

ANALISA PENENTUAN KOMPONEN KRITIS DAN REKOMENDASI TINDAKAN PENCEGAHAN KERUSAKAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FUZZY FMEA* DAN *TOPSIS* (Studi kasus : Radar Navigasi Sperry Marine)

Panji Suwarno 1, Herry 2, Udisubakti Ciptomulyono 3
1,2 Pasca Sarjana Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut
3 Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nipember (ITS) Surabaya
Email : [1herrys2sttal@gmail.com](mailto:herrys2sttal@gmail.com), [2udisubakti@gmail.com](mailto:udisubakti@gmail.com)

Abstrak

Metode *FMEA* merupakan salah satu *tool* yang dapat diterima dengan baik untuk menganalisa *reability* dan *safety* dari peralatan karena bersifat *visible* dan mudah digunakan. Namun tim *FMEA* akan mengalami kesulitan dalam penerapan pada industri nyata karena terdapat kelemahan (Yeh et all, 2007, Wang et all, 2009). Dalam menentukan komponen kritis dan prioritas perbaikan, *FMEA* tradisional masih memiliki kelemahan, dimana *FMEA* tradisional menempatkan faktor *severity*, *occurance* dan *detection* pada tingkat kepentingan yang sama, walaupun pada kenyataannya memiliki tingkat kepentingan yang berbeda serta bobot kepentingan tim penilai *FMEA* diabaikan. Pada penelitian ini diintegrasikan metode fuzzy pada *FMEA* dimana faktor *severity*, *occurance* dan *detection* dinilai dalam bentuk linguistik. Pada metode fuzzy ini, bobot kepentingan tim penilai *FMEA* diperhitungkan. Untuk melakukan perankingan dan prioritas perbaikan digunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* berdasarkan kriteria-kriteria seperti tingkat *resiko*, *economic cost*, ketersediaan *spare part*, *economic safety* dan *maintenance personal ability*. Penerapan metode *Fuzzy* dan *TOPSIS* pada *FMEA* untuk menentukan komponen kritis serta prioritas perbaikan dari berbagai alternatif yang terpilih terhadap kerusakan komponen diterapkan pada sistem *Radar Navigasi Sperry Marine*, sehingga diharapkan dengan penerapan metode ini dapat meningkatkan kinerja operasional KRI untuk menjaga wilayah yurisdiksi nasional.

Kata kunci : *Penentuan Komponen Kritis, Tindakan Pencegahan, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fuzzy, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*.

1. Pendahuluan

Metode *FMEA* dapat digunakan untuk mencegah berbagai bentuk kegagalan komponen, memperkirakan masalah serta mencari solusi yang paling optimal dan ekonomis. Metode *FMEA* dapat mengidentifikasi mode kegagalan potensial pada sistem, subsistem dan komponen. Metode ini memprioritaskan semua mode kegagalan potensial untuk menentukan tindakan pencegahan kemungkinan terjadinya kegagalan. Perbedaan utama metode *FMEA* dengan metode kualitas lainnya adalah metode *FMEA* merupakan metode aktif, sedangkan metode lainnya merupakan metode pasif (berdasarkan reaksi), dimana ketika terjadi kegagalan metode lain mendefinisikan beberapa reaksi yang akan membutuhkan biaya banyak, sumber daya dan waktu. Sementara metode *FMEA* berupaya untuk memprediksi potensi masalah dan risikonya dan kemudian mengambil langkah untuk mengurangi atau

meniadakan resiko tersebut. Tindakan ini merupakan tindakan pencegahan terhadap apa yang akan terjadi di masa depan dan membutuhkan biaya dan waktu yang rendah dibandingkan dengan tindakan reaksi (Shekari, A. 2009).

Metode *FMEA* merupakan salah satu *tool* yang dapat diterima dengan baik untuk menganalisa *reability* dan *safety* dari peralatan karena bersifat *visible* dan mudah digunakan. Namun tim *FMEA* akan mengalami kesulitan dalam penerapan pada industri nyata karena terdapat kelemahan (Yeh et all, 2007, Wang et all, 2009). Kelemahan-kelemahan tersebut adalah :

- a. Informasi pada *FMEA* dinyatakan dalam bentuk linguistik seperti "*few*", "*moderate*" atau "*high*". Maka sulit bagi konvensional *FMEA* untuk mengevaluasi secara tepat *reability* dan *safety* dari produk atau proses.
- b. Pada konvensional *FMEA*, penilaian pada ketiga parameter *severity*

(S), occurrence (O), dan detection (D) diasumsikan memiliki tingkat kepentingan yang sama. Tetapi jika diterapkan pada dunia nyata, tingkat kepentingan antara (S), (O), dan (D) relatif berbeda.

c. *Risk Priority Number (RPN)* dihitung untuk menentukan peringkat prioritas dalam tindakan perbaikan atau langkah pencegahan pada FMEA, akan tetapi untuk nilai yang sama dari RPN mungkin menimbulkan representasi risiko yang berbeda.

d. Ketika melakukan penilaian dalam FMEA, keragaman dan kemampuan anggota tim FMEA penting dipertimbangkan. Ini dilakukan karena sulit untuk membagi pengalaman yang dimiliki dari anggota tim terhadap permasalahan yang dihadapi.

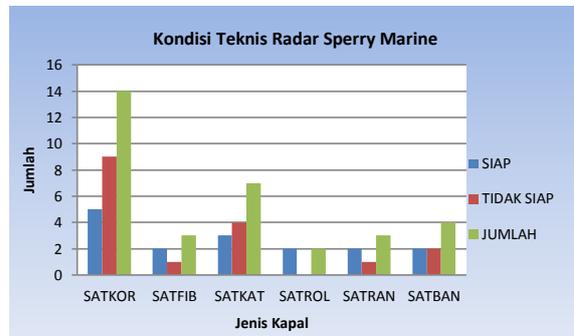
Untuk meningkatkan kinerja FMEA tradisional dalam menilai faktor-faktor resiko seperti *Severity (S)*, *Occurance (O)*, dan *Detection (D)*, pada penelitian ini menggunakan pendekatan *fuzzy*. Pada FMEA tradisional penilaian faktor-faktor kegagalan yang diterapkan pada bahasa alami akan memperoleh informasi yang tidak tepat (*ambiguous*) dan bersifat samar (*vague*) (Yeh et al, 2007).

