

DAFTAR ISI

ANALISIS POTENSI KECELAKAAN AKIBAT KERJA MENGGUNAKAN <i>JOB SAFETY ANALYSIS (JSA)</i> DENGAN PENDEKATAN <i>HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL (HIRARC)</i> <i>Agus Setiyoso, Titin Isna Oesma, Muhammad Yusuf</i>	1-7
PENGURANGAN WASTE DENGAN PENDEKATAN <i>LEAN THINKING</i> DAN METODE <i>SIX SIGMA</i> UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PRODUK BUKU DI PT MULIA BARU YOGYAKARTA <i>Ciinde Lulut Nugroho, Winarni, Cyrilla Indri Parwati</i>	8-16
ANALISIS PERSEDIAAN BAHAN BAKU PADA INDUSTRI KERIPIK BELUT SUMBER REJEKI <i>Eka Nur Prastya, P. Wisnubroto, Risma Adelina</i>	17-24
USULAN PENERAPAN METODE <i>ACCEPTANCE SAMPLING MIL-STD 105E</i> DAN PENENTUAN PROSES <i>CAPABILITY</i> UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS BAHAN BAKU KERUPUK IKAN TENGIRI <i>Fajar Isnanto, Endang Widuri Asih, Joko Susetyo</i>	25-32
ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN GERAI TELKOMSEL DAN INDOSAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>SERVICE QUALITY</i> DAN <i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT</i> <i>Nanengtri Nurdiansya, Muhammad Yusuf, Winarni</i>	33-42
ANALISIS POSTUR KERJA MENGGUNAKAN METODE <i>RAPID ENTYRE BODY ASSESSMENT (REBA)</i> <i>OVAKO WORKING ANALYSIS SYSTEM (OWAS)</i> DAN <i>JOB STRAIN INDEX (JSI)</i> PADA PEKERJA PABRIK KERUPUK RESTU DI PURWOREJO <i>Muhamad Rifqi, Risma Adelina Simanjuntak, Rahayu Khasanah</i>	43-50
USULAN PERAWATAN <i>BUOY TSUNAMI</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>RISK BASED MAINTENANCE (RBM)</i> <i>Rohmat Tulloh, Imam Sodikin, Rahayu Khasanah</i>	51-61
ANALISIS RISIKO K3 DENGAN METODE HIRARC PADA INDUSTRI TAHU DAN TEMPE KELURAHAN SELILI, SAMARINDA <i>Lina Dianati Fathimahhayati, Muhammad Rafi Wardana, Nadine Annisa Gumilar</i>	62-70

USULAN PERAWATAN *BUOY* TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED MAINTENANCE* (RBM)

Rohmat Tulloh, Imam Sodikin, Rahayu Khasanah

Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta Jl. Kalisahak 28 Yogyakarta

E-mail: rohmattulloh110596@gmail.com, imam@akprind.ac.id, rahayu.khasanah@akprind.ac.id

ABSTRACT

Tsunami buoys are tsunami wave detectors installed in the middle of the sea. This tool is used to send waveform information that will identify the tsunami wave. Components of the tsunami buoy device have important roles in keeping accurate data. The installation carried out in the middle of the sea result in difficulty to do maintenance activities and increases the risk of components damages. At this time the tsunami buoy program was no longer active due to many non-functioning equipment, but by 2018 BPPT was proposing a program to procure and use the tsunami buoy again. The purpose of this study is to determine the level of risk in each component of the tsunami buoy. The Risk Based Maintenance (RBM) method show the level of risk for each component and arrange the highest level of risk to determine the right maintenance strategy for each component. The purpose of this study is to determine the level of risk in each component of the tsunami buoy. Based on the studies that have been conducted shows that of the 28 components of the tsunami buoy there are 7 main causes of damage to the components of the tsunami buoy, there are 21 components, there are 9 components, there are 8 components, there are 16 components leakage, component damage occurs There are 11 components, there is a break, there are 5 components and there is a broken, there is one component. The highest risk with the value of 1 hazard criteria from the tsunami buoy component is the polypropylene, singker and releaser components. Proper maintenance of the components based on the highest risk are the polypropylene component is subjected to physical condition checking and strength checking, the singker is replacement and the relay components are checked for data communication. Maintenance time for components with the highest risk value is 1 year.

Keywords: Tsunami Buoy, Risk, Risk Based Maintenance

INTISARI

*Buoy tsunami merupakan alat pendeteksi gelombang tsunami yang dipasang di tengah laut. Alat ini berfungsi mengirim informasi dari gelombang di laut akan identifikasi gelombang tsunami. Komponen dari alat *buoy* tsunami mempunyai peranan penting agar tetap memberikan data yang akurat. Pemasangan yang dilakukan di tengah laut mempunyai kesulitan terhadap kegiatan perawatan serta risiko kerusakan pada komponen yang tinggi. Pada saat ini program *buoy* tsunami sudah tidak aktif lagi dikarenakan banyak alat yang sudah tidak berfungsi, akan tetapi pada tahun 2018 BPPT sedang mengajukan program untuk pengadaan dan penggunaan *buoy* tsunami kembali. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko pada setiap komponen *buoy* tsunami. Metode *Risk Based Maintenance* (RBM) dapat menunjukkan tingkat risiko pada setiap komponen serta mengetahui tingkat risiko tertinggi untuk menentukan strategi perawatan yang tepat pada setiap komponen. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dari 28 komponen *buoy* tsunami terdapat 7 faktor penyebab utama kerusakan pada komponen *buoy* tsunami adalah terjadi korosi terdapat 21 komponen, umur komponen terdapat 9 komponen, terjadi pengendapan terdapat 8, terjadi kebocoran terdapat 16 komponen, terjadi kerusakan komponen dalam terdapat 11 komponen, terjadi putus terdapat 5 komponen serta terjadi patah terdapat 1 komponen. Risiko tertinggi dengan nilai 1 kriteria bahaya dari komponen *buoy* tsunami yaitu pada komponen polypropylene, singker dan releaser. Perawatan yang tepat dari komponen dengan risiko tertinggi yaitu pada komponen polypropylene dilakukan pengecekan kondisi fisik dan pengecekan kekuatan, pada komponen singker dilakukan penggantian dan pada komponen releaser dilakukan pengecekan komunikasi data. Waktu perawatana pada komponen dengan nilai risiko tertinggi yaitu 1 tahun.*

