

# Identifikasi Bahaya Pada Pekerjaan *Maintenance* Kapal Menggunakan Metode HIRARC dan FTA Dengan Pendekatan *Fuzzy* di Industri Kapal

Andri Kurniawan<sup>1</sup>, Mardi Santoso<sup>2</sup>, Mey Rohma Dhani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email: [andrisafety13@gmail.com](mailto:andrisafety13@gmail.com)

## Abstrak

Industri kapal merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang bergerak dalam pekerjaan *maintenance* kapal. Sebagai salah satu perusahaan yang mempunyai kewajiban untuk menerapkan Sistem *Management* K3 (SMK3) dan melakukan *risk assessment* terhadap setiap tahap pekerjaannya. Pada pekerjaan *maintenance* kapal terdapat berbagai macam penyebab terjadinya kecelakaan, tercatat pada 2 tahun terakhir ini telah terjadi kecelakaan lebih dari 20 kali, mulai kecelakaan ringan sampai yang berat. Oleh karena itu penulis akan mengidentifikasi bahaya dengan menggunakan metode HIRARC. Pada penilaian *risk ranking* dilakukan perbandingan antara hasil *risk ranking* dari HIRARC dengan pendekatan *fuzzy* berdasarkan *rule base* pada peraturan AS/NZS 4360:2004. Pada level risiko *high* dan *very high* akan dilakukan identifikasi menggunakan metode FTA untuk menemukan penyebab dasar terjadinya kecelakaan, sehingga dapat melakukan suatu tindakan pencegahan terhadap kecelakaan. Dari hasil penelitian menggunakan metode HIRARC ditemukan 1 tingkat risiko *very high*, 7 tingkat risiko *high*, 20 tingkat risiko *medium* dan 10 tingkat risiko *low*, sedangkan hasil dari pendekatan *fuzzy* ditemukan 5 tingkat risiko *very high*, 4 tingkat risiko *high*, dan 29 tingkat risiko *medium*. Untuk pemberian solusi terhadap tingkat bahaya *high* dan *very high* dengan cara memberikan pelatihan terhadap pekerja dan memastikan kondisi sekitar aman untuk melakukan pekerjaan *maintenance* kapal.

Kata kunci : HIRARC (*Hazard Identification, Risk Analysis and Risk Control*), *fuzzy*, FTA (*Fault Tree Analysis*), AS/NZS, 4360 : 2004, dan pekerjaan *maintenance* kapal.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri kapal merupakan perusahaan yang terletak Indonesia yang bergerak dalam bidang perbaikan dan perancangan kapal. Pada industri kapal terdapat aktivitas *maintenance* kapal. Dalam *maintenance* kapal tersebut terdapat beberapa aktivitas yang dapat mendatangkan potensi bahaya baik itu berdampak langsung pada manusia maupun tidak. Oleh karena itu pada industri kapal mempunyai kewajiban untuk menerapkan sistem *management* K3 (SMK3).

Pada industri kapal sudah mempunyai bentuk pengendalian berupa instruksi kerja sebagai pedoman dalam melakukan proses pekerjaan *maintenance* kapal. Tetapi dalam kenyataannya meskipun telah terdapat instruksi kerja yang sangat baik masih saja terjadi pelanggaran yang dilakukan oleh pekerja, misalnya tidak memakai APD dengan baik dan benar, terutama pada saat melakukan pengelasan pekerja tidak memakai sarung tangan dan pada pekerjaan ketinggian para pekerja tidak menggunakan *safety belt* dengan baik. Pada 2 tahun terakhir ini saja terjadi kecelakaan lebih dari 20 kali, mulai kecelakaan ringan sampai yang berat.

Penulis akan menganalisis potensi bahaya pada pekerjaan *maintenance* kapal dengan menggunakan metode HIRARC. Menggunakan metode HIRARC karena tujuan dari metode HIRARC adalah menghasilkan kemungkinan kecelakaan yang sering terjadi dari setiap pekerjaan. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisis potensi bahaya dari aktivitas kerja serta memberikan penilaian risiko terhadap suatu pekerjaan. Metode HIRARC memberikan rekomendasi yang dapat digunakan untuk pencegahan terjadinya kecelakaan kerja.

