

# Aplikasi Formal Safety Assessment untuk Penilaian Risiko Kecelakaan pada Helipad FSO: Studi Kasus FSO Kakap Natuna

Bayu Satria, Djauhar Manfaat

Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* dmanfaat@na.its.ac.id

*Abstrak*-Floating Storage and Offloading Unit (FSO) adalah sebuah kapal yang digunakan dalam industri minyak untuk menampung minyak pada lepas pantai. Tetapi pada FSO Kakap Natuna tidak hanya bertujuan sebagai penyimpanan minyak tetapi juga berfungsi sebagai tempat tinggal untuk menampung 300 orang yang bekerja di sekitar offshore platforms. Dibutuhkan suatu platform khusus sebagai tempat mendaratnya helikopter yang disebut helipad untuk mengakomodir kegiatan transportasi dari FSO-Offshore-Darat. Karena sifat helikopter yang bisa mendarat dan terbang secara vertical, helipad tidak membutuhkan tempat yang terlalu luas dan bisa berada di mana saja selama tersedia cukup ruang bagi rotor/baling-baling helikopter. Untuk memastikan bahwa Helipad dapat digunakan dengan aman dan berfungsi sebagaimana mestinya, maka perlu diadakan penelitian sebagai upaya dalam mengidentifikasi segala bahaya yang mungkin mengancam dengan menggunakan metode Formal Safety Assessment (FSA) sesuai standar IMO. Penelitian menggunakan teknik expert judgment dengan bantuan kuisioner dalam penentuan probabilitas. Analisa risiko menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Even Tree Analysis (ETA). Kegagalan struktur pada boatlanding dan lambung FSO digunakan sebagai top event. Perhitungan minimal cut set pada FTA dilakukan dengan menggunakan software RAM Commander 8.1 Demo Version. Pada penelitian ini teridentifikasi 16 macam pilihan kontrol risiko yang akan digunakan dalam upaya mengurangi risiko kegagalan pada helipad. Setelah itu biaya dari tiap Risk Control Option (RCO) dihitung untuk membandingkan keuntungan dalam pengurangan risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korosi menjadi risiko tertinggi penyebab kegagalan struktur pada helipad. RCO3 dan RCO2 menjadi solusi penanganannya yaitu melakukan inspeksi rutin terhadap daerah yang rawan terjadi korosi atau pemilihan material yang sesuai.

**Kata Kunci**— Helipad, Formal Safety Assessment (FSA), Fault Tree Analysis (FTA), Even Tree Analysis (ETA).

## I. PENDAHULUAN

Faktor keamanan merupakan dan keselamatan di dunia maritim dewasa ini mulai diperhatikan urgency-nya, karena efek yang ditimbulkan akibat kecelakaan akan berdampak ke banyak sektor, yaitu jiwa, kondisi fisik bangunan dan biaya. Penyebab terjadinya kecelakaan tidak dapat hanya dilihat dari kurang sigapnya pengguna bangunan dalam beraktifitas di dalamnya tetapi juga harus dipandang dari kelayakan bangunan

dan penunjangnya yang harus mampu memberi keamanan bagi para pengguna di dalamnya dan juga mempunyai living live yang panjang.

IMO (International Maritime Organisation) sebagai organisasi maritime dunia telah mengeluarkan sebuah panduan perencanaan keselamatan yaitu FSA (Formal Safety Assessments). FSA merupakan produk IMO yang dilahirkan pada 2002 berisi mengenai metodologi sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan di industry maritime, termasuk di dalamnya perlindungan jiwa, lingkungan dan property, dengan menggunakan analisa risiko dan cost benefit assessment. [1]

FSO Kakap Natuna adalah milik BP-MIGAS yang dioperasikan oleh Star Energy, daerah operasinya terletak di Provinsi Kepulauan Riau tepatnya di perairan Natuna. FSO (Floating Storage & Offloading) sistem adalah tipe bangunan apung yang berguna untuk menampung minyak yang diproduksi oleh bangunan lepas pantai. Di dalam FSO tentunya terdapat sistem yang sangat kompleks untuk menunjang operasinya. Salah satu sistem yang ada yaitu Helideck, mengingat FSO adalah suatu bangunan terapung di tengah laut tanpa dilengkapi sistem propulsi maka dibutuhkan suatu platform khusus sebagai tempat mendaratnya helikopter untuk mengakomodir kegiatan transportasi dari FSO-Offshore-Darat. Karena sifat helikopter yang bisa mendarat dan terbang secara vertical, helideck tidak membutuhkan tempat yang terlalu luas dan bisa berada di mana saja selama tersedia cukup ruang bagi rotor/baling-baling helikopter. Helipad seringkali ditemui di atap gedung, rumah sakit, anjungan lepas pantai ataupun di atas Vessel/FSO, di kapal helipad biasa disebut dengan helideck. Agar kelihatan dari udara helipad ditandai dengan lingkaran dengan huruf H di atasnya. [2]