Untuk menentukan tindakan rekomendasi dan prioritas perbaikan dari berbagai kerusakan komponen yang terjadi, dinas (bagian) perbaikan dihadapkan pada kriteria-kriteria untuk pelaksanaan perbaikan. Kriteria-kriteria tersebut adalah tingkat *resiko*, *economic cost*, ketersediaan *spare part*, *economic safety* dan *maintenance personal ability*. Setelah kriteria-kriteria tersebut dinilai oleh tim penilai FMEA, maka dilakukan perangkaan atau penilaian terhadap masing-masing mode kegagalan dengan pendekatan metode *TOPSIS*.

RADAR (Radio Detection and Ranging) merupakan alat navigasi KRI yang berfungsi untuk menentukan posisi kapal sendiri maupun kapal lain. Dengan kata lain *Radar* merupakan mata dari KRI untuk melaksanakan navigasi atau pelayaran dari suatu tempat ke tempat tertentu. Untuk itu peran *Radar* sangat penting untuk operasional KRI, tanpa *Radar* tidak mungkin KRI dapat melakukan pelayaran. Sebagai sistem, subsistem ataupun komponen aktif atau dengan kata lain selalu bergerak (beroperasi) tentunya rawan terjadinya kegagalan/kerusakan *Radar* tersebut. Kegagalan/kerusakan terjadi karena usia pakai ataupun sistem

perawatan yang belum berjalan dengan baik.

Pada gambar 1.1 berikut menunjukkan jumlah KRI (Kapal Perang Republik Indonesia) yang menggunakan Radar Sperry Marine dari berbagai Kelas KRI serta kondisi teknisnya. Dari gambar dapat kita lihat bahwa jumlah Radar yang tidak siap pakai lebih banyak dibanding dengan yang siap pakai.



Gambar 1.1 Kondisi Radar Sperry Marine (Sumber : Dirharkap 2015)

2. Landasan Teori

2.1 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin modus kegagalan. FMEA memiliki resiko-resiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan (*failure*) dan menyediakan dasar yang baik untuk pengklasifikasian karakteristik (Pyzdek, 2002). FMEA yang baik dapat membantu pembuat analisa dalam mengidentifikasi mode kegagalan potensial, penyebab dan efeknya. Disamping itu, FMEA membantu dalam membuat prioritas dan tindakan korektif terhadap mode kegagalan tersebut.

Tujuan FMEA adalah membantu para analis untuk mengidentifikasi dan mencegah masalah yang sudah teridentifikasi sebelum masalah tersebut terjadi. Untuk tujuan itu, resiko setiap mode kegagalan akan dievaluasi dan diprioritaskan sehingga tindakan korektif dapat dilakukan terhadap mode kegagalan yang berbeda.

Severity adalah penilaian terhadap keseriusan dari efek yang ditimbulkan. Dalam arti setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besarkah tingkat keseriusannya. Terdapat hubungan secara langsung antara efek dan *severity*. Sebagai contoh, apabila efek yang terjadi adalah

efek yang kritis, maka nilai *severity* pun akan tinggi. *Occurance* adalah kemungkinan suatu penyebab akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk.

Occurance merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan / mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) merupakan produk dari hasil perkalian tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. RPN menentukan prioritas dari kegagalan. RPN tidak memiliki nilai atau arti. Nilai tersebut digunakan untuk meranking kegagalan proses yang potensial.

Nilai RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$RPN = (Severity)^{1/3} \times (Occurrence)^{1/3} \times (Detection)^{1/3}$$

2.2 Teori Fuzzy

2.2.1 Himpunan Crisp

Menurut Yan et al. (1994), himpunan *crisp* A didefinisikan oleh elemen-elemen yang ada pada himpunan itu. Jika $a \in A$, maka A bernilai 1. Namun, jika $a \notin A$, maka a bernilai 0. Notasi $A = \{x/P(x)\}$ menunjukkan bahwa A berisi elemen x dengan sifat P adalah benar. Jika X_A merupakan fungsi karakteristik A dengan sifat P , maka dapat dikatakan bahwa $P(x)$ benar jika dan hanya jika $X_A(x) = 1$

2.2.2 Himpunan Fuzzy

Menurut Yan et al. (1994), himpunan fuzzy didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik pada himpunan *crisp* sedemikian sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu elemen dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada nol (0) dan satu (1), namun juga nilai yang terletak di antaranya. Nilai kebenaran suatu pernyataan tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai satu (1) menunjukkan benar dan nilai nol (0) menunjukkan salah, namun masih ada nilai-nilai yang terletak di antara benar satu (1) dan salah nol (0).

Himpunan *fuzzy* mempunyai dua (2) atribut, yakni Linguistik dan Numerik. Linguistik merupakan penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau suatu kondisi tertentu dengan menggunakan

bahasa alami, seperti tinggi (*high*), rendah (*low*), bagus (*good*), besar (*big*), kecil (*small*). Numerik adalah suatu nilai atau angka yang menunjukkan ukuran suatu variabel, seperti 40, 120 dan 325 (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy (Kusumadewi dan Purnomo, 2004), yaitu :

a. Variabel fuzzy

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

b. Himpunan fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Ini merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa bertambah secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini dibatasi batas atasnya.

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa bertambah secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

e. Fuzzifikasi

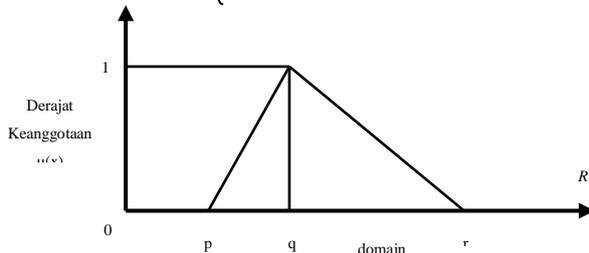
Fuzzifikasi merupakan suatu proses untuk mengubah suatu variabel input dari bentuk *crisp* menjadi variabel linguistik dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya masing-masing.