Peneliti menggunakan pendekatan *fuzzy* yang digabungkan di dalam tabel metode HIRARC untuk menghasilkan *risk ranking*. Dengan menerapkan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Analysis and Risk Control*) yang dimodifikasi dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* untuk menentukan *risk ranking* secara. Penulis juga

menganalisis aktivitas berdasarkan tingkat risiko yang telah didapatkan dari hasil HIRARC dan pendekatan *fuzzy* menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*) untuk menemukan penyebab dasar dari kecelakaan. Untuk pekerjaan *maintenance* kapal yang dianalisis menggunakan FTA hanya aktivitas pekerjaan yang mempunyai nilai *risk ranking* mulai *high* sampai *Very High*. Sehingga diharapkan setelah menganalisis pekerjaan *maintenance* kapal, dapat melakukan pengendalian secara *preventive* yang sesuai berdasarkan pada jenis pekerjaan dan bahaya yang dapat timbul / terjadi pada aktivitas tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana cara mengidentifikasi bahaya pada pekerjaan *maintenance* kapal dengan metode HIRARC berdasarkan AS/NZS dengan pendekatan *fuzzy* di industri kapal?
- Bagaimana mengetahui akar penyebab *Losses* yang timbul pada pekerjaan *maintenance* kapal dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)?
- Bagaimana memberikan solusi yang tepat dalam mengendalikan risiko bagi perusahaan berdasarkan tingkat bahaya?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. mengidentifikasi bahaya pada pekerjaan *maintenance* kapal dengan metode HIRARC berdasarkan AS/NZS dengan pendekatan *fuzzy* di industri kapal.
2. Mengetahui akar penyebab *Losses* yang timbul pada pekerjaan *maintenance* kapal dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).
3. memberikan solusi yang tepat dalam mengendalikan risiko bagi perusahaan berdasarkan tingkat bahaya.

## 1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian menjadi lebih terarah dan memberikan kesimpulan yang lebih baik, maka batasan masalah dalam penelitian ini perlu dibatasi. Beberapa pembatasan dan asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Penelitian dilakukan pada aktivitas *maintenance* kapal di industri kapal diantaranya adalah *pekerjaan sandblasting*, pekerjaan pembersihan kerak dalam tangki bahan bakar, pekerjaan pengelasan, pekerjaan kelistrikan kapal, pekerjaan *water jet*, pekerjaan pengecatan, pekerjaan memasang dan melepas poros *propeller*, pekerjaan *overhaul* generator atau motor, dan pekerjaan perbaikan dikamar mesin.
- Analisis menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*) hanya pada aktivitas pekerjaan yang mempunyai tingkat risiko *high* dan *very high*.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada tahapan ini berisi mengenai langkah-langkah pengolahan data yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam analisis data pada tahapan selanjutnya, langkah-langkah yang dimaksud adalah :

### 2.1 Identifikasi Bahaya dan Analisis Risiko Menggunakan Metode HIRARC

Pada tahap ini dilakukan identifikasi bahaya setiap pekerjaan yang dilakukan pada *maintenance* kapal. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sumber-sumber bahaya, penyebab, dan akibat yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja pada pekerjaan *maintenance* kapal. Adapun langkah pada identifikasi HIRARC antara lain adalah :

1. Menggolongkan aktivitas dari pekerjaan
2. Mengidentifikasi potensi bahaya
3. penilaian risiko (menganalisis dan estimasi risiko dari setiap bahaya), dengan menghitung atau memperkirakan kemungkinan terjadi dan keparahan bahaya.
4. memutuskan apakah risiko ditoleransi dan menerapkan langkah-langkah pengendalian.

### 2.2 Menentukan Risk Ranking Menggunakan Pendekatan Fuzzy

Penilaian risiko dilakukan dengan mengkalikan *severity* dan *likelihood*, penentuan *severity* dan *likelihood* ini berdasarkan dari hasil wawancara, data kecelakaan dan pengendalian yang sudah ada, dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* untuk menghasilkan pekerjaan yang menimbulkan risiko lebih berbahaya. Langkah dalam menentukan *risk ranking* menggunakan pendekatan *fuzzy* antara lain :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*.
2. Menentukan fungsi keanggotaan (*membership function*).
3. Menentukan aturan *fuzzy* (*rule base*).
4. *Fuzzifikasi*.