Untuk memastikan bahwa Helipad dapat digunakan dengan aman dan berfungsi sebagaimana mestinya, maka perlu diadakan penelitian sebagai upaya dalam mengidentifikasi segala bahaya yang mungkin mengancam. Dengan metode Formal Safety Assessment (FSA) maka akan didapatkan suatu analisa yang akurat dan mendalam mengenai bahaya yang akan terjadi, biaya dalam pengendalian risiko dan rekomendasi untuk mengatasinya.

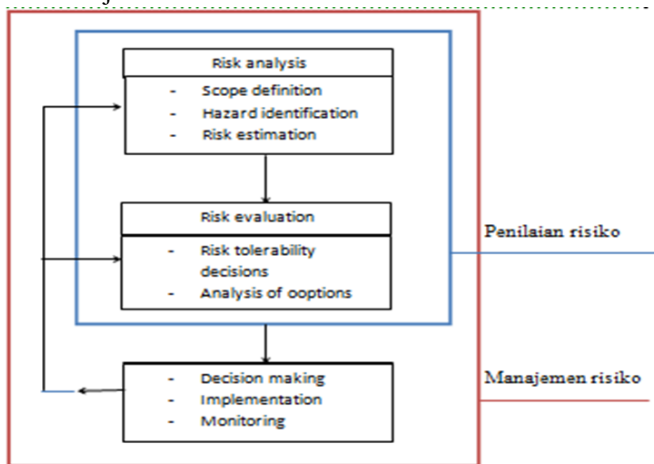


Gambar. 1. FSO Kakap Natuna Helideck  
 Sumber : <http://www.captainsvoyage-forum.com/showthread.php/2198-Trips-from-Singapore-to-Batam-vv/page4>

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Keamanan dan penilaian risiko

Masyarakat dunia dewasa ini telah menyadari dan melihat kenyataan bahwa manfaat yang datang dari aplikasi teknologi dan ilmu pengetahuan sering kali tanpa disertai dengan pengeluaran biaya yang berlebih. Semakin banyak individu mulai sadar untuk mengendalikan risiko yang akan mereka hadapi. Kompleksitas dari setiap kegiatan sangat beragam oleh karena itu dibutuhkan upaya kerja sama untuk memodelkan risiko dan mencari langkah-langkah pengurangan risiko. Kebutuhan yang penting ini memerlukan pengembangan dari disiplin ilmu terkait risiko seperti analisis risiko, penilaian risiko dan manajemen risiko.



Gambar 2.10 Risk Assessment and Management Flowchart (IEC, 1994)

Analisis Risiko adalah penggunaan informasi sistematis yang tersedia untuk mengidentifikasi bahaya dan memperkirakan risiko kepada individu atau populasi, properti atau lingkungan "(IEC)".

Risk Assessment adalah untuk meninjau tingkat penerimaan risiko yang telah dianalisis dan dievaluasi berdasarkan perbandingan dengan standar atau kriteria yang mendefinisikan

tolerabilitas risiko.

Manajemen risiko adalah aplikasi dari penilaian risiko dengan maksud untuk menginformasikan keputusan membuat proses dengan langkah-langkah pengurangan risiko yang sesuai dan kemungkinan pelaksanaannya.

