

USULAN INTERVAL INSPEKSI DAN ESTIMASI UMUR SISA PADA REACTOR UREA U-DC-101 PADA PT.XYZ DENGAN MENGGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION (RBI)

PROPOSED INSPECTION INTERVAL AND ESTIMATED REMAINING LIFE AT UREA U-DC-101 REACTOR AT PT. XYZ USING RISK BASED INSPECTION (RBI) METHOD

Rifqi Rheza Prathama¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Aji Pamoso³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹rifqirp98@gmail.com, ²Franstatas@telkomuniversity.ac.id, ³Aji_9juli@yahoo.com

Abstrak

PT.XYZ adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri pupuk berskala nasional. Reactor urea merupakan tempat bereaksi bahan-bahan kimia sebelum menjadi pupuk urea yang siap didistribusikan kepada konsumen. Reactor memiliki desain yang beraneka ragam berdasarkan fungsinya. Pada sistem reactor, terdapat 11 subsistem sieve tray, mixing chamber, grounding cable, special valve, nozzle, inlet&outlet pipe, vessel support, manhole, lining, pressure gauge, leak detection system. Risk Based Inspection (RBI) adalah sebuah metode yang menggunakan risiko dari suatu alat untuk merencanakan inspeksi. Metode RBI yang digunakan adalah RBI semi kuantitatif yaitu yang menggabungkan antara metode RBI Kualitatif dan RBI Kuantitatif. Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui interval inspeksi, estimasi umur sisa, dan kebijakan perawatan yang sesuai untuk reactor. Dengan menggunakan Multi Attribute Value maka didapatkan pemodelan dari portofolio decision dan decision tree pada reactor urea yang berfungsi untuk mengambil keputusan yang optimal. Pada hasil penelitian ini dapat diketahui terdapat dua subsistem kritis yang masuk dalam kategori mid-high dan high yaitu lining dan special valve. Lining menjadi fokus dalam penelitian ini dikarenakan mempunyai data ketebalan yang berkurang setiap tahunnya akibat korosi dan umur sisa terendah lining reactor urea pada segment 1 yaitu 2,3 tahun dan berdasarkan portofolio decision opsi perbaikan jika lining mendekati umur sianya yaitu relining. Dengan dilakukannya perhitungan RBI semi-kuantitatif didapatkan tingkat risiko pada reactor yaitu medium dan usulan interval inspeksi pada reactor adalah 2 tahun.

Kata kunci: *Risk Based Inspection, Multi Attribute Value, Reactor Urea, Remaining Life, Decision Tree, Risk Matrix*

Abstract

PT.XYZ is a company engaged in the fertilizer industry on a national scale. The urea reactor is a place where chemicals react before they become urea fertilizer which is ready to be distributed to consumers. Reactor varies in design based on function. In the reactor system, there are 11 subsystem sieve trays, mixing chamber, grounding cable, special valve, nozzle, inlet & outlet pipe, vessel support, manhole, lining, pressure gauge, leak detection system. Risk Based Inspection (RBI) is a method that uses the risk of a tool to plan inspections. The RBI method used is semi-quantitative RBI, which combines the Qualitative RBI and Quantitative RBI methods. The purpose of this study is to determine the inspection interval, the estimated remaining life, and the appropriate maintenance policy for the reactor. By using the Multi Attribute Value, modeling of the decision and decision tree portfolios in the urea reactor is obtained which functions to make optimal decisions. From the results of this study, it can be seen that there are two critical subsystems that fall into the mid-high and high categories, namely lining and special valve. Lining is the focus of this research because it has thickness data that decreases every year due to corrosion and the lowest remaining life of the urea reactor lining in segment 1, namely 2.3 and based on the portfolio decision, the repair option if the lining is close to its lifespan is relining. By doing semi-quantitative RBI calculations, the level of risk in the reactor is obtained, namely the medium and the proposed inspection interval for the reactor is 2 year.