Kata Kunci: Buoy Tsunami, Risk, Risk Based Maintenance

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Indonesia merupakan negara dengan potensi bencana alam tsunami yang besar. *Buoy* tsunami merupakan sebuah alat peringatan dini yang dipasang di tengah laut untuk mendeteksi gelombang laut yang dapat berpotensi terjadi bencana alam tsunami. Alat ini berfungsi untuk mengirimkan informasi dari tengah laut berdasarkan gelombang yang terjadi, sehingga fungsi alat serta kepresisian alat sangat penting agar didapat informasi yang benar. Akan tetapi pada saat ini *buoy* tsunami Indonesia banyak yang tidak berfungsi dan program *buoy* tsunami sudah tidak aktif lagi. Hal ini dikarenakan banyaknya alat yang sudah rusak, hilang akibat vandalisme pada *buoy* tsunami. Pada tahun 2018, BPPT sedang mengusulkan program deteksi tsunami yang akan menggunakan kembali *buoy* tsunami atau teknologi lainnya yang sesuai dengan kondisi di Indonesia agar lebih baik lagi. Jika menggunakan *buoy* tsunami lagi maka perawatan *buoy* tsunami yang lebih baik sangat dibutuhkan agar fungsi alat dan fungsi sistem dapat terus terjaga secara terus-menerus, sehingga dapat menyampaikan informasi dengan baik. Pemasangan *buoy* tsunami yang dilakukan di tengah laut menyebabkan terjadinya kesulitan terhadap kegiatan perawatan serta risiko kerusakan komponen yang tinggi, sehingga perlu kebijakan perawatan yang memperhatikan tingkat risiko pada komponen *buoy* tsunami agar tindakan perawatan lebih efektif. Manajemen perawatan *buoy* tsunami dapat dilakukan berdasarkan kajian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu dalam kajian (Darmapala dan Singgih, 2012) tentang *Risk Based Maintenance (RBM) Untuk Natural Gas Pipeline Pada Perusahaan X Dengan Menggunakan Metode Kombinasi AHP-Index Model*. Penentuan waktu perawatan *buoy* tsunami dapat dilakukan berdasarkan kajian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada kajian (Astuti dkk, 2015) tentang *Optimasi Interval Waktu Perawatan Mesin Rotari Stork Dengan Menggunakan Metode Risk-Based Maintenance di PT. Kharisma Printex Bandung* menghasilkan interval waktu perawatan optimal pada setiap komponen dan total risiko biaya perawatan. Dalam penentuan tingkat risiko komponen *buoy* tsunami dapat dilakukan berdasarkan kajian yang telah dilakukan, yaitu kajian (Habiby, 2015) tentang *Penerapan Metode Risk Based Inspection Berbasis Resiko atau Risk Based Inspection (RBI) pada Equipment Pressure Safety Valves (PSV) PT. Chevron Pacific Indonesia* menghasilkan tingkat risiko pada setiap komponen. Tujuan dari kajian ini adalah mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan pada komponen *buoy* tsunami, menentukan tingkat risiko komponen pada *buoy* tsunami dan mengevaluasi waktu perawatan pada *buoy* tsunami. Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai (Sudrajat, 2011). Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas atau mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. Ansori dan Mustajib (2013) mendefinisikan perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Menurut Sodikin (2010), sistem perawatan harus memiliki respon yang baik terhadap kerusakan-kerusakan yang akan muncul maupun kapasitas kerja yang memadai untuk menangani kerusakan yang terjadi. Keandalan merupakan probabilitas suatu peralatan atau komponen dapat berfungsi dengan baik dalam periode waktu ketika digunakan berdasarkan kondisi operasi yang ditetapkan (Akbar dkk, 2017).

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

1. *Risk Based Maintenance (RBM)*

1) Pengantar *Risk Based Maintenance (RBM)*

Menurut Srivastava (2007), *risk based maintenance* bukan strategi perawatan khusus atau jenis pembelian yang dapat berupa atau kombinasi dari strategi perawatan, tetapi dikhususkan untuk faktor risiko dari pabrik atau peralatan.

