

USULAN OPTIMASI JADWAL INSPEKSI, REMAINING LIFE, DAN MULTI VALUE ATTRIBUTE ANALYSIS PADA STORAGE TANK DI PT. XYZ MENGGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION (RBI)

PROPOSED OPTIMIZATION OF INSPECTION SCHEDULE, REMAINING LIFE, AND MULTI VALUE ATTRIBUTE ANALYSIS ON STORAGE TANK AT PT. XYZ USING RISK BASED INSPECTION (RBI) METHOD

Ida Bagus Wasudewa¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Aji Pamoso³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
ldabgsadi@gmail.com, franstatas@telkomuniversity.ac.id, aji_9juli@yahoo.com

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang energi meliputi energi dan petrokimia baik di dalam maupun di luar negeri. *Vertical Storage Tank* adalah tempat untuk menyimpan produk minyak sebelum produk tersebut didistribusikan kepada konsumen. *Vertical Storage Tank* untuk Bahan Bakar Minyak Penerbangan (BBMP) berbeda dengan *Storage Tank* untuk BBM pada umumnya. Perbedaanannya terletak pada fasilitas dan peralatan khusus yang digunakan untuk menjamin mutu serta pengendalian mutunya. Pada *Storage Tank* Avtur dan Avgas harus dilengkapi dengan *Floating Suction*, lapisan *Epicot*, dan jalur *Draining*. Pada sistem tangki timbun, terdapat 12 subsistem yaitu : *Vent (Free Vent & Pressure Vacuum Valve)*, *Manhole*, *Gauge Hatch*, *Floating Suction*, *Grounding Cable*, *Water Spray Piping*, *Dip Plate*, *Inlate & Outlet Pipe*, *Low Point Sum*, *Splash Plate*, *Level Indicator*, dan *Foam Piping*. *Risk Based Inspection (RBI)* merupakan sebuah metode yang menggunakan resiko yang dapat ditimbulkan sebagai dasar untuk melakukan inspeksi. Metode RBI yang digunakan adalah RBI Semi Kuantitatif yaitu metode RBI yang menggabungkan antara RBI kuantitatif dan RBI Kualitatif dengan menggunakan standar API 581. Dalam pendekatan persentase kerusakan dapat menggunakan analisis *Multi Attribute Value*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi umur sisa, usulan interval inspeksi, estimasi biaya inpeksi usulan, dan pemodelan *decision tree* pada sistem tangki timbun. Dari hasil penelitian ini, dapat diketahui estimasi umur sisa pada tangki adalah 46 tahun. Usulan jadwal interval inspeksi adalah 4 tahun. Biaya usulan jadwal interval inspeksi adalah Rp 491.686.272. Berdasarkan perhitungan *decision tree analysis* dengan menggunakan pemodelan Naive Bayes, didapatkan hasil kemungkinan kegagalan/kerusakan terjadi pada kode kerusakan KK05 dengan jumlah 57,69 %.

Kata kunci: *Risk Based Inspection, Multi Attribute Value, Atmospheric Storage tank, Remaining Life, Decision Tree, Naive Bayes, Risk Matrix*