Tujuan dari penerapan disiplin ilmu tersebut adalah untuk membuat masyarakat merasa aman. Aman tidak selalu berarti "bebas dari bahaya atau risiko". Ini adalah tujuan akhir tetapi masyarakat dan para pengambil keputusan tahu bahwa hal ini memerlukan, banyak waktu, dan sejumlah besar uang yang mana sebagian besar masyarakat tidak dapat membayar untuk mencapai keadaan "tanpa risiko". Merasa aman berarti merasa aman dari bahaya dan konsekuensinya. Jumlah risiko bahwa masyarakat bersedia menerima dan mentolerir akan dibahas dalam langkah terakhir dari proses FSA. Ini harus disebutkan bahwa salah satu slogan yang banyak digunakan dalam IMO dekade terakhir adalah "Pelayaran yang lebih aman dan Samudra yang lebih bersih". [3]

## III. METODE PENELITIAN

### A. Tahap telaah

Standar Penilaian Keselamatan (FSA) adalah suatu metodologi yang terstruktur dan sistematis yang bertujuan untuk menambah keselamatan dalam bidang maritim. Terdapat 5 tahap penting dalam prosedur pengolahan FSA, antara lain:

#### III.1 Hazard Identification

Berupa suatu daftar dari semua skenario kecelakaan yang relevan dengan penyebab-penyebab potensial dan akibat-akibatnya, sebagai jawaban dari pertanyaan *kesalahan apa yang mungkin dapat terjadi ?*.

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi daftar bahaya dan kumpulan skenario yang prioritasnya ditentukan oleh tingkat risiko dari masalah yang sedang dibahas. Tujuan ini dapat dicapai dengan menggunakan teknik-teknik standard untuk mengidentifikasi bahaya yang berperan dalam kecelakaan, dengan menyaring bahaya-bahaya ini melalui kombinasi dari data dan pendapat yang ada, dan dengan meninjau-ulang model umum yang telah dibuat saat pendefinisian masalah. [4]

#### III.2 Risk Assessment

Berupa evaluasi terhadap faktor-faktor risiko, sebagai jawaban dari pertanyaan *seberapa parah dan bagaimana mungkin terjadi ?*

Tujuan dari Risk Assessment ini adalah untuk:

1. Menyelidiki secara terperinci mengenai penyebab dan konsekuensi dari skenario yang telah diidentifikasi dalam langkah 1.
2. Mengidentifikasi dan mengevaluasi factor-faktor yang mempengaruhi tingkat risiko

Tujuan tersebut dapat dicapai dengan menggunakan teknik yang sesuai dengan metode risiko yang dibuat dan perhatian

difokuskan pada risiko yang dinilai tinggi. Nilai yang dimaksud adalah tingkat (level) risiko, yang dapat dibedakan menjadi:

1. Risiko yang tidak dapat ditolerir (Intolerable)
2. Risiko yang telah dibuat sangat kecil sehingga tidak perlu pencegahan lebih lanjut (negligible)
3. Risiko yang levelnya berada di antara intolerable dan negligible level (as low as reasonably practicable = (ALARP))

Konstruksi dan kuantifikasi/perhitungan dari teknik penilaian risiko standard yang digunakan untuk model risiko berupa pohon kesalahan (Fault Tree) dan pohon peristiwa/kejadian (Event Tree). Hasil keluaran dari langkah ke-2, berupa penyampaian identifikasi mengenai risiko yang dinilai tinggi. [4]

**III.3 Risk Control Option**

Berupa perencanaan tindakan-tindakan pengaturan untuk mengendalikan dan mengurangi risiko yang teridentifikasi, sebagai jawaban dari pertanyaan *dapatkah kesalahan yang terjadi diperbaiki ?*. [4]

**III.4 Cost and benefit analysis**

Berupa penentuan kegunaan secara ekonomi (cost effectiveness) dari tiap pilihan dalam pengendalian risiko, sebagai jawaban dari pertanyaan *kerugian apa yang akan dialami dan seberapa banyak biaya yang diperlukan untuk memperbaikinya ?*.

Tujuan dari langkah ke-4 adalah untuk mengidentifikasi serta membandingkan manfaat dan biaya dari pengendalian tiap RCOs yang diidentifikasi dalam langkah ke-3. [4]

**III.5 Recommendation**

Berupa informasi mengenai bahaya yang dimiliki, berhubungan dengan risiko dan kegunaan secara ekonomi dari alternative pilihan dalam pengendalian risikoyang ada, sebagai jawaban dari pertanyaan *tindakan apa yang harus diambil?*

Rekomendasi didasarkan pada:

1. Perbandingan dan pengurutan tingkat dari semua bahaya dan penyebabnya.
2. Perbandingan dan pengurangan tingkat dari pilihan kendali risiko sebagai fungsi dari gabungan biaya dan manfaat
3. Identifikasi dari pilihan kendali risiko yang menjaga risiko serendah mungkin sehingga masuk akal untuk dilaksanakan.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**IV.1 Hazard Identification**

Dari penelitian yang dilakukan, teridentifikasi 16 Hazards yang mungkin terjadi pada Helipad FSO Kakap Natuna. Melalui kuisisioner dengan mengambil responden Kru/Konsultan/Pemilik FSO Kakap Natuna, ditentukan Frekuensi level dan Severitas level dari tiap Harzards. Dengan Rumus Probalitas:

$$Risk = Probability \times Consequence$$

$$Log(Risk) = \log(Probability) + \log(Consequence) \quad [3]$$

Dapat ditentukan Risk level dari tiap Hazards seperti pada Tabel 1.

Tabel 1  
Hazard Risk Level

No	Hazard	Level
1.1.1		
a	Korosi pada struktur baja tiang helipad	6
b	Korosi pada struktur helipad safety net	6
c	Korosi pada ladder	8
d	Korosi pada transverse girder deck helipad	6
e	Korosi pada deck plate helipad	6
1.1.2		
a	Konsentrasi tegangan berlebih pada ujung bracket tiang penyangga dan landasan	8
b	Konsentrasi tegangan berlebih pada ujung bracket tiang penyangga dengan Pondasi helipad	8
c	Konsentrasi tegangan pada sambungan las pad eye	6
d	Retak pada sambungan las antar tiang utama	6
e	Konsentrasi tegangan pada tangga (ladder)	7
1.1.3		
a	Kecelakaan helikopter	6
1.1.4		
a	Kecelakaan helikopter yang menimbulkan ledakan api	7
b	Dari refuelling unit	6
1.1.5		
a	Faktor cuaca	5
b	Helikopter melebihi beban maksimal	5

**IV.2 Risk Assessment**

Dengan menggunakan rumus keandalan atau realibility. Nilai laju kegagalan tiap satuan waktu ( $\lambda$ ) atau frekuensi kejadian diperoleh dari data historis FSO Kakap Natuna. Namun karena data historis FSO Kakap Natuna tidak ada, maka digunakan kuisisioner untuk menentukannya. Berikut hasil perhitungan nilai probabilitas kegagalan tiap basic event:

$$R = e^{-\lambda T}$$

$$R + Q = 1$$

Sehingga

$$Q = 1 - R = 1 - e^{-\lambda T} \quad [5]$$

Keterangan:

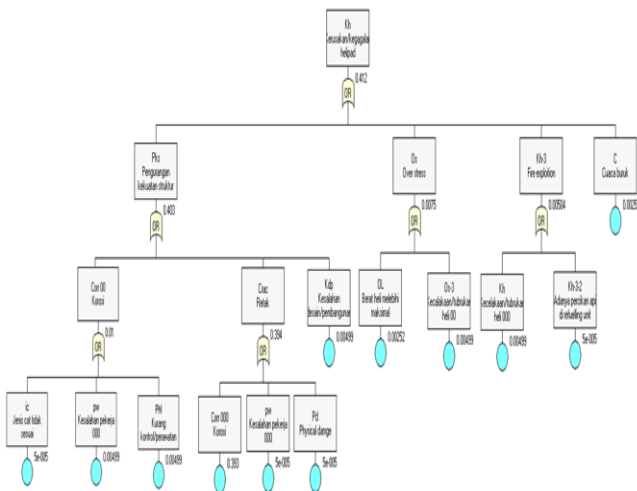
- R = Realibility/ Keandalan
- Q = Unreliability = Kemungkinan kegagalan
- $\lambda$  = laju kegagalan tiap satuan waktu (frekuensi)

Tabel 2  
Nilai Probabilitas Masing-Masing Basic Event

No	Basic Event	Q
a	Jenis cat yang tidak sesuai	0.00005
b	Kesalahan pekerja	0.00499
c	Kurangnya kontrol / perawatan	0.00499
d	Korosi 000	0.39347
e	Physical damage	0.00005
f	Kesalahan pekerja 000	0.00005
g	Kesalahan desain/pembangunan	0.00499
h	Berat helikopter melebihi berat maksimal	0.00252
i	Kecelakaan helikopter 00	0.00499
j	Kecelakaan helikopter 000	0.00499
k	Dari refuelling unit	0.00005
l	Faktor lingkungan	0.00252

