perawatan

$t_1$  = umur sebelum perbaikan atau perawatan

$\gamma$  = faktor pengurangan umur ( $0 < \gamma < 1$ )

Bila  $\gamma = 0$ , menunjukkan komponen seolah-olah tidak berubah (*as good as old*), sedangkan  $\gamma = 1$  menunjukkan komponen menjadi baru (*as good as new*).

Untuk semua kondisi parameter  $t$  menunjukkan umur awal yaitu umur yang diasumsikan awal siklus hidup dalam simulasi. Bila komponen yang digunakan pada kondisi operasi berjalan (bukan komponen baru), maka karakteristik penuaan yang dipakai.

Faktor waktu operasi merupakan fraksi waktu hidup sistem yang menunjukkan pengaruh kegagalan tertentu. Apabila moda kegagalan selalu menunjukkan pengaruh tertentu, maka diberi harga 1. Deteksi kegagalan merupakan usaha simulasi atau model yang dipasang secara otomatis dalam sistem untuk mengetahui kegagalan tanpa tindakan inspeksi oleh tim perawatan. Faktor ini dipengaruhi atas parameter P-F interval, biaya dan metoda deteksi. P-F interval menunjukkan periode waktu sebelum kegagalan yang nyata akan tampak, sedangkan biaya berpengaruh terhadap tingkat kualitas dari sistem pemantauan. Metoda deteksi pada umumnya terdiri atas 2 hal yaitu: mencegah penyebab kegagalan atau kegagalan dan mendeteksi penyebab kegagalan sekaligus memperbaiki penyimpangan tersebut.

Kegunaan dari metoda FAMECA dapat sebagai tindakan lebih lanjut dalam kegiatan RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

Pada kegiatan analisis ini sebagai obyek kajian adalah salah satu sistem yang selalu terdapat dalam fasilitas industri yaitu *fire system*, dalam sistem ini ditekankan lebih lanjut pada *fire water pumps* seperti terlihat dalam Gambar 1. Secara garis besar sistem terdiri atas 2 loop (redundansi), dengan masing-masing loop terdiri atas pompa (4P-610/4P-611), motor/diesel (8V-626/8V-627), katup pembebas udara (ARV-610/611), katup pengontrol by-pass (PCV-610B/611B), kontrol penggerak diesel (PSL-610B/611B), katup isolasi, katup uji manual dan sistem pemipaan. Suplai air digerakkan oleh pompa melalui *check valve* ke *header* dari sistem pemadam kebakaran. Diantara 2 komponen tersebut terdapat pengontrol (PSL-610B/611B) yang menggerakkan motor/diesel bekerja berdasarkan sensor tekanan. Sebelum *check valve* terdapat loop *by-pass* untuk membuang aliran yang dikendalikan oleh katup pengontrol (PCV-610B/611B). Disamping itu terdapat beberapa katup yang diperlukan untuk pengujian. Diesel digerakkan berdasarkan 3 kondisi yaitu: tekanan air suplai rendah, remote signal dan secara manual.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan pengidentifikasian komponen-komponen dalam sistem tersebut dan ditentukan moda kegagalan dan konsekuensinya. Komponen yang teridentifikasi antara lain: pipa pengisap/inlet, pompa, katup pembebas udara, check valve, saringan outlet, katup test manual, katup isolasi, dan lain-lainnya seperti terlihat dalam Tabel 1, Dalam tabel tersebut data mengacu pada kegagalan komponen mekanik instalasi nuklir untuk komponen *non safety class* serta diasumsikan komponen dalam fasilitas adalah baru pada kondisi *mid-life*.