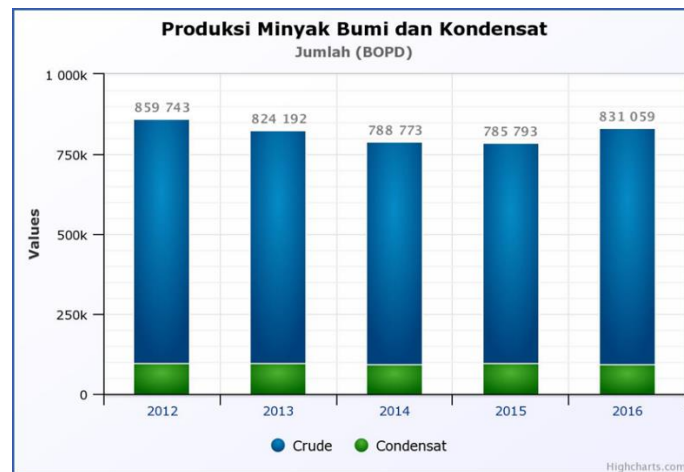
Abstrack

PT. XYZ is a company engaged in energy that uses energy and petrochemicals both at home and abroad. Vertical Storage Tank is a place to store products before the product is sent to consumers. Vertical Storage Tanks for Aviation Oil Fuel are different from Storage Tanks for oil fuel in general. The difference lies in the special facilities and equipment used to meet the requirements and control their quality. The Avtur and Avgas Storage Tanks must be equipped with Floating Suction, Epicot layers, and Draining lines. In the tank storage system, there are 12 subsystems, namely: Vent (Free Vent & Pressure Vacuum Valve), Manhole, Hatch Gauge, Floating Suction, Grounding Cable, Water Spray Pipe, Dye Plate, Inlate Pipe & Outlet, Low Point, Splash Plate, Level Indicators, and Foam Pipes. Risk Based Inspection (RBI) is a method that uses risks that can be caused as a basis for conducting inspections. The RBI method used is Semi Quantitative RBI, namely the RBI method between Quantitative RBI and Qualitative RBI using the API 581 standard. In the approach to percentage damage can use Multi Attribute Value Analysis. The purpose of this study was to determine the estimated age of acceptance, inspection of inspection intervals, estimated cost of inspection, and decision tree modeling on the tank storage system. From the results of this study, it can be seen that the estimated age remaining in the tank is 46 years. The proposed audit interval schedule is 4 years. The evaluation cost for the Evaluation interval schedule is Rp 491.686.272. Based on the calculation of decision tree analysis using Naive Bayes modeling, the results of the failure / damage that occurred in the KK05 damage code were obtained with the amount of 57.69%.

Keywords: *Risk Based Inspection, Multi Attribute Value, Atmospheric Storage tank, Remaining Life, Decision Tree, Naive Bayes, Risk Matrix*

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang menghasilkan minyak bumi di dunia. Minyak bumi adalah material berbentuk cair yang tertimbun jutaan tahun dan memiliki sifat mudah terbakar. Material Minyak Bumi dapat diolah menjadi suatu energi bahan bakar, salah satu nya adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). Pada sektor MIGAS (minyak dan gas), Indonesia memiliki kontribusi yang signifikan untuk mengangkat pendapatan ekonomi negara melalui ekspor dunia dan devisa negara melalui kontribusi pada Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP). Tetapi, hasil produksi minyak bumi di Indonesia cukup *unstable* dan cenderung lebih banyak mengalami penurunan setiap tahun nya.



Gambar 1-1 Grafik Produksi Minyak Bumi dan Kondensat

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang energi meliputi energi petrokimia baik di dalam maupun di luar negeri. PT. XYZ memiliki jaringan layanan bisnis bahan bakar penerbangan atau lini bisnis Aviasi. Depot Pengisian Pesawat Udara (DPPU) Aviation Husein Sastranegara – Bandung adalah salah satu unit operasi dari PT.XYZ yang berada di bawah bisnis aviasi area Marketing Operation Region (MOR) III. *Storage Tank* adalah tangki yang menimbun atau menyimpan Avtur yang akan disalurkan ke pesawat. Kapasitas untuk satu tangki timbun ini lumayan besar yakni 500 kiloliter untuk tangki vertikal dan 100 kiloliter untuk tangki horizontal.