2.2.3 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki interval antara nol (0) sampai dengan satu (1) (Kusumadewi dan Purnomo, 2004). Untuk mendapatkan nilai keanggotaan fuzzy digunakan pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, seperti fungsi-S, fungsi gauss, fungsi-p, fungsi beta, fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapesium.

Suatu fungsi keanggotaan fuzzy dikatakan fungsi keanggotaan segitiga jika mempunyai tiga buah parameter, yaitu $p, q, r \in R$ dengan $p < q < r$, dan dinyatakan dengan aturan sebagai berikut :

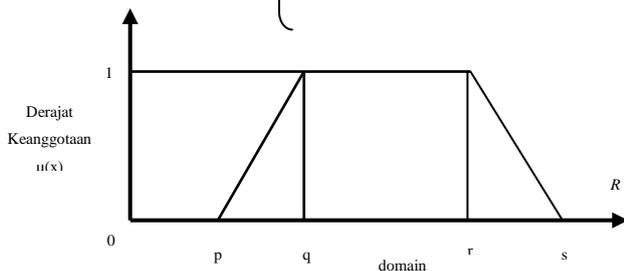
$$\mu(x,p,q,r) = \begin{cases} \frac{x-p}{q-p} & p \leq x \leq q \\ \frac{r-x}{r-q} & q \leq x \leq r \\ 0 & x \leq p \text{ atau } x \geq r \end{cases} \quad (2.1)$$



Gambar 2.2 Kurva fungsi keanggotaan segitiga (Sumber : Susilo, 2003)

Suatu fungsi keanggotaan fuzzy disebut sebagai fungsi keanggotaan trapesium jika mempunyai empat buah parameter, yaitu $p, q, r, s \in R$ dengan $p < q < r < s$, dinyatakan dengan aturan sebagai berikut :

$$\mu(x,p,q,r,s) = \begin{cases} \frac{x-p}{q-p} & p \leq x \leq q \\ 1 & q \leq x \leq r \\ \frac{s-x}{s-r} & r \leq x \leq s \\ 0 & x \leq p \text{ atau } x \geq s \end{cases} \quad (2.2)$$

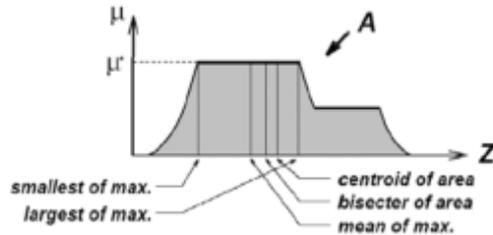


Gambar 2.3 Kurva fungsi keanggotaan trapesium (Sumber : Susilo, 2003)

2.2.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan suatu proses konversi dan kuantitas fuzzy menjadi kuantitas yang pasti, dimana output dan proses fuzzy dapat berupa gabungan logika dari dua atau lebih fungsi keanggotaan fuzzy yang didefinisikan sesuai dengan semesta pembicaraannya. Input dan proses defuzzy adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy

tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output seperti terlihat pada gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 Proses Defuzzifikasi metode Mamdani

2.3 FMEA berbasis fuzzy

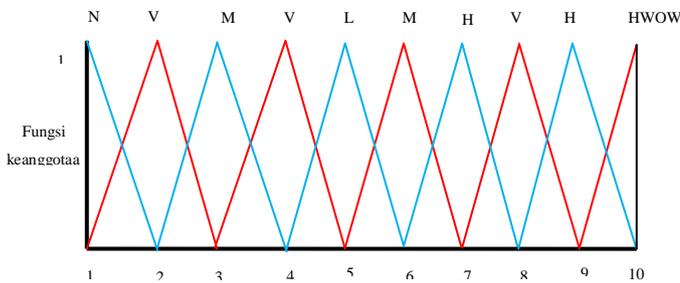
Beberapa ahli berpendapat bahwa faktor-faktor S, O dan D tidak mudah dievaluasi secara akurat. Upaya evaluasi dilakukan secara linguistik (Wang et al, 2009). Tabel berikut menunjukkan istilah linguistik dan fuzzy number yang digunakan untuk mengevaluasi faktor-faktor tersebut dan visualisasi membership function dari masing-masing faktor tersebut.

Tabel 2.1 Fuzzy ratings for severity

Rating	Severity of Effect	Fuzzy number
Hazardous without warning (HWOW)	Tingkat keperahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem safety tanpa peringatan	(9, 10, 10)
Hazardous with warning (HWW)	Tingkat keperahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem safety dengan peringatan	(8, 9, 10)
Very High (VH)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan	(7, 8, 9)
High (H)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan peralatan	(6, 7, 8)
Moderate (M)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil (Minor)	(5, 6, 7)
Low (L)	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa kegagalan	(4, 5, 6)
Very Low (VL)	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan signifikan	(3, 4, 5)

Minor (MR)	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan	(2, 3, 4)
Very Minor (VMR)	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit gangguan	(1, 2, 3)
None (N)	Tidak ada pengaruh	(1, 1, 2)

Sumber : (Wang et all, 2009)

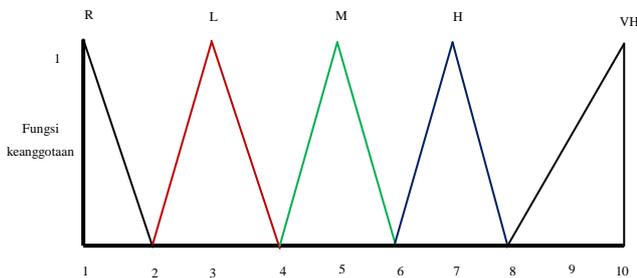


Gambar 2.4 Nilai fuzzy severity dan fungsi Keanggotaan (Sumber : Wang et all, 2009)