Dari initiating event yang ada kemudian dikembangkan lagi untuk mengetahui penyebab dasar kenapa initiating event dapat terjadi. Setelah dilakukan perhitungan maka berikut adalah model Fault tree dari risiko kegagalan/kerusakan helipad FSO Kakap Natuna:

Gambar2  
FTA(Fault Tree Analysis)



Tabel 3  
Rekap nilai probabilitas masing-masing event

No	Event	Probability
a	Kerusakan helipad	0.41154
b	Penurunan kekuatan struktur	0.40259
c	Over stress	0.00749
d	Fire exploitation	0.00504
e	Cuaca buruk	0.00252
f	Korosi 00	0.01000
g	Retak	0.39353
h	Kesalahan desain/pembangunan	0.00499
i	Berat helikopter melebihi berat maksimal	0.00252
j	Kecelakaan helikopter 00	0.00499
k	Kecelakaan helikopter 000	0.00499
l	Adanya sumber api pada area refuelling unit	0.00005
m	Jenis cat yang tidak sesuai	0.00005
n	Kesalahan pekerja 00	0.00499
o	Kurangnya kontrol / perawatan	0.00499
p	Korosi 000	0.39347
q	Kesalahan pekerja 000	0.00005
r	Physical damage	0.00005

Event Tree Analysis

Nilai probabilitas kegagalan dari tiap event didapat dari analisa Fault Tree sebelumnya. Berdasar formula Reliability yaitu  $P_{succes} + P_{failure} = 1$ , maka  $P_{failure} = 1 - P_{succes}$ . Sehingga hasil analisa Event Tree tiap skenario dapat diketahui. Diagram ETA dan hasil perhitungan probabilitas kegagalan/kerusakan Structural Failure Helipad dapat dilihat dibawah ini:

ETA KOROSI

Basic event	Pivotal event			Outcome	Prob
	Korosi 00	Penurunan kekuatan struktur	Kerusakan helipad		
Jenis cat tidak sesuai $p = 0.00005$	Yes $p = 0.01$ No $p = 0.99$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Jenis cat tidak sesuai-Korosi-Pengurangan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$8.3E-08$
			No $p = 0.588$	Jenis cat tidak sesuai-Korosi-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$1.18E-07$
Kesalahan pekerja 00 $p = 0.00499$	Yes $p = 0.01$ No $p = 0.99$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Jenis cat tidak sesuai-Korosi-Kesalahan pekerja-Korosi-Pengurangan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$2.98E-07$
			No $p = 0.588$	Jenis cat tidak sesuai-Korosi-Kesalahan pekerja-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$4.95E-05$
Kurang kontrol/maintenance $p = 0.00499$	Yes $p = 0.01$ No $p = 0.99$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Kesalahan pekerja-Korosi-Pengurangan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$8.28E-06$
			No $p = 0.588$	Kesalahan pekerja-Korosi-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$1.18E-05$
Korosi 000 $p = 0.01000$	Yes $p = 0.01$ No $p = 0.99$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Kesalahan pekerja-Korosi-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$2.97E-05$
			No $p = 0.588$	Kesalahan pekerja-Tidak terjadi korosi	$0.00494$
Physical damage $p = 0.00005$	Yes $p = 0.01$ No $p = 0.99$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Kurang kontrol/maintenance-Korosi-Pengurangan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$8.28E-06$
			No $p = 0.588$	Kurang kontrol/maintenance-Korosi-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$1.18E-05$
Physical damage $p = 0.00005$	Yes $p = 0.01$ No $p = 0.99$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Kurang kontrol/maintenance-Korosi-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$2.97E-05$
			No $p = 0.588$	Kurang kontrol/maintenance-Tidak terjadi korosi	$0.00494$