Tabel 1-1 Data Storage Tank

No Tangki	Jenis Tangki	Produk	Kapasitas Tangki	Tahun Dibuat	Periode Inspeksi
06	Vertikal Kap Jet A-1	Avtur	500 KL	2013	Yearly
01	Horizontal Kap Jet A-1	Avtur	100 KL	1995	Yearly
02	Horizontal Kap Jet A-1	Avtur	100 KL	1995	Yearly
03	Horizontal Kap Jet A-1	Avtur	100 KL	1995	Yearly
04	Horizontal Kap Jet A-1	Avtur	100 KL	1995	Yearly

Alat yang digunakan tanpa henti setiap harinya membuat alat rentan akan terjadinya kerusakan sehingga dapat menimbulkan gangguan pada proses kerja di PT. XYZ. Perawatan adalah aktivitas perbaikan suatu komponen dalam kondisi dan situasi tertentu [1]. Diketahui bahwa *Maintenance Division* PT. XYZ menerapkan kegiatan *Preventive Maintenance* namun tetap saja sewaktu-waktu dapat terjadi kerusakan pada komponen-komponen alat. Pengecekan tangki timbun dilakukan setiap 1 tahunan. Hal ini dilakukan karena belum diketahui jadwal inspeksi yang tepat pada sistem *Storage Tank*. Untuk mencegah terjadinya *Corrective Maintenance* perlu adanya analisis lebih lanjut mengenai laju korosi dan *Remaining Life* tangki yang lebih tepat, sehingga tidak mengakibatkan *Loss Profit* dan dapat diestimasi interval kegiatan inspeksi yang lebih terarah berdasarkan risiko yang dapat ditimbulkan. Selain itu, perlu diketahui juga jumlah biaya yang ditanggung oleh perusahaan jika terjadi kerusakan atau kegagalan pada tangki timbun agar dapat dijadikan sebagai acuan dalam membuat rencana *maintenance* kedepannya. Maka dalam menanggulangi hal tersebut dapat menggunakan metode *Risk Based Inspection* (RBI)

2. Landasan Teori

2.1 Manajemen Perawatan

Perawatan adalah kegiatan mempertahankan fungsi suatu komponen agar tetap normal [2]. Tujuan dari kegiatan perawatan adalah agar dapat mempertahankan masa pakai sebuah alat/komponen dan dapat menjamin keamanan bagi pengguna alat tersebut [3].

2.2 Risk Based Inspection (RBI)

Risk Based Inspection adalah Proses pengkajian resiko dan proses manajemen yang fokus kepada kerusakan material pada fasilitas pemrosesan dan dikelola dengan melakukan pemeriksaan peralatan [4]. Dengan kata lain, RBI digunakan untuk menentukan penjadwalan inspeksi berdasarkan resiko kegagalannya. Dengan digunakannya metode RBI maka peralatan yang memiliki resiko tinggi bisa dilakukan penanganan khusus sedangkan peralatan dengan resiko yang lebih rendah dapat dilakukan penanganan sesuai dengan keperluan sehingga terhindar dari inspeksi yang berlebihan.

2.2.1 Kualitatif dan Kuantitatif RBI

Metode kualitatif merupakan metode pendekatan yang digunakan untuk menganalisis kategori secara umum agar dapat mengetahui kemungkinan kegagalan serta konsekuensi yang dapat terjadi [5]. Pendekatan ini dilakukan untuk menentukan *Consequence* dan *Likelihood*. Hasil tersebut kemudian dikombinasikan sehingga menghasilkan tingkat resiko yang ada pada *Risk Matrix*. Metode Kuantitatif merupakan metode yang menganalisis data kerusakan mesin berdasarkan dengan perhitungan data yang sudah kompleks [6].

2.2.1.1 Consequence & Likelihood (Kualitatif)

Consequence dan *Likelihood* adalah hasil dari akibat yang ditimbulkan dari suatu kegagalan yang dinyatakan secara kualitatif menjadi sebuah kerugian atau keuntungan [4].