### 2.3 Mengidentifikasi Jenis Pekerjaan Menggunakan *Fault Tree Analysis*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi bahaya setiap pekerjaan yang dilakukan pada atau *maintenance* kapal. Pekerjaan yang dianalisis menggunakan menggunakan FTA hanya pekerjaan yang mempunyai *risk ranking high* dan *very high*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui akar penyebab, dan akibat yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja pada pekerjaan *maintenance* kapal. Sehingga dapat melakukan pengendalian yang sesuai. Untuk langkah-langkah yang perlu diperhatikan antara lain adalah :

1. Mengidentifikasi kejadian-kejadian utama (*top events*) yang mungkin terjadi yang telah didapatkan.
2. Mengidentifikasi kontributor tingkat pertama dengan menambahkan kondisi atau kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya *top event*.
3. Menetapkan *logic gate* sesuai dengan gabungan peristiwa yang menunjukkan apakah kedua peristiwa terjadi pada waktu dan tempat yang sama (*AND*) atau salah satu kejadian yang mungkin terjadi (*OR*).
4. Mengidentifikasi kontributor tingkat kedua dan tentukan simbol-simbol logika untuk menghubungkan kejadian-kejadian yang mungkin menjadi penyebab mode kegagalan kontributor tingkat pertama.
5. Menetapkan *logic gate* kontributor tingkat kedua.
6. Mengulangi atau lanjutkan. Mengembangkan suatu strategi untuk memperbaiki kombinasi kejadian untuk mencegah kejadian dibagian atasnya terulang kembali.

### 2.4 Tahap Analisis Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan yaitu memberikan tindakan pengendalian dan memberikan solusi agar mampu meminimalisir tingkat kecelakaan yang terjadi.

### 2.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahapan akhir dari penelitian ini adalah menyimpulkan hasil penelitian yang menjawab tujuan dari penelitian ini serta memberikan saran kepada perusahaan sebagai tindak lanjut dari kesimpulan yang diperoleh.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Identifikasi Bahaya dan Analisis Risiko Menggunakan Metode HIRARC

HIRARC (*Hazard Identification, Risk Analysis and Risk Control*) adalah serangkaian proses mengidentifikasi bahaya yang dapat terjadi dalam aktifitas pekerjaan di industri kapal. Aktifitas pekerjaan yang diidentifikasi pada industri kapal adalah pekerjaan *maintenance* kapal, kemudian dilakukan penilaian risiko dari setiap sumber bahaya yang terdapat pada setiap aktifitas pekerjaan, kemudian membuat program pengendalian bahaya tersebut agar dapat meminimalisir tingkat risikonya ke yang lebih rendah dengan tujuan mencegah terjadi kecelakaan. Dalam pembuatan HIRARC ini dilakukan dengan cara brainstroming dengan pekerja pada masing-masing bidang. Dari identifikasi yang telah dilakukan dengan menggunakan metode HIRARC ditemukan 1 tingkat risiko *very high*, 7 tingkat risiko *high*, 20 tingkat risiko *medium* dan 10 tingkat risiko *low*

### 3.2 Identifikasi Menggunakan Pendekatan Fuzzy

Dari data identifikasi bahaya pada pekerjaan *maintenance* kapal menggunakan metode HIRARC dilakukan penilaian risiko dengan menggunakan metode pendekatan *fuzzy* dengan himpunan *fuzzy* yang terdiri dari fungsi, variabel, nama himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan (*range*) dan *domain fuzzy*. untuk *range* dari *likelihood* didapatkan dari jumlah kejadian dalam 1 tahun. Sedangkan untuk *range* pada *saverity* didapatkan dari total kerugian pada tiap kategori risiko yang ditetapkan di perusahaan. hasil dari pendekatan *fuzzy* ditemukan 5 tingkat risiko *very high*, 4 tingkat risiko *high*, dan 29 tingkat risiko *medium*.

### 3.3 Identifikasi Menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*)

*Fault Tree Analysis* bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi dari *equipment failure* dan *human error* yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan untuk memprediksi kombinasi kejadian yang tidak dikehendaki, sehingga dapat dilakukan koreksi untuk meningkatkan *product safety*. Setelah menentukan nilai risiko dari tiap komponen yang ada pada proses *maintenance* kapal, langkah selanjutnya adalah pengerjaan dengan metode FTA, yaitu potensi bahaya tiap komponen tersebut dijadikan *Top Event* pada FTA.