Keywords: *Risk Based Inspection, Multi Attribute Value, Reactor Urea, Remaining Life, Decision Tree, Risk Matrix*

1. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri pupuk berskala nasional. Pupuk urea menjadi salah satu pupuk permintaan tertinggi. Pupuk Urea diproduksi dari NH_3 dan CO_2 sebagai bahan baku dibawah kondisi tekanan dan temperatur yang tinggi. Proses *synthesis urea* adalah proses yang secara reaksi kimia keseluruhan menghasilkan panas (eksotermis). Proses ACES 21 didesain secara efisien dimana panas yang dihasilkan oleh reaksi *synthesis urea* dapat *direcover* ke tingkat yang *maximum*. *Synthesis Section* pada Proses ACES 21 terdiri dari 3 peralatan utama yaitu *Carbamate Condenser*, *Reactor* dan *Stripper*. Proses pembentukan urea diawali dengan menggunakan mesin *reactor* sebagai tempat bereaksi bahan-bahan pembentukan urea, *reactor* merupakan tempat dengan bertekanan tinggi dan didalamnya terdapat proses reaksi kimia. Pada proses reaksi bahan-bahan urea dapat menyebabkan korosi pada material *reactor* yang menyebabkan penipisan dinding dalam *reactor*. Berikut merupakan data ketebalan dari *lining plate reactor*:

Segement	2007	2008	2010	2012	2014	2016	2019
1	6,38	6,26	5,98	5,30	5,30	4,73	3,92
2	6,86	6,18	6,14	5,59	5,36	5,10	4,50
3	6,75	6,45	6,29	5,66	5,48	5,22	4,71
4	6,92	6,62	6,74	6,12	6,08	5,69	5,28
5	6,66	6,35	6,46	6,10	5,96	5,35	5,12

Lining reactor merupakan *plate* pelindung dinding *reactor* agar terhindar dari reaksi kimia secara langsung, dapat dilihat pada data diatas penipisan *lining* berkurangan setiap tahunnya diakibatkan oleh korosi yang diproses pada *reactor*. Maka dari itu *reactor* perlu dilakukanya inspeksi secara mendalam salah satunya yaitu dengan metode *risk based inspection*.

2. Landasan Teori

2.1 Manajemen Pemeliharaan

Manajemen pemeliharaan dapat didefinisikan suatu kegiatan yang ditujukan untuk menjamin peralatan atau mesin dalam kondisi baik sehingga dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan atau suatu golongan. Dengan adanya kegiatan pemeliharaan peralatan atau mesin dapat digunakan sesuai rencana dan terhindar dari selama jangka waktu tertentu[1]. Manajemen pemeliharaan juga merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum melakukan mengalami kerusakan untuk mencegah terjadinya kerusakan tidak terduga yang dapat mengganggu jalannya suatu produksi[2].

2.1 Remaining life

Remaining life adalah sisa umur dari suatu peralatan menuju ke akhir umur pakainya (*end of useful life*). Pada kasus ini laju kegagalan akan semakin besar jika mendekati *end of useful life* (EOF).

$$\text{REMAINING LIFE} = \frac{t_{\text{initial}} - t_d}{CR} \quad (\text{II},1)$$

Keterangan :

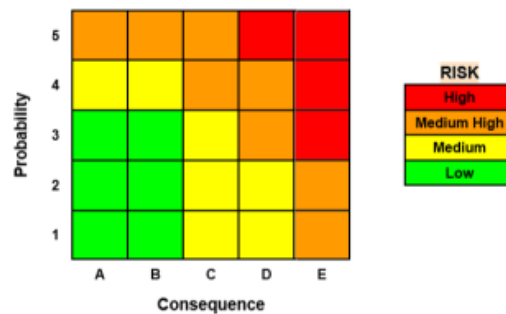
t_{initial} : Ketebalan pengukuran terakhir (mm)

t_d : *Design Shell Thickness* (mm)

CR : *Corrosion Rate* (mm/years)

2.2 Matriks Risiko

Matriks risiko adalah sebuah bagan yang digunakan untuk mengetahui tingkatan risiko dari peralatan tersebut



Dengan dilakukannya pendekatan terhadap matriks risiko sehingga dapat menentukan risiko yang teridentifikasi dan peluang kejadian serta dampak berdasarkan pendekatan dari matriks risiko [3]