2.2.1.2 Consequence & Probability of Failure (Kuantitatif)

Kegagalan tekanan terjadi pada peralatan yang mengandung dan dapat melepaskan material bahan berbahaya yang dapat menimbulkan efek yang tidak diinginkan pada proses selanjutnya [7]. Efek-efek tersebut menjadi 4 kategori resiko dasar yaitu: *Flammable Event*, *Toxic Release*, *Environmental Risks*, dan *Business Interruption*. Probabilitas kegagalan adalah kemungkinan-kemungkinan terjadinya kegagalan pada peralatan yang akan dilakukan analisis saat berada dalam kondisi digunakan atau sedang bekerja [4]

$$Pf(t) = gff \cdot Df(t) \cdot Fms \quad (1.1)$$

2.3 Risk Matrix

Tujuan utama dari sebuah metode RBI adalah *Risk Matrix* (Matriks Risiko) yang menempatkan komponen pada tingkat resiko kegagalan tertentu. *Risk Matrix* adalah mekanisme yang digunakan untuk melakukan penilaian resiko dengan proses identifikasi yang berbeda-beda [8].

Likelihood	Consequences				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
A (almost certain)	H	H	E	E	E
B (likely)	M	H	H	E	E
C (moderate)	L	M	H	E	E
D (unlikely)	L	L	M	H	E
E (rare)	L	L	M	H	H

E: extreme risk; immediate action required
H: high risk; senior management attention needed
M: moderate risk; management responsibility must be specified
L: low risk; manage by routine procedures

Gambar 2-1 Risk Matrix

2.4 Program Inspeksi

2.4.1 Penentuan Design Shell Thickness

Design Shell Thickness adalah batas ketebalan minimum dari suatu tangki untuk keamanan proses operasi. Ukuran ketebalan tangki minimum dipengaruhi oleh tekanan pada proses operasi, kekuatan material dan diameter luar tangki.

$$Td = \frac{4.9D(H-0.3)G}{Sd} + CA \quad (2.1)$$

2.4.2 Penentuan Corrosion Rate

Laju penipisan dari sebuah tangki dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan ketebalan awal – ketebalan akhir / tahun inspeksi awal – tahun inspeksi akhir.

$$CR = \frac{d-do}{To-T} \quad (2.2)$$

2.4.3 Penentuan Remaining Life

Remaining Life adalah waktu sisa dari sebuah tangki mencapai batas minimum ketebalannya. Didapatkan dari hasil ketebalan akhir – *Design shell thickness* / *Corrosion Rate*.

$$Remaining\ Life = \frac{do-td}{CR} \quad (2.3)$$

2.4.4 Interval Inspeksi

Untuk interval inspeksi, penentuan usulan jadwal inspeksi dapat diketahui berdasarkan matriks yang didapat dari analisis *Risk Matrix Category*.

5	III	III	IV	IV	IV
4	II	III	III	IV	IV
3	II	II	III	III	III
2	I	I	II	II	n/a
1	I	I	II	n/a	n/a
	A	B	C	D	E

Keterangan:

- I. Tidak ada kerusakan aktif, uji ulang dalam 4/5 tahun.
- II. Kerusakan aktif ringan, uji ulang dalam 2 tahun.
- III. Uji ulang kerusakan aktif dalam max.1 tahun.
- IV. Kerusakan sangat aktif. Uji ulang dalam 0,5 tahun.
- n/a Seharusnya tidak terjadi jika batas standar digunakan

Gambar 2-2 Interval Inspeksi

2.5 Multi Attribute Value (MAV)

Multi Attribute Value (MAV) merupakan metodologi sistematis untuk mengevaluasi alternatif keputusan berkaitan dengan berbagai tujuan (Mancuso et al., 2016) [9]. Dalam MAV, tujuan-tujuan ini dioperasionalkan dengan mendefinisikan atribut terkait yang memiliki skala kinerja untuk mengukur kinerja alternatif.