2) Metode Pendekatan *Risk Based Maintenance (RBM)*

a) *Likelihood*

Menurut Tasmawan (2000) analisis risiko untuk menentukan besarnya kemungkinan atau peluang (*likelihood*) dan keparahan atau (*consequency*) yang ditimbulkan, pendekatan kualitatif dilakukan untuk langkah awal mengetahui risiko suatu kegiatan apabila data yang lengkap tidak tersedia. Cara ukur *likelihood* dapat dilakukan dengan observasi, wawancara, data sekunder dan kriteria resiko. Hasil ukur *likelihood* seperti *likely*, *occasional*, *seldom*, *unlikely*, *remote* dan *rare*. Penentuan kemungkinan kegagalan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Kemungkinan Kegagalan

Nilai PoF
1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
2 = Kadang-kadang (dalam 2-5 tahun)
3 = Jarang (dalam 5-10 tahun)
4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10-15 tahun)
5 = Sangat Jarang (dalam 15-20 tahun)
6 = Jarang Sekali (lebih dari 20 tahun)

Sumber: Habiby (2015)

b) Consequence

Menurut Habiby (2015) *consequence* adalah akibat yang mungkin ditimbulkan dari suatu kejadian atau peristiwa. Cara ukur *consequence* dapat dilakukan dengan observasi, wawancara, data sekunder dan kriteria resiko. Penentuan parameter konsekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Parameter *Consequence*

Nilai Parameter CoF	Keterangan
1	<i>Catastrophic</i> (Bahaya)
2	<i>Severe</i> (Kritis)
3	<i>Major</i> (Besar)
4	<i>Moderate</i> (Sedang)
5	<i>Minor</i> (Kecil)
6	<i>Incidental</i> (Sangat Kecil)

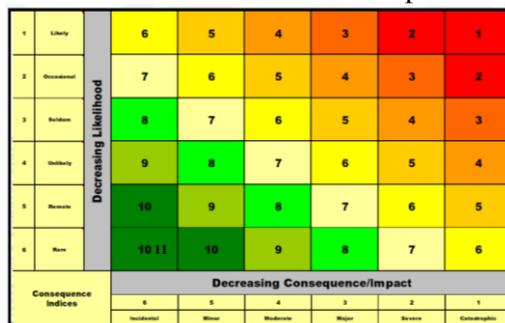
Sumber: Habiby (2015)

c) Analisa Risiko

Rumus persamaan penentuan risiko adalah sebagai berikut (API,2009):

$$\text{Resiko} = \text{Probabilitas (PoF)} \times \text{Konsekuensi CoF} \dots\dots\dots(1)$$

Risiko tersebut akan diukur dalam terminologi-terminologi konsekuensi kegagalan (*Consequences of Failure, CoF*) dan kemungkinan kegagalan (*Probability of Failure, PoF*). Penentuan tingkat risiko dalam *Matrix Riskman2 6x6* dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Habiby (2015)

Gambar 1. *Matrix Riskman2 6x6*

Kriteria nilai risiko pada *Matrix Riskman2 6x6* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Nilai Risiko *Matrix Riskman2 6x6*

Nilai	Kriteria Risiko
1-3	Bahaya
4-6	Tinggi
7-8	Sedang
9-11	Rendah

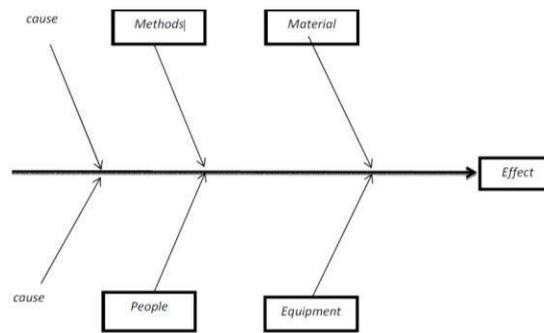
Sumber: Habiby (2015)

Penentuan *risk ranking* menggunakan *matrix riskman2 6x6* dapat menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Risk Ranking} = \text{PoF} + \text{CoF} - 1 \dots\dots\dots(2)$$

2. Diagram Sebab Akibat (*Fishbone*)

Format dalam penyusunan diagram *fishbone* dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Herjanto (2008)

Gambar 2. Format Diagram *Fishbone*

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

1. Hasil

a. Penyebab Kegagalan Pada Komponen Buoy Tsunami

Berdasarkan analisis faktor penyebab kegagalan komponen *buoy* tsunami dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) maka hasil dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penyebab Kegagalan Komponen dari Hasil *Fault Tree Analysis* (FTA)

Nama Komponen	Penyebab Kegagalan						
	Korosi	Umur Komponen	Pengendalian	Kebocoran	Komponen Dalam Rusak	Putus	Patah
1. Surface Buoy :							
a. Buoy Hall	√						
b. Lampu Navigasi	√	√	√	√			
c. Solar Panel	√				√		
d. Cat	√						
e. Antena	√				√		
f. Bateres Kering	√	√		√			
g. Bateres Basah / Rechargeable	√	√		√			
h. Acoustic Transducer	√		√	√			
i. Electronic Box:							
1) Power Management			√	√	√		
2) Acoustic Modem			√	√	√		
3) Iridium			√	√	√		
4) Inmarsat			√	√	√		
5) Controller			√	√	√		
2. Mooring Line :							
a. Jacketed Wire	√	√					√
b. Shackle	√	√					√
c. Polypropilene		√					√
d. Rantai	√	√					√
e. Sinkers	√						√
f. Floaters	√			√			√
g. Releaser	√				√		
3. OBU :							
a. BPR (Bottom Pressure Recorder)	√			√	√		
b. Processor	√			√	√		
c. Bateres Rechargeable	√	√		√			
d. Glass Sphere	√			√			
e. SR-100					√		
f. Transducer Acoustic	√		√	√			
g. Floaters	√			√			
h. Aluminium Frame	√	√					√
Jumlah	21	9	8	16	11	5	1

b. Analisis Risk Based Maintenance (RBM)

1) Probability of Failure (PoF)