2.3 Risk Based Inspection (RBI)

Inspeksi berbasis risiko ialah suatu kegiatan yang merancang dan mengoptimalkan suatu skema inspeksi kinerja suatu risiko, menggunakan data serta pengalaman historis dan pertimbangan teknis agar suatu peralatan atau mesin terhindar dari kerusakan yang dapat mengancam ataupun membuat kerugian suatu perusahaan. inspeksi berbasis risiko juga berfungsi sebagai proses penilaian risiko dan proses manajemen yang fokus kepada kegagalan suatu peralatan dikarenakan kerusakan material dalam suatu proses[4]

2.3.1 Consequence of Failure

Konsekuensi adalah hasil dari akibat yang ditimbulkan dari suatu kegagalan yang dinyatakan secara kualitatif dan kuantitatif menjadi sebuah kerugian atau keuntungan .

a. Damage factor

Berasal dari 6 faktor yang dikombinasikan untuk menentukan besarnya bahaya yang dapat ditimbulkan (Drozyner and Veith, 2002) yaitu:

1. *Chemical Factor* (CF), Faktor untuk mengukur kecenderungan bahan kimia yang mudah terbakar
2. *Quantity Factor* (QF), Faktor untuk mengukur jumlah material yang diperkirakan dapat terlepas dalam suatu kegagalan
3. *State Factor* (SF), Faktor yang mengukur seberapa mudah suatu material mengalami penguapan pada temperatur tertentu
4. *Pressure Factor* (PF), Faktor yang mengukur kecepatan tekanan pada material ketika terjadi kegagalan
5. *Credit Factor* (CF) , Faktor untuk memperhitungkan rekayasa keselamatan dalam mengurangi terjadinya kecelakaan kerja
6. *Damage Potential Factor* (DPF), Faktor untuk memperkirakan tingkat paparan pada peralatan yang berpotensi mudah terbakar

2.3.2 Probability of Failure

Kemungkinan kegagalan yang terjadi pada peralatan yang dapat dilakukan analisis saat berada dalam kondisi digunakan. Dalam API RBI, perhitungan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{MS} \quad (II,2)$$

Keterangan:

$P_f(t)$ = kemungkinan kegagalan

Gff = frekuensi kegagalan suatu komponen

Df (t) = Faktor kerusakan

Fms = faktor sistem manajemen

3. Pembahasan

3.1 Penentuan Subsistem Kritis

Penentuan subsistem kritis berdasarkan dampak apa saja yang dapat ditimbulkan dan besar dari pengaruhnya kepada operasional, keamanan dan lingkungan sekitar jika terjadi kerusakan dan seberapa besar tingkat kerusakan dari komponen.

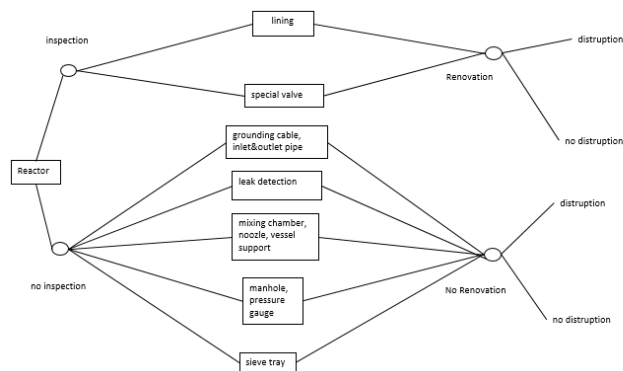
No	Subsystem	Consequences Assesment					Likelihood Assesment
		safety	environment	production	operational	average	
1	sieve tray	1	1	1	2	1.25	2
2	mixing chamber	1	1	3	3	2	1
3	grounding cable	5	3	1	2	2.75	2
4	special valve	3	3	2	2	2.5	3
5	nozzle	1	1	2	2	1.5	1
6	inlet&outlet pipe	1	3	5	2	2.75	2
7	vessel support	1	1	2	2	1.5	1
8	manhole	1	2	2	2	1.75	2
9	lining	5	3	3	5	4	1
10	pressure gauge	3	2	2	2	2.25	2
11	leak detection system	5	3	2	2	3	1

Likelihood	Consequence				
	Insignificant	minor	moderate	major	Catastrophic
Almost certain					
Likely					
Moderate			special valve		
Unlikely	sieve tray	manhole, pressure gauge	grounding cable, inlet&outlet pipe		
Rare		mixing chamber, nozzle, vessel support	leak detection system	lining	

Pada penentuan subsistem yang masuk kedalam kategori *low* yaitu *sieve tray*, *manhole*, *pressure gauge*, *mixing chamber*, *nozzle* dan *vessel support*. Untuk subsistem yang masuk dalam kategori *medium* yaitu *grounding cable*, *inlet&outlet pipe* dan *leak detection system*, sedangkan subsistem yang masuk dalam kategori *high* yaitu *lining* dan *special valve*.