Tabel 1. Hasil Analisis FAMECA

No.	Komponen	Moda Kegagalan	Pengaruh	Failure Rate
1.	Pipa pengisap pada pompa dan filter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tersumbat</li> <li>Pecah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak ada suplai air ke pompa (100%)</li> <li>Kotoran masuk ke pompa</li> </ul>	$1.10^{-10}/\text{jam}$ $1.10^{-10}/\text{jam}$
2.	Pompa/Motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pecah</li> <li>Gagal untuk start</li> <li>Gagal untuk beroperasi</li> <li>Beroperasi dengan karakteristik menurun (degradasi)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kehilangan suplai air (100%)</li> <li>Kehilangan suplai air (100%)</li> <li>Kehilangan suplai air (100%)</li> <li>Kehilangan suplai air (80%)</li> </ul>	$1.10^{-10}/\text{jam}$ $1.10^{-6}/\text{jam}$ $6,2.10^{-6}/\text{jam}$ $1,5.10^{-5}/\text{jam}$
3.	Pipa <i>discharge</i> dari <i>check valve</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pecah</li> <li>Tersumbat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kehilangan suplai air (80%)</li> <li>Kehilangan suplai air (80%)</li> </ul>	$1.10^{-10}/\text{jam}$ $1.10^{-10}/\text{jam}$
4.	Katup pelepas udara (ARV -610/611)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tersumbat atau gagal membuka</li> <li><i>Stuck</i> membuka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Udara Terjebak dalam sistem</li> <li>Bocor</li> </ul>	$3.10^{-4}/\text{permintaan}$ $3.10^{-6}/\text{jam}$
5.	PCV-610B/611B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tersumbat atau gagal membuka</li> <li>Membuka tdk sempurna atau gagal menutup</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompa rusak</li> <li>Penyimpangan aliran</li> </ul>	$1,1.10^{-7}/\text{jam}$ $1,1.10^{-7}/\text{jam}$
6.	Check Valve	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Stuck</i> membuka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aliran kembali melalui pompa</li> <li>Mencegah diesel beroperasi atau pompa rusak selama <i>start-up</i></li> </ul>	$1,4.10^{-7}/\text{jam}$
7.	Pipa dari <i>check valve</i> ke <i>header</i> pemadam kebakaran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pecah</li> <li>Tersumbat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kehilangan suplai air (100%)</li> <li>Kehilangan suplai air (80%)</li> </ul>	$1.10^{-10}/\text{jam}$ $1.10^{-10}/\text{jam}$
8.	Saringan <i>discharge</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tersumbat</li> <li>Pecah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kehilangan suplai air (80%)</li> <li>Kotoran menyumbat <i>nozzle</i></li> </ul>	$2,7.10^{-6}/\text{jam}$ $2,7.10^{-6}/\text{jam}$
9.	Katup test manual	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membuka tdk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penyimpangan aliran</li> </ul>	$1,7.10^{-8}/\text{jam}$

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• sempurna, tetap terbuka setelah pengujian</li> <li>• Menutup tidak sempurna, tetap tertutup selama pengujian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Discharge</i> tersumbat dari pompa, kemungkinan pompa rusak</li> </ul>	$2,2 \cdot 10^{-8}/\text{jam}$
10.	Katup isolasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menutup tidak sempurna</li> <li>• Tertutup setelah pengujian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kehilangan suplai air (80%)</li> </ul>	$1,5 \cdot 10^{-6}/\text{jam}$  $2,2 \cdot 10^{-7}/\text{jam}$
11.	PSL-610B/611B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinyal palsu</li> <li>• Gagal sinyal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menstart pompa</li> <li>• Pompa gagal <i>start</i> pada tekanan yang dibutuhkan</li> </ul>	$8,7 \cdot 10^{-7}/\text{jam}$  $7 \cdot 10^{-4}/\text{permintaan}$

Berdasarkan tabel tersebut, karena sistem yang dianalisis adalah sistem keselamatan, maka tingkat *severity* (keparahan) hanya satu jenis yaitu kualitas kebakaran, walaupun bila dianalisis dengan sistem lain yang berpengaruh akan timbul tingkat *severity* mengenai produksi atau proses. Apabila dianalisis lebih lanjut tingkat *severity* kebakaran terdiri atas 3 tingkatan yaitu 100%, 80% dan dibawah 50%. Tingkat keandalan sistem dapat dilihat berdasarkan kombinasi peluang kejadian (laju kegagalan) dan tingkat *severity* tersebut. Dalam kasus ini, sistem terlihat andal karena untuk *severity* 100%, harga *failure rate* antara  $1 \cdot 10^{-10}/\text{jam}$  s/d  $1 \cdot 10^{-6}/\text{jam}$ . Sedangkan untuk *severity* 80% antara  $1 \cdot 10^{-10}/\text{jam}$  s/d  $1,5 \cdot 10^{-5}/\text{jam}$ . Untuk meningkatkan keandalan sistem maka dengan melihat tingkat *severity* yang tinggi atau berdasarkan range tertentu akan diketahui komponen kritisnya. Dalam kasus ini komponen kritisnya adalah pompa terutama untuk komponen yang menstart pompa dan filter baik pada inlet ataupun outlet. Demikian juga untuk sistem kontrol penggerak pompa. Dari komponen tersebut dilakukan perbaikan atau jadwal perawatan yang kontinu, pada akhirnya ketatnya perawatan harus dicari berdasarkan optimasi biaya.

Secara disain sebenarnya sistem sudah termasuk andal karena adanya redundansi, dan terdapatnya komponen yang mencegah kegagalan sistem atau mengurangi pengaruh (*effect*) yaitu misalnya katup pembebas udara, adanya jalur penguji, sistem pengendalian otomatis dan lain-lainnya.