2.5.1 Decision Tree Analysis

Decision tree adalah suatu konsep yang mengubah data menjadi pohon keputusan (*decision tree*) dan aturan-aturan keputusan (*rule*) [9]

2.5.2 Pemodelan Naive Bayes

Metode Naive Bayes merupakan pengklasifikasian dengan metode probabilitas dan statistik yang memprediksi peluang di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya sehingga dikenal sebagai Teorema Bayes. Naive Bayes untuk setiap kelas keputusan, menghitung probabilitas dengan syarat bahwa kelas keputusan adalah benar [10].

$$P(C_i / X) = \frac{P(X / C_i) \cdot P(C_i)}{P(X)} \tag{2.4}$$

Bila P(X) dapat diketahui melalui perhitungan diatas, maka kelas dari data sampel X adalah kelas (label) yang memiliki P (X |Ci) x P(Ci) maksimum.

$$Posterior = \frac{likelihood \times prior \ probability}{evidence} \times 100\% \tag{2.5}$$

2.5.3 Portfolio Decision Analysis

Tujuan dari optimalisasi portofolio adalah melakukan analisis biaya manfaat dari item jaringan yang paling penting dengan tujuan mengidentifikasi subkumpulan barang-barang yang pemeriksaannya diharapkan memberikan manfaat tertinggi dalam hal mengurangi biaya gangguan [9].

3. Pembahasan

3.1 Penentuan Risk Matrix Subsystem

Penentuan subsystem kritis pada *Storage Tank* 06 dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Risk Matrix*. Hasil dari penentuan *Risk Matrix* dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3-1 Hasil *Risk Matrix*

Likelihood	Consequence				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Rare	Splash Plate, Level Indicator		Grounding Cable, Water Spray Piping, Manhole, Low Point Sump		Storage Tank
Unlikely		Dip Plate, Foam Piping			
Possible			Vent, Gauge Hatch	Inlet&Outlet Pipe	
Likely			Floating Suction		
Almost Certain					

Berdasarkan tabel diatas, subsistem kritis yang dipilih adalah yang masuk ke dalam kategori *extreme* dan *high* yaitu *Storage Tank, Vent, Floating Suction, Gauge Hatch, dan Inlet & Outlet Pipe*.

3.2 Perhitungan RBI

3.2.1 Perhitungan Umur Pakai *Storage Tank*

1. Penentuan *design shell thickness*

Ketebalan minimum atau *design shell thickness* pada *course ring* 1 dihitung dengan rumus berikut:

$$td = \frac{4.9D(H-0.3)G}{Sd} + CA = \frac{4.9 \times 9,697 \cdot (7,330-0.3) \cdot 0,739}{137} + 0 = 1,801 \text{ mm}$$

Tabel 3-2 *Design Shell Thickness*

Course	<i>Design Shell Thickness (td)</i> (mm)
1	1,801
2	1,514
3	1,227
4	0,94

2. Penentuan *Corrosion Rate*

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Pada *course ring* 1, laju korosi dihitung dengan persamaan berikut:

$$CR = \frac{d-do}{T-To} = \frac{10,50-9,80}{2017-2013} = 0,175 \text{ mm/years}$$

Tabel 3-3 *Corotion Rate*

Course	<i>Corroition Rate (mm/years)</i>
1	0,175
2	0,107
3	0,125
4	0,105

3. Penentuan *Remaining Life*

$$\text{Remaining Life} = \frac{do-td}{CR} = \frac{9,80-1,801}{0,175} = 46 \text{ years}$$

Tabel 3-4 *Remaining Life*

Course	<i>Remaining life (years)</i>
1	46
2	61
3	54
4	48

3.2.2 Perhitungan RBI Kualitatif

1. Perhitungan *Consequence Score*

Dari hasil *consequence score* dapat ditentukan *consequence category*.