Berdasarkan pendekatan langsung dengan pihak terkait dalam penentuan nilai *Probability of Failure (PoF)*. Komponen dengan nilai *Probability of Failure (PoF)* sebesar 1 terdapat 7 komponen yaitu pada komponen lampu navigasi, cat, batere kering pada surface buoy, polypropilene, sinker, releaser dan batere non rechargeable yang dikategorikan kemungkinan besar mengalami kerusakan yaitu kurang dari 2 tahun, sehingga perawatan perlu dilakukan sebelum jangka waktu kurang dari 2 tahun. Komponen dengan nilai *Probability of Failure (PoF)* sebesar 2 terdapat 5 komponen yaitu pada komponen buoy hall, batere basah/rechargeable pada surface buoy, jacketed wire, shackle dan rantai yang dikategorikan kadang-kadang mengalami kerusakan yaitu dalam 2-5 tahun, sehingga perawatan perlu dilakukan sebelum jangka waktu kurang dari 5 tahun. Komponen dengan nilai *Probability of Failure (PoF)* sebesar 3 terdapat 5 komponen yaitu pada komponen solar panel, power management, controller, BPR dan processor yang dikategorikan jarang mengalami kerusakan yaitu dalam 5-10 tahun, sehingga perawatan perlu dilakukan sebelum jangka waktu kurang dari 10 tahun. Komponen dengan nilai *Probability of Failure (PoF)* sebesar 4 terdapat 9 komponen yaitu pada komponen antena, acoustic transducer, acoustic modem, iridium, inmarsat, glass sphere, SR-100, transducer acoustic dan aluminium frame yang dikategorikan kemungkinan kecil mengalami kerusakan yaitu dalam 10-15 tahun, sehingga perawatan perlu dilakukan sebelum jangka waktu kurang dari 15 tahun. Komponen dengan nilai *Probability of Failure (PoF)* sebesar 5 terdapat 2 komponen yaitu pada floaters pada mooring line dan floaters pada OBU yang dikategorikan sangat jarang mengalami kerusakan yaitu dalam 15-20 tahun, sehingga perawatan perlu dilakukan sebelum jangka waktu kurang dari 20 tahun.

2) **Consequence of Failure (CoF)**

Berdasarkan pendekatan langsung dengan pihak terkait dalam penentuan nilai *Consequence of Failure (CoF)*. Nilai *Consequence of Failure (CoF)* pada setiap komponen mempunyai nilai yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan penentuan tingkat konsekuensi yang telah ditentukan. Komponen dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* tertinggi terdapat 9 komponen yaitu pada komponen buoy hall, jacketed wire, polypropilene, rantai, sinker, releaser, glass sphere, floaters pada OBU dan aluminium frame dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* sebesar 1 yang dikategorikan *Catastrophic* (Bahaya) atau mempunyai tingkat risiko tertinggi dari setiap tingkat konsekuensi yang ada. Komponen dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* sebesar 2 terdapat 10 komponen yaitu pada komponen antena, acoustic transducer, power management, acoustic modem, controller, shackle, BPR, processor, SR-100 dan transducer acoustic yang dikategorikan *Severe* (Kritis), sehingga komponen tersebut mempunyai tingkat kritis terhadap konsekuensi yang ada. Komponen dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* sebesar 3 terdapat 6 komponen yaitu pada komponen solar panel, batere basah/rechargeable pada surface buoy, iridium, inmarsat, floaters pada mooring line dan batere rechargeable pada OBU yang dikategorikan *Major* (Besar), sehingga komponen tersebut mempunyai tingkat besar terhadap konsekuensi yang ada. Komponen dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* sebesar 4 terdapat 2 komponen yaitu pada komponen cat dan batere kering pada surface buoy yang dikategorikan *Moderate* (Sedang), sehingga komponen tersebut mempunyai tingkat sedang terhadap konsekuensi yang ada. Komponen dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* sebesar 5 terdapat 1 komponen yaitu pada komponen lampu navigasi yang dikategorikan *Minor* (Kecil), sehingga komponen tersebut mempunyai tingkat kecil terhadap konsekuensi yang ada.

3) **Risk Ranking**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka hasil *risk ranking* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis *Risk Ranking*

Nama Komponen	<i>Probability of Failure (PoF)</i> PoF	<i>Consequence of Failure (CoF)</i> CoF	Risiko PoF x CoF	<i>Risk Ranking</i> PoF + CoF - 1
1. Surface Buoy :				
a. Buoy Hall	2	1	2	2+1-1= 2

Tabel Lanjutan 5. Hasil Analisis *Risk Ranking*

Nama Komponen	Probability of Failure (PoF)	Consequence of Failure (CoF)	Risiko	Risk Ranking
	PoF	CoF	PoF x CoF	PoF + CoF - 1
b. Lampu Navigasi	1	5	5	1+5-1= 5
c. Solar Panel	3	3	9	3+3-1= 5
d. Cat	1	4	4	1+4-1= 4
e. Antena	4	2	8	4+2-1= 5
f. Bateres Kering	1	4	4	1+4-1= 4
g. Bateres Basah / Rechargeable	2	3	6	2+3-1= 4
h. Acoustic Transducer	4	2	8	4+2-1= 5
i. Electronic Box:				
1) Power Management	3	2	6	3+2-1= 4
2) Acoustic Modem	4	2	4	4+2-1= 5
3) Iridium	4	3	12	4+3-1= 6
4) Inmarsat	4	3	12	4+3-1= 6
5) Controller	3	2	6	3+2-1= 4
2. Mooring Line :				
a. Jacketed Wire	2	1	2	2+1-1= 2
b. Shackle	2	2	4	2+2-1= 3
c. Polypropylene	1	1	1	1+1-1= 1
d. Rantai	2	1	2	2+1-1= 2
e. Sinkers	1	1	1	1+1-1= 1
f. Floaters	5	3	15	5+3-1= 7
g. Releaser	1	1	1	1+1-1= 1
3. OBU :				
a. BPR (Bottom Pressure Processor)	3	2	6	3+2-1= 4
b. Processor	3	2	6	3+2-1= 4
c. Bateres Rechargeable	1	3	3	1+3-1= 3
d. Glass Sphere	4	1	4	4+1-1= 4
e. SR-100	4	2	8	4+2-1= 5
f. Transducer Acoustic	4	2	8	4+2-1= 5
g. Floaters	5	1	5	5+1-1= 5
h. Aluminium Frame	4	1	4	4+1-1= 4