Tabel 2.5 Fuzzy ratings for occurrence

Rating	Probability of occurrence	Fuzzy Number
Very High (VH)	Failure tidak dapat dihindari	(8, 9, 10)
High (H)	Failure yang terjadi berulang	(6, 7, 8)
Moderate (M)	Failure kadang kali terjadi	(4, 5, 6)
Low (L)	Failure relatif sedikit	(2, 3, 4)
Remote (R)	Failure tidak mungkin terjadi	(1, 1, 2)

Sumber : (Wang et all, 2009)



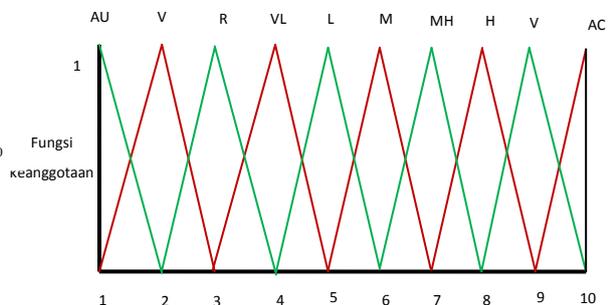
Gambar 2.5 Nilai fuzzy occurrence dan fungsi keanggotaan (Sumber : Wang et all, 2009)

Tabel 2.6 Fuzzy ratings for detection

Rating	Kemungkinan Deteksi oleh alat pengontrol	Fuzzy Number
Absolute Uncertainly (AU)	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya.	(9,10, 10)
Very remote (VR)	Sangat kecil kemampuan alat pengontrol	(8, 9, 10)

Remote (R)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Kecil kemampuan alat pengontrol	(7, 8, 9)
Very Low (VL)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Sangat rendah kemampuan alat pengontrol	(6, 7, 8)
Low (L)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Rendah kemampuan alat pengontrol	(5, 6, 7)
Moderate (M)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Sedang kemampuan alat pengontrol	(4, 5, 6)
Moderately High (MH)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Sangat sedang kemampuan alat pengontrol	(3, 4, 5)
High (H)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Tinggi kemampuan alat pengontrol	(2, 3, 4)
Very High (VH)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol	(1, 2, 3)
Almost Certain (AC)	mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berlutnya. Hampir pasti kemampuan alat pengontrol	(1, 1, 2)

(Sumber : Wang et all, 2009)



Gambar 2.6 Nilai fuzzy detection dan fungsi keanggotaan

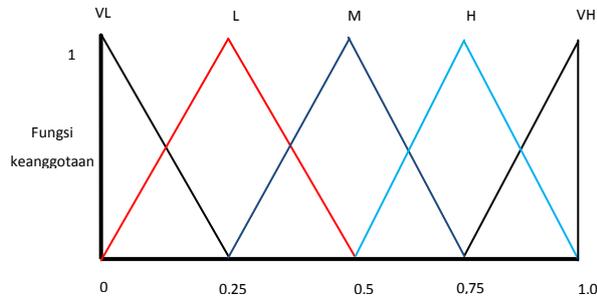
FMEA tradisional tidak memperhitungkan kepentingan relatif dari faktor-faktor risiko dan menempatkannya dengan tingkat kepentingan yang sama. Bobot kepentingan relatif faktor risiko dinilai dengan menggunakan istilah linguistik yang dapat dilihat pada tabel 2.7 dan fungsi

keanggotaannya dapat dilihat pada gambar 2.7.

Tabel 2.7 Fuzzy weight untuk kepentingan relatif resiko

Istilah Linguistik	Fuzzy Number
Very Low (VL)	(0 ; 0 ; 0,25)
Low (L)	(0 ; 0,25 ; 0,5)
Medium (M)	(0,25 ; 0,5 ; 0,75)
High (H)	(0,5 ; 0,75 ; 1)
Very High (VH)	(0,75 ; 1 ; 1)

Sumber : (Wang et all, 2009)



Gambar 2.7 Fungsi keanggotaan dari fuzzy weight (Sumber : Wang et all, 2009)

Berdasar pada (Wang et all, 2009) untuk melakukan penilaian terhadap faktor-faktor kegagalan pada FMEA dalam bentuk fuzzy, maka dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan opini subyektif terhadap anggota-anggota tim penilai FMEA dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\bar{R}_i^o = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ij}^o = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijL}^o, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijM}^o, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijU}^o, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijD}^o \right)$$

$$\bar{R}_i^s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ij}^s = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijL}^s, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijM}^s, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijU}^s, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijD}^s \right)$$

$$\bar{R}_i^p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ij}^p = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijL}^p, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijM}^p, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijU}^p, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijD}^p \right)$$

$$\bar{R}_i^d = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ij}^d = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijL}^d, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijM}^d, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijU}^d, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{R}_{ijD}^d \right)$$

$$\bar{W}^o = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_j^o = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jL}^o, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jM}^o, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jU}^o, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jD}^o \right)$$

$$\bar{W}^s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_j^s = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jL}^s, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jM}^s, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jU}^s, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jD}^s \right)$$

$$\bar{W}^p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_j^p = \left(\sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jL}^p, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jM}^p, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jU}^p, \sum_{j=1}^m h_j \cdot \bar{W}_{jD}^p \right)$$

2. Menghitung fuzzy risk priority number (FRPN) untuk setiap mode kegagalan dengan persamaan berikut ini :

$$FRPN_i = (\bar{R}_i^o)^{\frac{\bar{W}^o}{\bar{W}^o + \bar{W}^s + \bar{W}^p}} \times (\bar{R}_i^s)^{\frac{\bar{W}^s}{\bar{W}^o + \bar{W}^s + \bar{W}^p}} \times (\bar{R}_i^p)^{\frac{\bar{W}^p}{\bar{W}^o + \bar{W}^s + \bar{W}^p}}$$

Pada FMEA tradisional mendefinisikan RPN sebagai hasil sederhana dari Occurance (O), Severity (S), Detection (D) tanpa mempertimbangkan bobot kepentingan relatifnya. Namun pada Fuzzy FMEA bobot kepentingan relatifnya faktor-faktor resiko dinilai dengan menggunakan istilah linguistik.