3.1 Decision tree

Penentuan *decision tree* bertujuan untuk mengambil keputusan inspeksi berdasarkan kategori dari subsistem kritis[5]



Berdasarkan penentuan subsistem kritis dan pendekatan matriks risiko didapatkan 2 subsistem masuk dalam kategori *high* dan *extreme*, sedangkan 9 subsistem masuk dalam kategori *low* dan *medium*. Untuk prioritas inspeksi pada bagian subsistem yaitu *lining* dan *special valve*.

3.2.1 Penentuan Umur Pakai Lining Reactor:

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui sisa umur pakai dari bagian kritis pada *reactor*, dikarenakan yang mempunyai data ketebalan yang mendukung perhitungan sisa umur maka perhitungan ini berfokus kepada estimasi sisa umur dari *lining*.

1. Design Shell Thickness

Merujuk pada acuan *ASME Section VIII division 1* mengenai *vessel*. Ketebalan *minimum* dari reactor urea U-DC-101 yaitu sebagai berikut :

$$t = \frac{P \times R}{2SE + 0.4P} \quad (II,1)$$

t = minimum thickness

p = 155 Kg/cm

R = 1400 mm = 55 (inch)

S = 25091 (Psi)

E = 1

$$t = \frac{155 \times 55}{2 \times 25091 + 0.4 \times 155}$$

t = 3.55

2. Corrosion Rate

Laju korosi merupakan kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Pada *lining plate*, laju korosi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$CR = \frac{d - d_0}{T - T_0} \quad (III,2)$$

$$= \frac{6 - 2,34}{2019 - 2006} = 0.1601 \text{ mm/year}$$

segment	Corrossion Rate (mm/year)
1	0.160169231
2	0.115307692
3	0.099423077
4	0.055538462
5	0.068038462

3. Remaining life

Remaining Life merupakan waktu umur sisa dari sebuah *lining reactor* mencapai batas minimum ketebalannya. Pada *lining reactor urea*, *remaining life* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Remaining life} = \frac{do - td}{CR} \quad (III,3)$$

$$= \frac{3.82 - 3.55}{0.1601} = 2.3 \text{ tahun}$$

Segment	Remaining life
Segment 1	2.3
Segment 2	7.9
Segment 3	11.6
Segment 4	28.8
Segment 5	22.4

3.4 Portfolio Decision

Portfolio decision bertujuan untuk mengambil keputusan jika *lining* sudah mendekati dari sisa umurnya, yang mana dilakukan pemilihan opsi perbaikan yang terbaik berdasarkan opsi-opsi pemilihannya. Terdapat 3 opsi perbaikan yaitu ganti *unit*, *relining* dan *double lining*.

Parameter	opsi 1	opsi 2	opsi 3
	ganti unit	Relining	Double lining
material	Stainless Steel 25.22.2	Stainless Steel 25.22.3	Stainless Steel 25.22.4
kualitas perbaikan	Sesuai standar fabrikasi	Lining baru akan tersambung langsung dengan weep hole.	Lining baru tidak tersambung langsung dengan weep hole
		Orientasi segmen sesuai dengan existing	Orientasi segmen berubah
		Diperlukan skillful grinder untuk penggerindaan lining existing terhadap shell	Lasan baru tidak berada diatas pengelasan lama sehingga kualitas lasan lebih tahan korosi
kemudahan fabrikasi	Dilakukan oleh vendor diluar jadwal TA sehingga tidak mengganggu operasional pabrik	Perlu pembongkaran liner existing	Tidak perlu pembongkaran liner existing sehingga lebih cepat
Durasi Perbaikan & Pemasangan	Estimasi 18 hari , dibutuhkan sewa crane kapasitas 600 ton	Estimasi waktu 37 hari untuk 2 segmen	Estimasi waktu 37 hari untuk 2 segmen
biaya material	±60 Milyar	3,5 M / 2 segmen	3,5 M / 2 segmen
Delivery Time	± 18 bulan	6 bulan	6 bulan
Loss Production (asumsi produksi 1725 ton/hari)	43.125 ton	63.825 ton	63.825 ton

Opsi pemilihan terbaik berdasarkan kelebihan dan kekurangan setiap parameternya yaitu *relining*.