Tabel 3-5 *Consequence*

<i>Consequence Factor</i>	<i>Score</i>
<i>Chemical Factor (CF)</i>	10
<i>Quantity Factor (QF)</i>	34
<i>State Factor (SF)</i>	-3
<i>Pressure Factor (PRF)</i>	-10
<i>Credit Factor (CF)</i>	-10
<i>Autoignition Factor (AF)</i>	13
<i>Total Score</i>	34
<i>Conseuqense Category</i>	B

2. Perhitungan *Likelihood Score*
 Dari hasil *likelihood score* dapat ditentukan *likelihood category*.

Tabel 3-6 *Likelihood*

<i>Likelihood Factor</i>	<i>Score</i>
<i>Equipment Factor (EF)</i>	0
<i>Damage Factor (DF)</i>	6
<i>Process Factor (PF)</i>	3
<i>Mechanical Design Factor (MDF)</i>	2
<i>Inspection Factor (IF)</i>	-5
<i>Current Condition Factor (CCF)</i>	6
<i>Total Score</i>	12
<i>Likelihood Category</i>	1

3.2.3 Perhitungan RBI Kuantitatif

1. Penentuan *Probability of Failure*
 Nilai *probability of failure* adalah sebagai berikut:

$$Pf(t) = gff \cdot Df(t) \cdot Fms = 0,0001 \times 1 \times 9.5499 = 0,00095499$$
 Berdasarkan hasil di atas dapat diketahui bahwa kategori probabilitas kegagalan adalah 1
2. Penentuan kategori *Risk Matrix* Tangki

Tabel 3-7 Kategori *Risk Matrix*

Probability	5					
	4					High
	3				Med - High	
	2			Medium		
	1	Low	(X)			
Consequence	A	B	C	D	E	

Dari hasil tabel *risk matrix* diatas, didapatkan bahwa tangki masuk kedalam kategori *low* (rendah).

3. Penentuan Usulan Interval Jadwal Inspeksi
 Karena nilai *consequence* yang didapatkan berdasarkan metode RBI Kualitatif adalah 34 dimana hal tersebut mendekati batas minimum *consequence* kategori C, maka interval inspeksi diambil yang lebih kecil yakni 4 tahun.

3.3 Perhitungan *Multi Attribute Value (MAV)*

3.3.1 Pendekatan *Decision Tree*

Decision Tree adalah model prediksi menggunakan struktur pohon atau struktur berhirarki. Konsep dari pohon keputusan adalah mengubah data menjadi *decision tree* dan aturan-aturan keputusan. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah pemodelan Naïve Bayes. Pemodelan Naïve Bayes merupakan pengklasifikasian dengan metode probabilitas dan statistik.

3.3.2 Pemodelan Naïve Bayes

Pemodelan Naïve Bayes pada penelitian ini memiliki 6 tahapan sebagai berikut:

1. Data Gejala dan Data Kerusakan

Kode Gejala	Nama Gejala
KG01	Bagian pelindung terkelupas/robek
KG02	Manhole tidak berfungsi dengan baik
KG03	Tidak dapat mengukur ketinggian dan volume tangki dengan baik
KG04	Tidak terjadi sirkulasi udara ketika pengisian dan pengosongan tangki
KG05	Pelampung tidak mengambang dengan baik pada permukaan avtur
KG06	Tangki terlalu panas ketika suhu extreme
KG07	Standar pengukuran ketinggian minyak yang berada dalam tangki tidak dapat mengukur dengan tepat
KG08	Terjadi rembesan/kebocoran pada saat distribusi tangki menuju refueler
KG09	Avtur di dasar tangki mengandung air dan kotoran
KG10	Air tidak merata mengenai dinding tangki saat terjadi kebakaran
KG11	Indikator ketinggian level minyak di dalam tangki tidak tepat
KG12	Cairan foam tidak mengalir dengan lancar
KG13	Konsleting arus listrik
KG14	Terjadi korosi pada tangki
KG15	Masih mengandung kotoran pada avtur

Kode Kerusakan	Nama Kerusakan
KK01	Grounding Cable putus
KK02	Manhole rusak
KK03	Gauge Hatch tidak berfungsi
KK04	Vent rusak
KK05	Floating Suction tidak berfungsi
KK06	Water Spray Piping tidak berfungsi
KK07	Dip Plate tidak berfungsi
KK08	Inlate & Outlet Pipe bocor/pecah
KK09	Low Point Sump tidak berfungsi
KK10	Splash Plate tidak berfungsi
KK11	Level Indicator tidak berfungsi
KK12	Foam Piping bocor