2.3 Metode TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang tahun 1981. TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif yang terpilih atau terbaik tidak hanya mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terjauh dari solusi ideal negatif dari sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak Euclidean untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal. Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi negatif-ideal terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk setiap atribut.

Dalam penelitian ini, metode TOPSIS digunakan untuk penilaian prioritas mode kegagalan yang telah teridentifikasi dengan melakukan perangkingan terhadap faktor-faktor terpilih. Faktor-faktor tersebut adalah tingkat resiko, economic cost, ketersediaan spare part, economic safety dan maintenance personal ability. Tujuannya adalah untuk menghindari bias pada fungsi utilitas dalam mengevaluasi koefisien pembobotan pada faktor-faktor severity, occurance dan detection. Pendekatan ini digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi Risk Priority Number (RPN).

Langkah-langkah dari metode TOPSIS adalah (Sachdeva et all, 2009) :

1. Membangun matriks perbandingan kriteria pada TOPSIS.

TOPSIS dimulai dengan membangun sebuah matriks keputusan ;

$$X = [X_{ij}]$$

Dimana alternatif i^{th} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) dievaluasi terhadap kriteria j^{th} ($j = 1, 2, 3, \dots, m$).

2. Normalisasi matriks perbandingan kriteria asli.

Digunakan persamaan (Deng et al, 2002 dalam Sachdeva et al, 2009). Untuk mengubah setiap elemen $[X_{ij}]$ dengan persamaan di bawah ini.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

3. Perhitungan bobot setiap perbandingan kriteria

Perhitungan bobot masing-masing kriteria berdasarkan nilai entropi dan kemudian merubahnya menjadi bobot yang dijelaskan pada langkah-langkah berikut:

a. Hitung nilai entropi masing-masing kriteria C_1, C_2, \dots, C_n

Bobot masing-masing kriteria dihitung dengan menggunakan konsep entropi (Sachdeva et al, 2009) e_j mewakili entropi j^{th}

$$e_j = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n r_{ij} \cdot \ln(r_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Dimana $\frac{1}{\ln(n)}$ merupakan konstanta

yang membuat nilai e_j antara 0 dan 1.

b. Perhitungan bobot $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ masing-masing kriteria

Bobot obyektif masing-masing kriteria dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

4. Penetapan solusi ideal positif (v^+)

dan solusi idela negatif (v^-) untuk masing-masing perbandingan kriteria.

Dalam menurunkan indek kriteria dari setiap kriteria yang digunakan untuk perbandingan, penting untuk menghitung solusi ideal positif (v^+) dan solusi ideal

negatif (v^-) untuk masing-masing perbandingan kriteria dengan menggunakan persamaan berikut:

$$(v^+) = (\max(r_{11}), \max(r_{12}), \dots, \max(r_{1n}))$$

$$= (V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+)$$

$$(v^-) = (\min(r_{11}), \min(r_{12}), \dots, \min(r_{1n}))$$

$$= (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-)$$

5. Perhitungan jarak untuk masing-masing kriteria antara solusi ideal positif (v^+) dan solusi idela negatif (v^-).

Untuk menghitung jarak *euclidean* g dari setiap alternatif ke (v^+) dan (v^-) menggunakan persamaan berikut :

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j (v_j^+ - r_{ij}^+)^2} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j (r_{ij}^- - v_j^-)^2} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

d_i^+ menunjukkan jarak dari kriteria i^{th} yang dibandingkan dengan solusi ideal positif, dan d_i^- menunjukkan jarak dari kriteria i^{th} yang dibandingkan dengan solusi ideal negatif.

6. Perhitungan relatif *Risk Priority Index (RPI)* dari solusi ideal

Peringkat akhir dari alternatif-alternatif didapat dengan mengacu pada nilai relatif kedekatan terhadap solusi ideal. Untuk masing-masing kriteria yang dibandingkan, RPI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$RPI = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

2.3.1 Kriteria kualitatif

Kriteria kualitatif merupakan kriteria yang tidak mempunyai nilai secara pasti, untuk mengetahui nilainya perlu dilakukan kuantifikasi terhadap kriteria kualitatif tersebut. Setelah dilakukan kuantifikasi maka diperoleh nilai angka dari kriteria kualitatif. Kriteria kualitatif yang digunakan dalam menentukan prioritas perbaikan terhadap mode kegagalan diidentifikasi dari *root cause analysis (RCA)*.

Adapun kriteria-kriteria kualitatif tersebut terdiri dari *tingkat resiko, economic safety, economic cost, spare part* dan *maintenance ability*.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini meneliti tentang penerapan metode *FMEA, Fuzzy* dan *TOPSIS* pada operasional Radar Navigasi Sperry Marine Kapal Perang Republik Indonesia.

4. Penerapan Model

Penerapan model yang dilakukan akan diuji cobakan pada proses operasional Radar Sperry Marine, dimana

terdapat 35 mode kegagalan pada proses operasionalnya yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Mode Kerusakan