3.4 Perhitungan RBI kualitatif

1. Consequences Score

Berikut hasil dari *consequence score* yang sudah didapatkan dan selanjutnya akan menentukan *consequences category*.

damage factor	score
chemical factor	7
quantity factor	34
state factor	-3
pressure factor	-10
credit factor	-4
autoignition factor	13
total score	28

total score damage factor	consequence category
38	C

3.3 Perhitungan RBI Kuantitatif

1. Probability of failure

Untuk mencari *probability of failure* dibutuhkan nilai gff , $Df(t)$, dan Fms yang akan di masukan kedalam perhitungan sebagai berikut.

$$Pf(t) = gff \cdot Df(t) \cdot Fms \quad (III,4)$$

$$= 0,0000306 \times 800 \times 9.5499258602 = 0,2337$$

Kategori	Range
1	$Pf(t) \leq 0,1$
2	$0,1 < Pf(t) \leq 0,2$
3	$0,2 < Pf(t) \leq 0,3$
4	$0,3 < Pf(t) \leq 0,5$
5	$0,5 < Pf(t) \leq 1,0$

2. Kategori Risk Matrix

Matriks risiko adalah mekanisme yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko dengan proses identifikasi yang berbeda-beda [6], dengan melakukan perhitungan RBI kualitatif dan kuantitatif maka didapatkan kategori risiko sebagai berikut:

likelihood	5					
	4					High
	3				Med-High	
	2			(√)		
	1	Low			Medium	
consequence		A	B	C	D	E

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan RBI kualitatif dan kuantitatif dan yang dimasukan ke dalam tabel *risk matrix* dan didapatkan kategori II yaitu *minor active damage* dengan uji ulang dalam 2 tahun. Dimana usulan interval inspeksinya 2 tahun.

4 . Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini didapatkan subsistem yang masuk dalam kategori *high* yaitu *lining* dan *special valve*. Diketahui estimasi umur sisa terendah dari *lining plate* berada pada *segment 1* yaitu mempunyai ketebalan 3,92 mm dan jika *lining* sudah menyentuh ketebalan minimumnya yaitu 3,55 mm maka perbaikan yang diusulkan yaitu *relining*. Estimasi sisa umur pada *shell reactor* berbeda-beda dengan nilai terendah yaitu 2,3 tahun dan usulan jadwal interval inspeksi pada *reactor* yaitu 2 tahun dilakukannya uji ulang. Berdasarkan *decision tree analysis* yang masuk kedalam kategori yang hasil diinspeksi yaitu *lining* dikarenakan *lining* mengalami penipisan pada lapisan dindingnya dan dilakukan nya *relining* sebagai opsi perbaikan selanjutnya.

Referensi

- [1] Ihsan Mahdi W, Endang Budiasih, & Judi Alhilman, "Crew Total in the Caulking Machine Production Line 6Th Using," vol. 5, no. 1, pp. 1191–1200, 2018.
- [2] W. H. Afiva, F. T. D. Atmaji, and J. Alhilman, "Usulan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan FMECA," *J. Ilm. Tek. Ind.*, 2019.
- [3] M. Al Qathafi and S. Sulistijono, "Studi aplikasi metode Risk Based Inspection (RBI) semi-kuantitatif API 581 pada production separator," *J. Tek. ITS*, 2015.
- [4] API-581, "API RP 581: Risk-based inspection technology," *API Recomm. Pract. 581*, 2008.
- [5] A. Mancuso, M. Compare, A. Salo, E. Zio, and T. Laakso, "Risk-based optimization of pipe inspections in large underground networks with imprecise information," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 2016.
- [6] A. S. Markowski and M. S. Mannan, "Fuzzy risk matrix," *J. Hazard. Mater.*, 2008.