c. Evaluasi Waktu Perawatan

Evaluasi waktu perawatan komponen *buoy* tsunami dibandingkan dengan hasil dari hasil Nilai *Probability of Failure* (PoF). Waktu perawatan yang telah ada didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak terkait. Evaluasi waktu perawatan pada setiap komponen *buoy* tsunami dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Evaluasi Waktu Perawatan Komponen *Buoy* Tsunami

Nama Komponen	Waktu Perawatan	Nilai <i>Probability of Failure</i> (PoF)
1. Surface Buoy :		
a. <i>Buoy</i> Hall	1 tahun	2 = Kadang-kadang (dalam 2 – 5 tahun)
b. Lampu Navigasi	1 tahun	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
c. Solar Panel	3 bulan	3 = Jarang (dalam 5 – 10 tahun)
d. Cat	1 tahun	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
e. Antena	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
f. Bateres Kering	1 tahun	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
g. Bateres Basah / Rechargeable	1 bulan	2 = Kadang-kadang (dalam 2 – 5 tahun)
h. Acoustic Transducer	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
i. Electronic Box:		
1) Power Management	1 tahun	3 = Jarang (dalam 5 – 10 tahun)
2) Acoustic Modem	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)

Tabel Lanjutan 6. Evaluasi Waktu Perawatan Komponen *Buoy* Tsunami

Nama Komponen	Waktu Perawatan	Nilai <i>Probability of Failure</i> (PoF)
3) Iridium	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
4) Inmarsat	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
5) Controller	1 tahun	3 = Jarang (dalam 5 – 10 tahun)
2. Mooring Line :		
a. Jacketed Wire	1 tahun	2 = Kadang-kadang (dalam 2 – 5 tahun)
b. Shackle	1 tahun	2 = Kadang-kadang (dalam 2 – 5 tahun)
c. Polypropilene	1 tahun	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
d. Rantai	1 tahun	2 = Kadang-kadang (dalam 2 – 5 tahun)
e. Sinker	1 tahun	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
f. Floaters	3 tahun	5 = Sangat Jarang (dalam 15 – 20 tahun)
g. Releaser	1 tahun	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
3. OBU :		
a. BPR (Bottom Pressure Recorder)	1 tahun	3 = Jarang (dalam 5 – 10 tahun)
b. Processor	1 tahun	3 = Jarang (dalam 5 – 10 tahun)
c. Baterre Rechargeable	1 bulan	1 = Kemungkinan Besar (kurang dari 2 tahun)
d. Glass Sphere	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
e. SR-100	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
f. Transducer Acoustic	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)
g. Floaters	3 tahun	5 = Sangat Jarang (dalam 15 – 20 tahun)
h. Aluminium Frame	1 tahun	4 = Kemungkinan Kecil (dalam 10 – 15 tahun)

d. Jenis Perawatan yang Dilakukan

Penentuan jenis perawatan komponen *buoy* tsunami didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak terkait. Jenis perawatan pada setiap komponen *buoy* tsunami dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Jenis Perawatan Komponen *Buoy* Tsunami

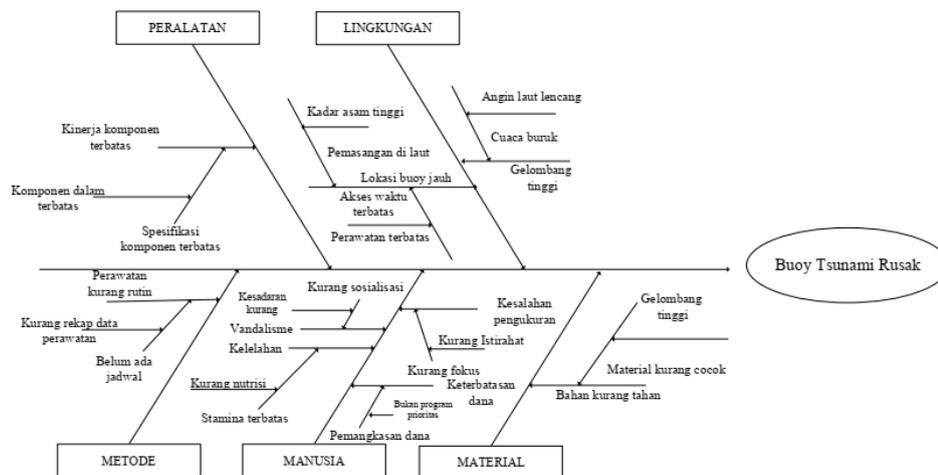
Nama Komponen	Jenis Perawatan
1. Surface Buoy :	
a. <i>Buoy</i> Hall	Pengecekan kondisi fisik
b. Lampu Navigasi	Pengecekan kondisi fisik, Pengecekan fungsi
c. Solar Panel	Pengecekan kondisi (dibersihkan), Pengecekan tegangan, Pengecekan lem
d. Cat	Pengecekan permukaan, Pengecekan warna
e. Antena	Pengecekan fungsi
f. Baterre Kering	Pengecekan tegangan, Pengecekan kondisi fisik
g. Baterre Basah / Rechargeable	Pengecekan tegangan, Pengecekan kondisi fisik
h. Acoustic Transducer	Pengecekan komunikasi, Pengecekan kondisi fisik
i. Electronic Box:	
1) Power Management	Pengecekan tegangan
2) Acoustic Modem	Penggantian baterre, Pengecekan hubungan komunikasi
3) Iridium	Pengecekan hubungan komunikasi
4) Inmarsat	Pengecekan hubungan komunikasi