No	Bagian/ Fungsi	Failure Mode	Failure Effect
1	Scanner Unit	Power Supply (K1) Komponen rusak/terbakar	Scanner unit tidak beroperasi
		Modulator (K2) Komponen rusak	Tidak bisa memancar (Tx/Rx)
		Motor (K3) Motor terbakar	Proses memancar (Tx/Rx) terhenti
		Motor Drive PCB K(4) Motor terbakar	Antena tidak bisa berputar
		Trigger board (K5) Komponen rusak	Radar tidak bisa memancar (Tx/Rx)
		Drive Belt (K6) Putus/Hancur	Motor tidak bisa memutar antena
		Bearing Disc (K7) Gear rontok	Tidak ada flash
		Bearing Disc dan Heading Marker PCB (K8) Gear rontok	Heading flash hilang untuk arah alu kapal
		Magnetron (K9) Komponen rusak	Pancaran/jarak jangkauan radar pendek
		Circulator (K10) Circulator rusak	Radar tidak bisa memancar (Tx/Rx)
		Low Noise Front End (K11) Low Noise Front End rusak	Radar tidak bisa (Rx) receive (menerima)
		Limiter (K12) Limiter rusak	Radar tidak bisa mendeteksi target
		Antena (K13) Scanner bocor	Jarak pancar (Tx) radar pendek
		House belt (K14) Hancur/rusak	Antena tidak bisa berputar
2	CPU	Hard Disc (K15) Program error	Komputer (Display) tidak bisa booting
		VGA Card (16) Komponen rusak	Tidak muncul tampilan pada display
		Battray CMOS (K17) Rusak/tidak ada tegangan	CPU tidak bisa beroperasi/bekerja
		Power Supply	Komponen

		CPU (K18) Komponen rusak/terbakar	rusak/terbakar
3	Monitor	Potensiometer Cahaya K19) Komponen rusak/haus	Pengaturan cahaya pada display tidak bisa
4	GPS	Antena GPS/Receiver (K20) Antena korosi	Tidak dapat menampilkan data lintang dan bujur
		Display (K21) Komponen rusak	Display tidak terbaca
		Processing Unit (K22) Komponen rusak	Processor tidak bisa bekerja
		Power Supply PCB (K23) Komponen rusak/terbakar	GPS tidak bisa beroperasi/bekerja
5	Gyro Compass	Power Supply PCB (K24) Komponen rusak/terbakar	Gyro compass tidak bisa beroperasi/bekerja
		Connector PCB (K25) Patah/haus	Data gyro tidak bisa terkirim
		Sensor PCB (K26) Komponen rusak	Tidak dapat menampilkan data halu/arah kapal
		Auter Sphere (K27) Heater hancur	Tidak bisa meredian/utara benar
		Encoder COMPL (K28) Penunjuk arah rusak	Tidak bisa meredian/utara benar
		Pump Gyro (K29) Pompa tidak dapat memposisikan bola gyro di tengah	Tidak bisa meredian/utara benar
		Gyro Sphere (K30) Gyro Sphere rusak	Tidak bisa meredian/utara benar dan hunting
		Fuse (K31) Terbakar	Tegangan tidak masuk maka gyro tidak bisa beroperasi
6	Sumber Tegangan	Isolating Transformer (K32) Rusak/korosi	Tegangan yang diperlukan tidak sesuai
		Stavol (K33) Terbakar	Tegangan tidak stabil
		MCB (K34) Rusak	Tidak dapat memutuskan daya lebih sehingga merusak komponen elektronik
		UPS (K35) Tidak bisa menyimpan daya	Gyro tidak bisa bekerja saat terjadi black out

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Hasil Perbandingan RPN, FRPN dan RPI

Tabel 5.1 Perbandingan hasil RPN, FRPN dan RPI

Mode Kerusakan	FMEA		FUZZY FMEA		TOPSIS	
	RPN	Rangking	FRPN	Rangking	RPI	Rangking
Power Supply (K1) Komponen rusak/terbakar	6,84	8 - 9	6,25	11	0,304	25
Modulator (K2) Komponen rusak	4,76	14	5,89	13	0,294	26
Motor (K3) Motor terbakar	5,94	12	6,83	7	0,245	30
Motor Drive PCB (K4) Motor terbakar	6,32	11	6,53	9	0,379	15
Trigger board (K5) Komponen rusak	4,48	15	6,51	10	0,316	23
Drive Belt (K6) Putus/Hancur	9,32	1 - 2	7,37	3	0,835	3
Bearing Disc (K7) Gear rontok/rusak	9,32	1 - 2	7,50	2	0,838	1
Bearing Disc (K8) Gear rontok/rusak	8,96	4	7,21	5	0,474	10
Magnetron (K9) Komponen rusak	4,16	16	4,48	25	0,518	9
Circulator (K10) Circulator rusak	3,3	23 - 24	4,50	24	0,344	18
Low Noise Front End (K11) Low Noise Front End rusak	2,88	25 - 26	4,04	28	0,332	22
Limiter (K12) Limiter rusak	2,52	28 - 30	3,86	30	0,435	13
Antena (K13) Scanner bocor	2,29	31 - 33	4,00	29	0,103	35
House belt (K14) Hancur/rusak	8,32	5 - 6	6,90	6	0,823	4
Hard Disc (K15) Program error	3,91	19 - 20	4,63	22	0,448	12
VGA Card (16) Komponen rusak	3,42	22	4,72	19	0,306	24
Batray CMOS (K17) Rusak/tidak ada tegangan	2,52	28 - 30	3,62	32	0,283	27
Power Supply CPU (K18) Komponen rusak/terbakar	5,24	13	5,27	14	0,460	11
Potensiometer Cahaya (K19) Komponen rusak/haus	1,59	34 - 35	2,80	35	0,266	29
Antena GPS/Receiver (K20) Antena korosi	2,71	27	4,25	27	0,366	17
Display (K21) Komponen rusak	2,52	28 - 30	3,34	34	0,271	28
Processing Unit (K22) Komponen rusak	4,12	17 - 18	4,53	23	0,335	19
Power Supply PCB (K23) Komponen rusak/terbakar	6,84	8 - 9	6,65	8	0,637	7
Power Supply PCB (K24) Komponen rusak/terbakar	8,32	5 - 6	7,22	4	0,835	2
Connector PCB (K25) Patah/haus	1,59	34 - 35	3,38	33	0,194	32
Sensor PCB (K26) Komponen rusak	3,78	21	4,83	18	0,416	14
Auter Sphere (K27) Heater hancur	6,87	7	5,24	15	0,674	6
Encoder COMPL (K28) Penunjuk arah rusak	4,12	17 - 18	4,38	26	0,335	20
Pump Gyro (K29) Bola gyro tidak di tengah	6,65	10	6,20	12	0,522	8
Gyro Sphere (K30) Gyro Sphere rusak	9	3	7,79	1	0,737	5
Fuse (K31) Terbakar	2,88	25 - 26	4,68	20	0,227	31
Isolating Transformer (K32) Rusak/korosi	2,29	31 - 33	3,77	31	0,136	34
Stavol (K33) Terbakar	3,3	23 - 24	4,67	21	0,333	21
MCB (K34) Rusak	2,29	31 - 33	4,90	16	0,159	33
UPS (K35) Tidak bisa menyimpan daya	3,91	19 - 20	4,88	17	0,372	16