Tabel 3-8 Data Gejala dan Data Kerusakan

2. Data Training

Tabel 3-9 Data Training

Kode Gejala															Kode Kerusakan
KG1	KG2	KG3	KG4	KG5	KG6	KG7	KG8	KG9	KG10	KG11	KG12	KG13	KG14	KG15	
√				√											KK01
√															KK01
√												√			KK01
	√														KK02
		√													KK03
		√								√					KK03
			√	√											KK04
			√	√		√									KK04
			√	√			√							√	KK04
			√	√											KK04
			√	√											KK05
√			√	√			√								KK05
			√	√											KK05
			√	√											KK05
					√										KK06
						√									KK07
			√	√			√								KK08
√			√	√			√								KK08
			√	√			√						√		KK08
			√	√			√							√	KK08
			√	√			√						√		KK08
			√	√			√		√						KK09
									√						KK10
										√					KK11
											√				KK12

3. Data Klasifikasi

Tabel 3-10 Data Klasifikasi

Gejala			Klasifikasi
KG04	KG05	KG08	
Ya	Ya	Tidak	KK04
Ya	Tidak	Tidak	KK04
Ya	Tidak	Ya	KK04
Ya	Tidak	Tidak	KK04
Ya	Ya	Tidak	KK05
Tidak	Ya	Ya	KK05
Ya	Ya	Tidak	KK05
Ya	Ya	Tidak	KK05
Ya	Ya	Ya	KK08
Ya	Tidak	Ya	KK08
Ya	Tidak	Ya	KK08
Ya	Ya	Ya	KK08
Ya	Ya	Ya	KK08

4. Menghitung Klasifikasi tiap kerusakan

a. Klasifikasi dari KK04 :

- KK04: Ya pada KG04 untuk KK04 = 4/4 = 1
- KK04: Tidak pada KG04 untuk KK04 = 0/4 = 0
- KK04: Ya pada KG05 untuk KK04 = 1/4 = 0,25
- KK04: Tidak pada KG05 untuk KK04 = 3/4 = 0,75
- KK04: Ya pada KG08 untuk KK04 = 1/4 = 0,25
- KK04: Tidak pada KG08 untuk KK04 = 3/4 = 0,75

b. Klasifikasi dari KK05 :

- KK05: Ya pada KG04 untuk KK05 = 3/4 = 0,75
- KK05: Tidak pada KG04 untuk KK05 = 1/4 = 0,25
- KK05: Ya pada KG05 untuk KK05 = 4/4 = 1
- KK05: Tidak pada KG05 untuk KK05 = 0/4 = 0
- KK05: Ya pada KG08 untuk KK05 = 1/4 = 0,25
- KK05: Tidak pada KG08 untuk KK05 = 3/4 = 0,75

c. Klasifikasi dari KK08 :

- KK08: Ya pada KG04 untuk KK08 = 5/5 = 1
- KK08: Tidak pada KG04 untuk KK08 = 0/5 = 0
- KK08: Ya pada KG05 untuk KK08 = 3/5 = 0,6
- KK08: Tidak pada KG05 untuk KK08 = 2/5 = 0,4
- KK08: Ya pada KG08 untuk KK08 = 5/5 = 1
- KK08: Tidak pada KG08 untuk KK08 = 0