Tabel Lanjutan 7. Jenis Perawatan Komponen *Buoy* Tsunami

Nama Komponen	Jenis Perawatan
5) Controller	Pengecekan fungsi, Penggantian batere
2. Mooring Line :	
a. Jacketed Wire	Pengecekan kondisi fisik, Pengecekan kekuatan
b. Shackle	Pengecekan kondisi fisik
c. Polypropilene	Pengecekan kondisi fisik, Pengecekan kekuatan
d. Rantai	Pengecekan kondisi fisik, Pengecekan kekuatan
e. Sinker	Penggantian komponen
f. Floaters	Pengecekan kondisi fisik
g. Releaser	Pengecekan komunikasi data, penggantian batere
3. OBU :	
a. BPR (Bottom Pressure Recorder)	Pengecekan pengukuran
b. Processor	Pengecekan fungsi, penggantian batere
c. Batere Rechargeable	Pengecekan tegangan, Pengecekan kondisi fisik
d. Glass Sphere	Pengecekan tekanan, Pengecekan kebocoran, Pengecekan kondisi fisik
e. SR-100	Pengecekan release, Pengecekan hubungan komunikasi, Penggantian batere
f. Transducer Acoustic	Pengecekan hubungan komunikasi
g. Floaters	Pengecekan kondisi fisik
h. Aluminium Frame	Pengecekan kondisi fisik, Pengecatan ulang

e. Analisis Diagram *Fishbone*

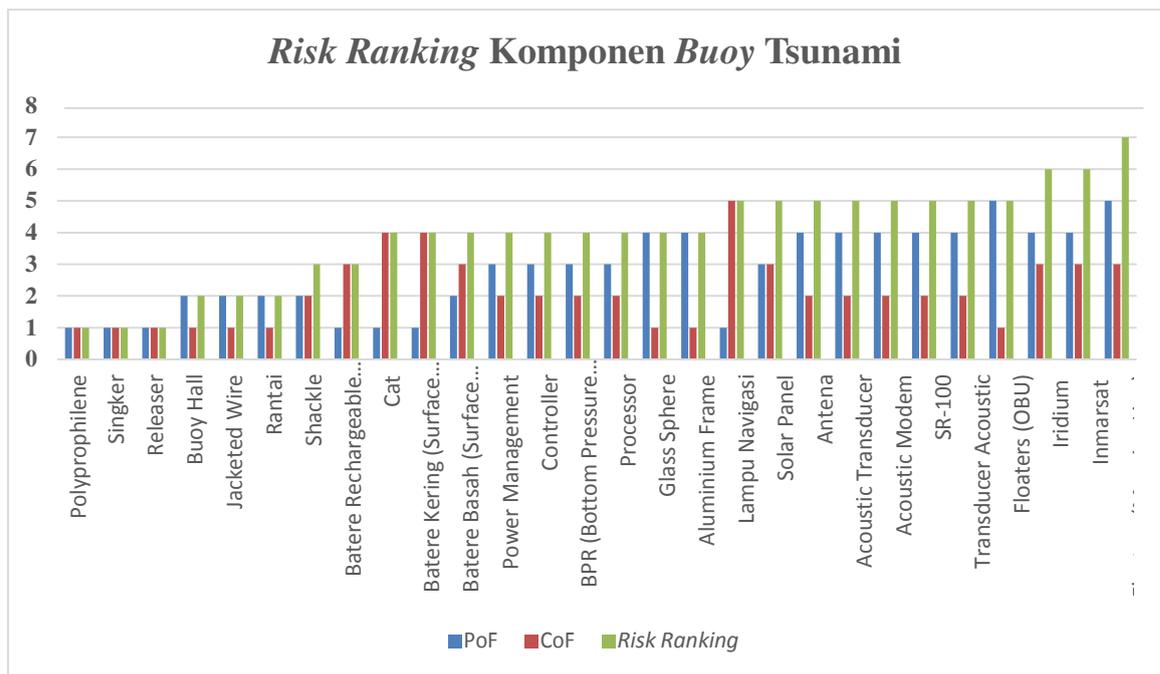
Terdapat 5 faktor penyebab utama pada kegagalan *buoy* tsunami, yaitu dilihat dari faktor material, faktor lingkungan, faktor manusia, faktor peralatan dan faktor metode. Diagram *fishbone* kegagalan *buoy* tsunami dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram *Fishbone* *Buoy* Tsunami