Analisis FAMECA ini untuk lebih lanjut digunakan sebagai salah satu metoda untuk menentukan teknik perawatan berdasarkan keandalan (*Reliability Centered Maintenance, RCM*) yang termasuk juga menentukan optimasi biaya sistem selama operasi. Dengan mengetahui komponen kritis, selanjutnya dapat dilakukan pengaturan jadwal perawatan dimana faktor yang mempengaruhi antara lain: biaya

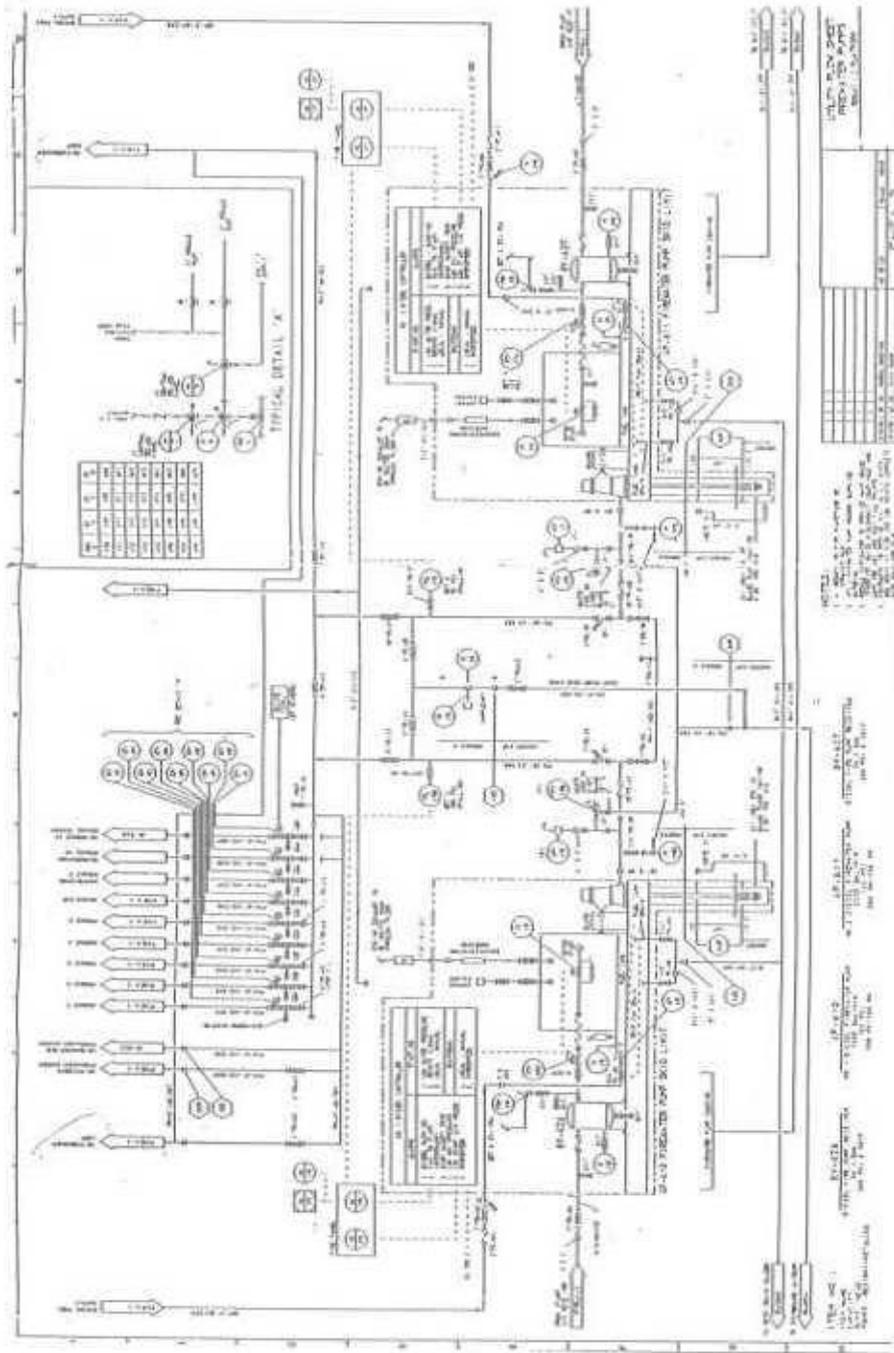
suku cadang, biaya SDM dalam perawatan, jumlah suku cadang yang disiapkan dan kondisi penyimpanan.

### **KESIMPULAN**

Hasil analisis menunjukkan bahwa keandalan *fire system* masih dalam tingkatan dapat diterima karena *failure rate* terjadinya tingkat keparahan (*severity*) maksimum adalah rendah dan terdapat beberapa komponen yang mengurangi kegagalan sistem.

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Ryan Dupont, Joseph Reynolds, Louis Thodore, Accident and Emergency Management: Problems and Solutions, VCH Publishers, 1991.
2. William F. Kenney, Process Risk Management System, VCH Publishers, Inc, 1993.
3. D. Kececioglu, Reliability Engineering Handbook, vol. 1,2, PTR Prentice-Hall Inc, 1991.
4. User Manual for Reliability Centered Maintenance-FMECA Cost Optimization, ITEM, 1999.
5. IAEA-TECDOC-478, Component Reliability Data for Use in Probabilistic Safety Assessment, IAEA, Vienna, 1988.



Gambar 1. Diagram Fire System Pada Fasilitas Industri.