ETA RETAK

Basic event	Pivotal event			Outcome	Prob
	Retak	Penurunan kekuatan struktur	Kerusakan helipad		
Korosi 000 $p = 0.393$	Yes $p = 0.394$ No $p = 0.634$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Korosi-Retak-Penurunan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$0.025$
			No $p = 0.588$	Korosi-Retak-Penurunan kekuatan struktur-Tidak terjadi kerusakan helipad	$0.036$
Kesalahan pekerja 000 $p = 0.00005$	Yes $p = 0.394$ No $p = 0.634$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Korosi-Tidak terjadi retak	$0.034$
			No $p = 0.588$	Korosi-Tidak terjadi retak	$0.2491$
Physical damage $p = 0.00005$	Yes $p = 0.394$ No $p = 0.634$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Kesalahan pekerja 000-Retak-Pengurangan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$3.27E-06$
			No $p = 0.588$	Kesalahan pekerja 000-Retak-Tidak terjadi kerusakan helipad	$4.66E-06$
Physical damage $p = 0.00005$	Yes $p = 0.394$ No $p = 0.634$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Kesalahan pekerja 000-Retak-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$1.17E-05$
			No $p = 0.588$	Kesalahan pekerja 000-Tidak terjadi retak	$3.17E-05$
Physical damage $p = 0.00005$	Yes $p = 0.394$ No $p = 0.634$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Physical damage-Retak-Pengurangan kekuatan struktur-Kerusakan helipad	$3.27E-06$
			No $p = 0.588$	Physical damage-Retak-Tidak terjadi kerusakan helipad	$4.66E-06$
Physical damage $p = 0.00005$	Yes $p = 0.394$ No $p = 0.634$	Yes $p = 0.403$ No $p = 0.597$	Yes $p = 0.412$	Physical damage-Retak-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	$1.17E-05$
			No $p = 0.588$	Physical damage-Tidak terjadi retak	$3.17E-05$

**ETA KESALAHAN DESIGN/PEMBANGUNAN**

Basic event	Pivotal event		Outcome	Prob
	Penurunan kekuatan struktur	Kerusakan helipad		
Kesalahan desain/pembangunan p = 0,00499	Yes p = 0,403	Yes p = 0,412	Kesalahan design/pembangunan-Penurunan kekuatan struktur-Kerusakan/kegagalan helipad	8,28E-04
		No p = 0,588	Kesalahan design/pembangunan-Penurunan kekuatan struktur-Tidak terjadi kerusakan/kegagalan helipad	1,18E-03
	No p = 0,597		Kesalahan design/pembangunan-Tidak terjadi pengurangan kekuatan struktur	2,97E-03

**ETA OVER STRESS**

Basic event	Pivotal event		Outcome	Prob
	Over stress	Kerusakan helipad		
Berat helikopter melebihi maks p = 0,00252	Yes p = 0,0996	Yes p = 0,412	Berat helikopter melebihi maks-Over stress-Kerusakan helipad	1,03E-04
		No p = 0,588	Berat helikopter melebihi maks-Over stress-Tidak terjadi kerusakan helipad	1,47E-03
	No p = 0,9004		Berat helikopter melebihi maks-Tidak terjadi over stress	2,26E-03
Kecelakaan/tabrakan helikopter p = 0,00499	Yes p = 0,0996	Yes p = 0,412	Kecelakaan helikopter/tabrakan-Over stress-Kerusakan helipad	2,04E-04
		No p = 0,588	Kecelakaan helikopter/tabrakan-Over stress-Tidak terjadi kerusakan helipad	2,92E-04
	No p = 0,9004		Kecelakaan helikopter/tabrakan-Tidak terjadi over stress	4,49E-03

**ETA FIRE EXPLOITION**

Basic event	Pivotal event		Kesimpulan	Prob
	Fire exploition	Kerusakan helipad		
Kecelakaan/tabrakan helikopter p = 0,00499	Yes p = 0,394	Yes p = 0,412	Kecelakaan helikopter-Fire exploition-Kerusakan helipad	8,1E-04
		No p = 0,588	Kecelakaan helikopter-Fire exploition-Tidak terjadi kerusakan helipad	1,15E-03
	No p = 0,606		Kecelakaan helikopter-Tidak terjadi fire exploition	3,02E-03
Adanya api di refuelling unit p = 0,00005	Yes p = 0,394	Yes p = 0,412	Api refuelling unit-Fire exploition-Kerusakan helipad	8,11E-06
		No p = 0,588	Api refuelling unit-Fire exploition-Tidak terjadi kerusakan helipad	1,15E-05
	No p = 0,606		Api refuelling unit-Tidak terjadi fire exploition	3,03E-05