2. Pembahasan

Berdasarkan faktor penyebab terbanyak pada komponen *buoy* tsunami yaitu korosi, hal ini dikarenakan *buoy* tsunami dipasang di tengah laut yang mengandung kadar asam tinggi sehingga tingkat korosi pada komponen akan semakin cepat. Perawatan yang dapat dilakukan pada komponen yang mempunyai faktor penyebab korosi yaitu dapat dilakukan pelapisan komponen dengan bahan tertentu agar dapat menghambat korosi serta selalu memperhatikan hal yang dapat menimbulkan kebocoran pada komponen *buoy* tsunami. *Risk ranking* pada komponen *buoy* tsunami dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Risk Ranking Komponen Buoy Tsunami

Nilai *Probability of Failure (PoF)* pada setiap komponen mempunyai nilai yang berbeda-beda berdasarkan tingkat risiko kerusakan yang telah ditentukan. Komponen dengan nilai *Probability of Failure (PoF)* tertinggi yaitu 1 terdapat 7 komponen yaitu pada komponen lampu navigasi, cat, batere kering pada surface buoy, polypropilene, sinker, releaser dan batere non rechargeable yang dikategorikan kemungkinan besar mengalami kerusakan yaitu kurang dari 2 tahun, sehingga perawatan perlu dilakukan sebelum jangka waktu kurang dari 2 tahun.

Nilai *Consequence of Failure (CoF)* pada setiap komponen mempunyai nilai yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan penentuan tingkat konsekuensi yang telah ditentukan. Komponen dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* tertinggi terdapat 9 komponen yaitu pada komponen buoy hall, jacketed wire, polypropilene, rantai, sinker, releaser, glass sphere, floaters pada OBU dan aluminium frame dengan nilai *Consequence of Failure (CoF)* sebesar 1 yang dikategorikan *Catastrophic* (Bahaya) atau mempunyai tingkat risiko tertinggi dari setiap tingkat konsekuensi yang ada.

Risk ranking pada seluruh komponen mempunyai nilai yang berbeda-beda. Pada *risk ranking* nilai 1 dengan kriteria risiko bahaya terdapat 3 komponen yaitu polypropilene, singker dan releaser. Pada *risk ranking* nilai 2 dengan kriteria risiko bahaya terdapat 3 komponen yaitu buoy hall, jacketed wire dan rantai. Pada *risk ranking* nilai 3 dengan kriteria risiko bahaya terdapat 2 komponen yaitu shackle dan batere rechargeable pada OBU. Pada *risk ranking* nilai 4 dengan kriteria risiko tinggi terdapat 9 komponen yaitu cat, batere kering pada surface buoy, batere basah/rechargeable pada surface buoy, power management, controller, BPR, processor, glass sphere dan aluminium frame. Pada *risk ranking* nilai 5 dengan kriteria risiko tinggi terdapat 8 komponen yaitu lampu navigasi, solar panel, antena, acoustic transducer, acoustic modem, SR-100, transducer acoustic dan floaters pada OBU. Pada *risk ranking* nilai 6 dengan kriteria risiko tinggi terdapat 2 komponen yaitu iridium dan inmarsat. Pada *risk ranking* nilai 7 dengan kriteria risiko sedang terdapat 1 komponen yaitu floaters pada mooring line. Dari hasil *risk ranking* yang menunjukkan *ranking* dengan kategori yang berbeda-beda maka komponen dengan *risk ranking* nilai 1 yaitu komponen yang mempunyai risiko terbesar sehingga perlu dilakukan perawatan yang lebih optimal agar tidak terjadi kegagalan.

Waktu perawatan pada setiap komponen ditentukan sebelum komponen diperkirakan akan mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan waktu perawatan yang ditentukan kurang dari nilai *Probability of Failure (PoF)*, sehingga penentuan waktu perawatan komponen sudah tepat. Pada waktu perawatan dalam periode 1 bulan terdapat perawatan pada batere rechargeable pada surface buoy dan batere rechargeable pada OBU. Pada

waktu perawatan dalam periode 3 bulan terdapat perawatan pada solar panel. Pada waktu perawatan dalam periode 1 tahun terdapat perawatan pada *buoy* hall, lampu navigasi, cat, antena, baterai kering pada surface *buoy*, releaser, acoustic transducer, power management, acoustic modem, iridium, inmarsat, controller, jacketed wire, shackle, polypropylene, rantai, singker, releaser, BPR (Bottom Pressure Recorder), Processor, glasssphere, SR-100, transducer acoustic dan aluminium frame. Pada waktu perawatan dalam periode 1 tahun terdapat perawatan pada floaters pada mooring line dan floaters pada OBU. Berdasarkan tingkat risiko tertinggi pada seluruh komponen *buoy* tsunami terdapat komponen polypropylene dengan waktu perawatan 1 tahun, komponen singker dengan waktu perawatan 1 tahun dan komponen releaser dengan waktu perawatan 1 tahun.