Pada penelitian ini yang dijadikan *Top Event* pada FTA adalah komponen yang memiliki nilai risiko yang *high* dan *very high*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penyebab dasar (*basic cause*) pada kegagalan tiap komponen yang ada di bagian proses pekerjaan *maintenance* kapal. Sehingga setelah diketahui penyebab dasar dari kegagalan proses tersebut, dapat segera dilakukan tindakan *preventive* terhadap berbagai macam risiko yang akan timbul maupun tindakan perbaikan bagi komponen / peralatan yang berpotensi mengganggu jalannya proses pekerjaan *maintenance* kapal.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan maka kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Dari identifikasi yang telah dilakukan dengan menggunakan metode HIRARC ditemukan 1 tingkat risiko *very high*, 7 tingkat risiko *high*, 20 tingkat risiko *medium* dan 10 tingkat risiko *low*, sedangkan hasil dari pendekatan *fuzzy* ditemukan 5 tingkat risiko *very high*, 4 tingkat risiko *high*, dan 29 tingkat risiko *medium*.
2. Akar penyebab yang diperoleh dari pengerjaan dengan metode FTA adalah sebagai berikut:
  - a) akar penyebab dari kebakaran pada proses pengelasan yaitu percikan api. Kemudian kondisi panas, terjadi nyala balik, pengaman tidak berfungsi, mulut pembakar longgar yang menyebabkan ledakan tabung gas, serta regulator kurang rapat dan selang bocor yang mengakibatkan gas asitelin bocor.
  - b) Akar penyebab dari terbentur material yang menyebabkan memar pada pekerjaan perbaikan kamar mesin yaitu penerangan keadaan mati, pekerjaan dilakukan malam hari dan material berserakan yang mengakibatkan kondisi ruang tidak layak. APD tidak tersedia, APD tidak pernah diganti dan tidak *standart* yang mengakibatkan pekerja tidak menggunakan APD.
  - c) Akar penyebab dari luka bakar akibat percikan api dari hubungan arus pendek yaitu sumber energi besar, APD tidak tersedia, APD tidak layak, selanjutnya kabel terkena percikan api las, kabel tidak layak, kesalahan gambar rangkaian dan kutup positif kontak dengan kutup negatif yang mengakibatkan terjadi arus pendek.
  - d) Akar penyebab terjatuh dari ketinggian saat melakukan pengecatan yaitu kondisi licin, kondisi pijakan miring dan bergurau saat bekerja yang mengakibatkan terpeleset. Kedua APD tidak tersedia, APD tidak *standart* dan APD tidak pernah diganti yang mengakibatkan pekerja tidak memakai APD.
  - e) Akar penyebab terjatuh dari area *docking* yaitu kondisi *docking* miring, kondisi *docking* licin. . Kedua APD tidak tersedia, APD tidak *standart* dan APD tidak pernah diganti yang mengakibatkan pekerja tidak memakai APD.
3. Untuk pemilihan solusi yang tepat sebagai upaya pengendalian dipilih tingkat risiko yang paling tinggi yaitu *high* dan *very high* adalah sebagai berikut:
  - a) Penggantian pada komponen yang tidak sesuai seperti selang atau regulator serta pengaman dari terjadinya nyala balik.
  - b) Memberikan training terhadap pekerja.
  - c) mengatur jadwal *maintenance* terhadap beberapa komponen, kemudian pengecekan pada beberapa komponen agar selama proses berlangsung tidak mengganggu jalannya produksi.
  - d) Selalu membersihkan material atau pelat sebelum melakukan pengelasan.
  - e) Sebelum melakukan pengelasan harus memastikan bahwa keadaan di area tersebut benar-benar aman untuk melakukan pekerjaan.
  - f) Selalu melakukan inspeksi terhadap ketersediaan APD di perusahaan.
  - g) Selalu melakukan inspeksi terhadap kelayakan dari kabel yang masih digunakan
  - h) Memastikan kondisi dari pekerja benar-benar dalam keadaan siap untuk melakukan pekerjaan.
  - i) Memakai APD secara lengkap.

#### 5. REFERENSI

- Australia Standards/New Zealand Standards 4360 (2004), *AS/NZS 4360:2004 Australian/New Zealand Standard Risk Management*, Standards Australia International Ltd., Sydney, New South Wales.
- Department of Occupational Safety and Health Ministry of Human Resources. (2008). *Guidelines of Hazard Identification, Risk Assesment and Risk Control*. Malaysia.
- Gokhan Gokmen, et.al. (2010). *Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy logic*. Edisi ketiga (REVISI). Istanbul; *Marmara University, Vocational School of Technical Studies*.
- Kusumadewi, S dan Purnomo Hari. (2010). *Aplikasi Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Muhammad Saiful Islam dan Madhav Nepal. (2016). *A Fuzzy-Bayesian Model for Risk Assessment in Power Plant Projects*. Australia; *Queensland University of Technology*.
- Suma'mur. (1989). *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. PT. Gunung Agung, Jakarta
- Undang-Undang No.1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja dan Undang-Undang No. 23 tahun 1992 tentang Kesehatan kerja.

Vesely, W. E et al, (1981), *fault tree handbook. Systems and Reability Reability research office of nuclear regulatory research.*