**ETA CUACA BURUK**

Basic event	Pivotal event	Kesimpulan	Prob
	Kerusakan helipad		
Cuaca buruk (Angin kencang, gerakan ekstrim vessel) p = 0,00252	Yes p 0,412	Cuaca buruk-Kerusakan helipad	1,03E-03
	No p = 0,588	Cuaca buruk-Tidak terjadi kerusakan helipad	1,48E-03

**IV.3 Risk Control Option**

Terdapat 16 macam pengendalian risiko sebagai kontrol dari basic event

Tabel 3  
Risk Control Option

RCO	Basic event	Keterangan
RCO1	Retak	Inspeksi dan perawatan secara berkala pada daerah yang rawan terjadi retak
RCO2	Korosi	Pemilihan material
RCO3	Korosi	Inspeksi dan perawatan secara berkala pada daerah yang rawan terkena korosi
RCO4	Jenis coating tidak sesuai	Inspeksi dan perawatan secara berkala pada daerah yang rawan terkena korosi
RCO5	Kesalahan pekerja	Seleksi pekerja sesuai dengan kompetensi pekerjaan.
RCO6	Berat helikopter terlalu berat	Informasi akurat mengenai tipe dan jadwal helicopter yang akan mendarat
RCO7	Faktor lingkungan	Data cuaca diberikan ke desainer sebagai tambahan referensi dalam mendesain
RCO8	Kesalahan desain/pembangunan	Meninjau kembali desain sesuai standar
RCO9	Fire exploition	Pelatihan Fire fighting untuk kru helideck secara berkala.
RCO10	Kecelakaan helikopter	Kalibrasi peralatan meteorologi
RCO11	Kecelakaan helikopter	Pelatihan ulang berkala untuk HLO
RCO12	Fire exploition	Inspeksi, pengecekan, penggantian perlengkapan pemadam api secara berkala.
RCO13	Kecelakaan helikopter	Inspeksi, pengecekan, penggantian perlengkapan Lampu helideck secara berkala.
RCO14	Kecelakaan helikopter	Pemberian informasi cuaca terkini secara akurat kepada pilot untuk menghindari kecelakaan
RCO15	Kecelakaan helikopter	Pengecekan kondisi landasan dan sarana tie down(tali tambat), oleh kru helideck sebelum helicopter mendarat.
RCO16	Kecelakaan helikopter	Pemberian tanda "NO SMOKING" pada area refueling unit

**IV.4 Cost and benefit analysis**

Setelah dilakukan perhitungan biaya dari masing-masing RCO dilakukan perhitungan keuntungan yang diperoleh dari setiap penerapan RCO. Probabilitas kegagalan tiap basic event dapat diantisipasi dengan pilihan RCO.

Nilai probabilitas kegagalan diperoleh dari evaluasi ETA setiap skenario kecelakaan. Semakin besar nilai tersebut berarti semakin tingginya peluang terjadi kegagalan yang disebabkan oleh basic event itu. Pada kolom "%Reduksi" adalah perbandingan antara probability tiap RCO dengan total probability tiap skenario kecelakaan. Kemudian besarnya keuntungan (benefit) didapat dengan mengalikan % Reduksi dengan besarnya cost setiap RCO. Untuk RCO yang tidak memerlukan adanya penambahan biaya, maka nilai cost berdasar pada estimasi pembangunan helipad dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4  
Cost-Benefit Assessment

RCO	Pro-bability	Total Proba-bility	% Reduksi		Cost (Rp)	Benefit (Rp)
RCO 1	3.27E-06	0.412	7.95E-04	%	836,509,048	6,647
RCO 2	2.50E-02	0.412	6.08E+00	%	773,796,883	47,010,746
RCO 3	2.50E-02	0.412	6.08E+00	%	836,509,048	50,820,720
RCO 4	8.38E-08	0.412	2.04E-05	%	85,709,758	323
RCO 5	3.27E-06	0.412	7.95E-04	%	836,509,048	6,647
RCO 6	1.03E-04	0.412	2.50E-02	%	836,509,048	209,381
RCO 7	1.03E-03	0.412	2.50E-01	%	836,509,048	2,093,814
RCO 8	8.36E-04	0.412	2.03E-01	%	836,509,048	1,699,445
RCO 9	8.11E-06	0.412	1.97E-03	%	1,200,000	32,949
RCO 10	2.04E-04	0.412	4.96E-02	%	1,315,000	828,742
RCO 11	2.04E-04	0.412	4.96E-02	%	1,500,000	828,651
RCO 12	8.10E-04	0.412	1.97E-01	%	178,453,264	2,941,914
RCO 13	2.04E-04	0.412	4.96E-02	%	88,691,585	785,426
RCO 14	2.04E-04	0.412	4.96E-02	%	836,509,048	414,697
RCO 15	2.04E-04	0.412	4.96E-02	%	836,509,048	414,697
RCO 16	0.0000 0811	0.412	1.97E-03	%	836,509,048	16,486