Penentuan jenis perawatan yang dilakukan pada setiap komponen mempunyai perawatan yang berbeda-beda. Berdasarkan tingkat *ranking* pada risiko setiap komponen *buoy* tsunami maka komponen dengan nilai risiko tertinggi yaitu komponen polypropylene, sinker dan releaser. Pada komponen polypropylene perawatan yang dapat dilakukan yaitu pengecekan kondisi fisik, pengecekan kekuatan. Pada komponen singker perawatan yang dapat dilakukan yaitu dilakukan penggantian. Pada komponen releaser perawatan yang dapat dilakukan yaitu pengecekan komunikasi data.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan diagram *fishbone* terdapat 5 faktor utama yang menyebabkan kegagalan *buoy* tsunami yaitu faktor material, faktor lingkungan, faktor manusia, faktor peralatan dan faktor metode. Penyebab faktor material yaitu lapisan material yang kurang tahan terhadap lingkungan, dikarenakan *buoy* tsunami dipasang ditengah laut yang kadar asam tinggi sehingga dapat menimbulkan kegagalan pada material *buoy* tsunami. Penyebab faktor lingkungan yaitu terjadi gelombang yang tinggi, sehingga seluruh bagian *buoy* tsunami terus terkena air laut yang mempunyai kadar asam tinggi. Gelombang tinggi di tengah laut bisa dikarenakan cuaca buruk yang sedang terjadi serta angin kencang. Lokasi penempatan *buoy* tsunami juga merupakan faktor lingkungan yang menyebabkan *buoy* tsunami mengalami kerusakan. Faktor manusia yang dapat menyebabkan kegagalan *buoy* tsunami secara umum yaitu vandalisme yang terjadi di tengah laut. Kegiatan vandalisme yang terjadi merupakan pengambilan komponen *buoy* tsunami sehingga *buoy* tsunami mengalami kerusakan yang mempengaruhi sistem *buoy* tsunami. Faktor peralatan yang ada pada *buoy* tsunami dikarenakan kinerja dan kapasitas setiap komponen *buoy* tsunami terbatas. Hal tersebut disebabkan karena spesifikasi pada setiap komponen *buoy* tsunami serta keterbatasan kinerja pada komponen dalam pada *buoy* tsunami. Faktor metode yang menyebabkan *buoy* tsunami mengalami kegagalan yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan kurang rutin. Hal tersebut terjadi karena belum ada jadwal perawatan yang dilakukan dengan sebenarnya serta kurangnya rekap data perawatan pada setiap komponen *buoy* tsunami.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

1. Kesimpulan

Kesimpulan dari kajian ini adalah sebagai berikut::

- a. Faktor penyebab kegagalan pada komponen *buoy* tsunami yaitu terjadi korosi, umur komponen, terjadi pengendapan, terjadi kebocoran, terjadi kerusakan komponen dalam, terjadi putus dan terjadi patah.
- b. Berdasarkan penentuan tingkat risiko yang telah dilakukan, maka komponen *buoy* tsunami dengan nilai risiko tertinggi terdapat 3 komponen yaitu polypropylene, sinker dan releaser. Komponen *buoy* tsunami dengan nilai risiko terendah terdapat 1 komponen yaitu floaters pada mooring line.
- c. Perawatan pada komponen dengan nilai risiko tertinggi yaitu selama 1 tahun. Perawatan yang direncanakan kurang dari nilai kemungkinan kegagalan, sehingga penentuan waktu perawatan sudah tepat

2. Saran

Saran yang dapat diberikan terkait kajian yang telah dilakukan yaitu:

- a. Perawatan *buoy* tsunami sebaiknya dilakukan sebelum komponen terjadi kerusakan dengan memperhatikan waktu perawatan yang telah ditentukan dan memperhatikan nilai risiko pada setiap komponen *buoy* tsunami.

- b. Pihak yang bertanggung jawab terhadap pemeliharaan *buoy* tsunami sebaiknya melakukan perawatan rutin, dikarenakan *buoy* tsunami merupakan alat pendeteksi yang memerlukan analisis data yang akurat untuk dipublikasikan ke masyarakat.
- c. Perlu melakukan pendekatan sosial kepada masyarakat umum tentang pentingnya menjaga *buoy* tsunami dari vandalisme.
- d. Perlu adanya studi lebih lanjut mengenai nilai *Probability of Failure (PoF)* yang lebih tepat pada setiap komponen.
- e. Penentuan parameter *Consequence of Failure (CoF)* harus disesuaikan dengan karakteristik alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F.H., Titin I.O. & Endang W.A., 2017, Analisis Kegagalan Turbine Guide Bearing Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM), *Jurnal Rekavasi*, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta, Vol V No 1, ISSN: 2338-7750.
- Ansori, N. & Mustajib, M., 2013, *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- American Petroleum Institute, 2009, *Risk Based Inspection*, API Recommended Practice 580, Second Edition.
- Astuti, D.D., Judi A. & Sutrisno., 2015, Optimasi Interval Waktu Perawatan Mesin Rotari Stork Dengan Menggunakan Metode Risk-Based Maintenance di PT. Kharisma Printex Bandung, *E-Proceeding of Engineering*, Universitas Telkom, Bandung, Vol II No 2, ISSN: 2355-9365.
- Darmapala & Singgih, M.L., 2012, Risk Based Maintenance (RBM) Untuk Natural Gas Pipeline Pada Perusahaan X Dengan Menggunakan Metode Kombinasi AHP-Index Model, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*, Insitut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, ISBN: 978- 602-97491-4-4.
- Habiby, A.F., 2015, *Penerapan Metode Risk Based Inspection Berbasis Resiko atau Risk Based Inspection (RBI) pada Equipment Pressure Safety Valves (PSV) PT. Chevron Pacific Indonesia*, Skripsi, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau.
- Herjanto, E., 2008, *Manajemen Operasi Edisi Ketiga*, Grasindo, Jakarta.
- Sodikin, I., 2010, Analisis Penentuan Waktu Perawatan Dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal, *Jurnal Teknologi*, Vol III No. 1, ISSN: 1979-3405.
- Sudrajat, A., 2011, *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*, Reflika Aditama, Bandung.
- Srivastava, S.K., 2007, *Maintenance Engineering and Management*, S.Chand & Company LTD, New Delhi.
- Tasmawan, SD 2000. *Perencanaan Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja Untuk Pengendalian Bahaya Kecelakaan di Stasiun Kerja Kritis*. Skripsi. Institut Teknologi Bandung, Bandung.