5.2 Analisa RPN, FRPN dan RPI

5.2.1 Analisa FMEA dan FUZZY FMEA

Pada Tabel 5.1 di atas dapat kita lihat bahwa dari 35 mode kerusakan

komponen terdapat 22 kelompok komponen yang memiliki nilai RPN dan rangking yang sama. Tabel 5.2 berikut menunjukkan nilai RPN yang sama dari 22 kelompok.

Tabel 5.2

No	Nilai RPN	Mode Kerusakan
1	9,32	K6/K7
2	8,32	K14/K24
3	6,84	K1/K23
4	4,12	K22/K28
5	3,91	K15/K35
6	3,3	K10/K33
7	2,88	K11/K31
8	2,52	K12/K17/K21
9	2,29	K13/K32/K34
10	1,57	K19/K25

Dari tabel terlihat bahwa terdapat beberapa komponen yang memiliki nilai RPN yang sama. Hal ini disebabkan karena pada FMEA tradisional faktor-faktor *severity (S)*, *occurance (O)* dan *detection (D)* dianggap memiliki tingkat kepentingan yang sama, pada kenyataannya memiliki tingkat tingkat kepentingan yang berbeda. Begitu juga dengan bobot kepentingan tim penilai FMEA tidak diperhitungkan. Sehingga dengan demikian pengguna tidak dapat menentukan mana komponen-komponen yang dianggap kritis dan tidak dapat menentukan prioritas komponen yang akan diperbaiki. Sebagai contoh misalnya komponen K6 dan K7 dengan memiliki nilai RPN yang sama yaitu 9,32, sehingga pengguna tidak dapat menentukan mana dari ke dua komponen tersebut lebih menjadi prioritas untuk perbaikan.

Dengan menggunakan pendekatan fuzzy pada FMEA, dimana setiap kegagalan memiliki nilai rating fuzzy yang berbeda-beda dan tingkat kepentingan serta bobot tim penilai FMEA dipertimbangkan, maka setelah dilakukan perhitungan nilai FRPN maka setiap komponen memiliki rangking yang berbeda.

Sebagai contoh misalnya komponen K14 dan K24 yang memiliki peringkat fuzzy masing-masing 8 dan 9, dimana pada FMEA tradisional kedua komponen tersebut memiliki nilai RPN yang sama yaitu 8,32 dengan peringkat 5-6. Setelah dilakukan pendekatan secara fuzzy untuk menghitung nilai FRPN, maka kedua komponen tersebut memiliki FRPN 6,905 dan 7,217 serta rangking yang berbeda yaitu 6 dan 4.

Dengan menggunakan pendekatan fuzzy pada FMEA, akan lebih mudah bagi pengguna untuk membedakan risiko dalam mode kegagalan yang memiliki nilai RPN yang sama. Peringkat yang diperoleh dari metode FMEA dapat menimbulkan kekeliruan terutama bila data yang digunakan untuk analisis disertai dengan tingkat ketidakpastian yang tinggi.

5.2.2 Analisa FMEA, FUZZY FMEA dan TOPSIS

Metode TOPSIS digunakan untuk penilaian prioritas mode kegagalan yang telah teridentifikasi dengan melakukan perangkingan terhadap kriteria-kriteria terpilih seperti *tingkat resiko*, *economic cost*, *ketersediaan spare part*, *economic safety* dan *maintenance personal ability*. Tujuannya adalah untuk menghindari bias pada fungsi utilitas dalam mengevaluasi koefisien pembobotan pada faktor-faktor *severity*, *occurance* dan *detection*. Pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi *Risk Priority Number (RPN)*.

Setelah dilakukan perhitungan nilai RPI, dan dibandingkan dengan nilai PRN dan FRPN, dapat kita lihat bahwa terdapat perbedaan rangking/prioritas setiap kegagalan. Dari tabel 5.1 di atas kita ambil 10 komponen yang memiliki nilai rangking tertinggi (1-10) dari nilai RPN, FRPN dan TOPSIS. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3

K	RPN	Rank	K	FRPN	Rank	K	RPI	Rank
K1/ K23	6,84	8 - 9	K3	6,831	7	K6	0,835	3
K6/ K7	9,32	1 - 2	K4	6,534	9	K7	0,838	1
K6/ K7	9,32	1 - 2	K5	6,512	10	K8	0,474	10
K8	8,96	4	K6	7,375	3	K9	0,518	9
K14/ K24	8,32	5 - 6	K7	7,503	2	K14	0,823	4
K1/ K23	6,84	8 - 9	K8	7,208	5	K23	0,637	7
K14/ K24	8,32	5 - 6	K14	6,905	6	K24	0,835	2
K27	6,87	7	K23	6,649	8	K27	0,674	6
K29	6,65	10	K24	7,215	4	K29	0,522	8
K30	9	3	K30	7,788	1	K30	0,737	5

Dari tabel 5.3 di atas dapat dilihat bahwa Pada FMEA tradisional komponen K6/K7 memiliki peringkat 1 dengan nilai RPN 9,32. Dengan pendekatan fuzzy komponen K6 peringkat 3 dan K7 peringkat 2. Sedangkan dengan perhitungan RPI dengan mempertimbangkan beberapa faktor kriteria *tingkat resiko*, *economic cost*,

ketersediaan spare part, economic safety dan maintenance personal ability, maka diperoleh K6 menjadi peringkat/prioritas 3 dan K7 menjadi peringkat/prioritas 1. Begitu juga dengan komponen prioritas 3, 4 sampai dengan ke 10, dimana terdapat perubahan rangking/prioritas perbaikan dari setiap komponen dengan masing-masing pendekatan tersebut.