#### IV.5 Recommendation

Setelah dilakukan analisa maka diperoleh suatu keputusan dalam upaya penilaian risiko. Penilaian berdasar besarnya nilai probabilitas risiko dan besarnya keuntungan yang didapat dari penerapan pilihan kontrol risiko. Pada risiko kerusakan helipad dengan risiko korosi dipilih RCO3 yaitu dengan peningkatan inspeksi berkala terutama untuk daerah rawan korosi. Untuk risiko retak akibat konsentrasi tegangan dipilih RCO3 yaitu dengan peningkatan inspeksi berkala terutama untuk daerah rawan korosi. Untuk risiko kesalahan desain/pembangunan dipilih RCO8 yaitu melakukan pengecekan detail desain sebelum helipad dibangun. Untuk upaya penanggulangan Over stress (tegangan berlebih) dipilih RCO10 atau RCO11, yaitu melakukan kalibrasi peralatan meteorology guna mendapat informasi cuaca yang akurat untuk diinformasikan kepada pilot atau melakukan pelatihan HLO sebagai upaya pencegahan kecelakaan helikopter pada helipad. Untuk risiko fire exploitation dipilih RCO9, RCO12, RCO16 yaitu pelatihan fire fighting untuk kru helideck secara berkala untuk menanggulangi kecelakaan helikopter yang menimbulkan fire exploitation, atau inspeksi, pengecekan, penggantian perlengkapan pemadam api secara berkala, atau pemberian tanda *NO SMOKING* pada area refueling unit. Untuk risiko cuaca buruk dipilih RCO7 yaitu

dengan pemberian data cuaca ke desainer sebagai tambahan referensi dalam mendesain.

#### V. KESIMPULAN/RINGKASAN

1. Setelah dilakukan pengidentifikasian risiko dengan metode HAZID (Hazard Identification) pada tahap 1 FSA maka didapat, 3 risiko yang berada pada level 8 dengan kategori Intolerable atau harus mendapat perhatian serius, 2 risiko yang berada pada level 7 dengan kategori kategori ALARP (As Low As Reasonably Possible) atau masih dalam toleransi, 7 risiko yang berada pada level 6 dengan kategori ALARP, 2 risiko yang berada pada level 5 dengan kategori ALARP.
2. Diketahui nilai probabilitas kegagalan struktur helideck sebesar 0.412 yang mana besarnya probabilitas semakin mendekati 1 semakin besar kemungkinan untuk terjadi.
3. Risiko terbesar pada helideck FSO Kakap Natuna adalah korosi, diatasi dengan pilihan kontrol risiko RCO3; RCO2 yaitu inspeksi dan perawatan secara berkala pada daerah yang rawan terkena korosi atau pemilihan material dimana keuntungan dari penerapan masing-masing RCO adalah Rp 47,010,746,- ; Rp 50,820,720,-.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tak terkira kepada Teman-teman tortuga 2007 dan semua pihak yang ikut membantu dalam pengerjaan artikel ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Maritime Organization (IMO). 2002. Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in The IMO Rule-Making Process. London: Maritime Safety Committee.
- [2] Burt, John. 2000. Offshore Helideck Design Guidelines: Health and safety executive.
- [3] Kontovas, Christos Alex. 2005. Formal safety assessment critical review and future role: School of Naval architecture and marine engineering national technical university of Athens, Greece
- [4] Muhammad Dipo Alam. 2009. Formal Safety Assesmen kapal ikan di pelabuhan perikanan pemangkat kabupaten sambas provinsi Kalimantan barat. ITS
- [5] Ebeling, Charles E. 1997. *Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc Graw – Hill Company. Inc.