Gambar 3-1 Klasifikasi

5. Menghitung Likelihood

$$P(Ci / X) = \frac{P(X / Ci) \cdot P(Ci)}{P(X)}$$

$$KK04 = 1 \times 0,25 \times 0,25 \times 4 / 13 = 0,0192307$$

$$KK05 = 0,75 \times 1 \times 0,25 \times 4 / 13 = 0,0576923$$

$$KK08 = 1 \times 0,6 \times 1 \times 5 / 13 = 0,0230770$$

6. Menghitung Probability

$$Posterior = \frac{\text{likelihood} \times \text{prior probability}}{\text{evidence}}$$

$$1. KK04 = \frac{0,0192307}{(0,0192307+0,0769230+0,00230770)} = \frac{0,0192307}{0,1} = 0,192307 \times 100\% = 19,23\%$$

$$2. KK05 = \frac{0,0576923}{(0,0192307+0,0769230+0,00230770)} = \frac{0,0576923}{0,1} = 0,576923 \times 100\% = 57,69\%$$

$$3. KK08 = \frac{0,0230770}{(0,0192307+0,0769230+0,00230770)} = \frac{0,0230770}{0,1} = 0,230770 \times 100\% = 23,8\%$$

Gambar 3-2 Probability

3.4 Perbandingan Biaya Usulan Interval Inspeksi

Tabel 3-11 Selisih Biaya Interval Inspeksi

	Biaya Eksisting	Biaya Usulan
Total	Rp1.956.671.288	Rp491.686.272
Selisih	Rp1.464.985.016	

Jumlah tahun yang dihitung dari tahun 2019 sampai 2065 adalah 46 tahun sesuai dengan hasil dari estimasi umur sisa dari tangki timbun. Terdapat perbedaan pada tabel jadwal eksisting dengan tabel jadwal usulan dimana pada jadwal eksisting, inspeksi dilakukan setiap tahun sedangkan pada jadwal inspeksi usulan, inspeksi dilakukan setiap 4 tahun sekali sesuai dengan hasil interval inspeksi.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat diketahui estimasi umur sisa pada tangki adalah 46 tahun. Usulan jadwal interval inspeksi adalah 4 tahun. Biaya usulan jadwal interval inspeksi adalah Rp 491.686.272. Berdasarkan perhitungan decision tree analysis dengan menggunakan pemodelan Naive Bayes, didapatkan hasil kemungkinan kegagalan/kerusakan terjadi pada kode kerusakan KK05 dengan jumlah 57,69 %.

Daftar Pustaka

- [1] J. Alhilman, R. R. Sedudin, and F. D. Atmaji, "Application for Estimating Total Maintenance Crew and Optimal Age of BTS Component," *I. C. (ICoICT)*, Ed, vol. 3rd, pp. 543–547, 2015.
- [2] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di Pt Ksm, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, 2015.
- [3] A. P. Wibowo, F. T. D. Atmaji, and E. Budiasih, "MAINTENANCE POLICY of JET DYEING MACHINE USING LIFE CYCLE COST (LCC) AND OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) IN PT.XYZ," 2019.
- [4] American Petroleum Institute, "Risk-Based Inspection Technology, API RP 581, 2nd Ed.," *API Recomm. Pract. 581*, no. September, p. 654, 2008.
- [5] F. T. Dwi Atmaji, A. A. Noviyanti, and W. Juliani, "Implementation of Maintenance Scenario for Critical Subsystem In Aircraft Engine: Case Study NTP CT7 Engine," *Int. J. Innov. Enterp. Syst.*, 2017.
- [6] M. Al Qathafi and Sulistijono, "Studi Aplikasi Metode Risk Based Inspection (RBI) Semi-Kuantitatif API 581 pada Production Separator," vol. 4, no. 1, 2015.
- [7] I. Maharani, F. T. D. Atmaji, and N. Nopendri, "PROPOSAL OF MAINTENANCE POLICY ON BARMAG FK6800 MACHINE IN FT3 PT XYZ USING RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE AND RISK-BASED MAINTENANCE METHOD," 2019.
- [8] A. S. Markowski and M. S. Mannan, "Fuzzy risk matrix," *J. Hazard. Mater.*, vol. 159, no. 1, pp. 152–157, 2008.
- [9] 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.*, vol. 152, pp. 228–238, 2016.
- [10] W. S. P, "Sistem Untuk Deteksi Kerusakan Mesin Diesel," *TIKOMSin*, pp. 7–13.