Dengan melakukan perhitungan RPN, FRPN dan RPI, dimana terdapat 10 komponen tersebut (sesuai rangking) yang menjadi komponen kritis dari radar navigasi Sperry Marine. Hanya saja terjadi perubahan rangking dari setiap pendekatan yang digunakan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penentuan komponen kritis berdasarkan peringkat/prioritas perbaikan terhadap mode kegagalan/kerusakan dengan menggunakan metode TOPSIS sesuai dengan kondisi riil di lapangan.

5.3 Analisa Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter-

parameter dalam satu atau lebih bagian yang terkait dengan bagian-bagian lainnya. Dengan melakukan analisis sensitivitas maka akibat yang mungkin terjadi dari perubahan-perubahan tersebut dapat diketahui dan diantisipasi sebelumnya.

Pada penelitian ini analisa sensitivitas dilakukan dengan melakukan perubahan pada nilai bobot 30%, 40% dan 50% terhadap 5 (lima) kriteria yaitu ; *FRPN (Fuzzy Risk Priority Number)* , *Economic Cost (EC)*, *Economic Safety (ES)*, *Spare Part (SP)* dan *Maintenance Ability (MA)*. Perubahan bobot dilakukan dengan perubahan 30% dari kondisi yang ada. Dengan perubahan bobot masing-masing kriteria tersebut kita dapat melihat dampak yang dihasilkan, apakah terjadi perubahan rangking atau tetap. Dengan demikian kita dapat melihat kriteria mana yang sangat berpengaruh terhadap penentuan komponen kritis.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan RPI dengan perubahan bobot 30%

Tanpa Perubahan bobot			FRPN		ES		EC		SP		MA	
K	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank
1	0,304		0,311		0,29495		0,305		0,302		0,302	
2	0,294		0,301		0,26950		0,302		0,293		0,300	
3	0,245		0,256		0,22435		0,248		0,245		0,245	
4	0,379		0,386		0,36394		0,389		0,376		0,376	
5	0,316		0,325		0,28981		0,311		0,328		0,321	
6	0,835	3	0,836	3	0,84864	3	0,841	2	0,839	3	0,814	3
7	0,838	1	0,840	1	0,85157	1	0,844	1	0,842	1	0,817	2
8	0,474	10	0,482	10	0,45088	10	0,475	10	0,488	10	0,468	10
9	0,518	9	0,514	9	0,49074	9	0,523	9	0,530	9	0,523	8
10	0,344		0,344		0,31468		0,337		0,355		0,360	
11	0,332		0,331		0,30432		0,326		0,344		0,349	
12	0,435		0,431		0,41528		0,431		0,444		0,449	
13	0,103		0,106		0,09422		0,105		0,100		0,107	
14	0,823	4	0,823	4	0,83790	4	0,829	4	0,828	4	0,802	4
15	0,448		0,447		0,42733		0,450		0,463		0,450	
16	0,306		0,307		0,28010		0,307		0,318		0,311	
17	0,283		0,281		0,25923		0,279		0,296		0,295	
18	0,460		0,460		0,43775		0,467		0,474		0,454	
19	0,266		0,261		0,24343		0,256		0,286		0,278	
20	0,366		0,364		0,35193		0,365		0,383		0,363	
21	0,271		0,268		0,24851		0,274		0,284		0,277	
22	0,335		0,336		0,30700		0,341		0,346		0,339	
23	0,637	7	0,640	7	0,63417	7	0,644	7	0,640	7	0,628	7
24	0,835	2	0,836	2	0,84925	2	0,835	3	0,840	3	0,821	1
25	0,194		0,193		0,17793		0,205		0,189		0,202	
26	0,416		0,416		0,39768		0,419		0,425		0,418	
27	0,674	6	0,670	6	0,66746	6	0,686	6	0,682	6	0,663	6
28	0,335		0,334		0,30646		0,335		0,353		0,339	
29	0,522	8	0,525	8	0,49461	8	0,527	8	0,535	8	0,521	9
30	0,737	5	0,742	5	0,72568	5	0,747	5	0,744	5	0,725	5
31	0,227		0,230		0,22485		0,231		0,221		0,228	
32	0,136		0,137		0,12442		0,137		0,132		0,145	
33	0,333		0,333		0,32137		0,345		0,330		0,330	
34	0,159		0,164		0,14585		0,166		0,155		0,162	
35	0,372		0,373		0,35734		0,389		0,369		0,369	

Tabel 5.5 Hasil perhitungan RPI dengan perubahan bobot 40%

Tanpa perubahan bobot			FRPN		ES		EC		SP		MA	
K	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank
1	0,304		0,314		0,29205		0,305		0,302		0,302	
2	0,294		0,303		0,26127		0,304		0,293		0,301	
3	0,245		0,260		0,21750		0,249		0,245		0,245	
4	0,379		0,389		0,35893		0,393		0,374		0,375	
5	0,316		0,328		0,28096		0,309		0,332		0,323	
6	0,835	3	0,837	2	0,85326	3	0,843	2	0,841	3	0,807	3
7	0,838	1	0,841	1	0,85610	1	0,846	1	0,844	1	0,810	2
8	0,474	10	0,485	10	0,44321	10	0,475	10	0,493	10	0,467	10
9	0,518	9	0,513	9	0,48185	9	0,525	9	0,535	9	0,525	8
10	0,344		0,344		0,30506		0,335		0,358		0,365	
11	0,332		0,330		0,29502		0,324		0,347		0,354	
12	0,435		0,429		0,40870		0,430		0,446		0,454	
13	0,103		0,106		0,09134		0,106		0,099		0,108	
14	0,823	4	0,823	4	0,84285	4	0,831	4	0,829	4	0,796	4
15	0,448		0,446		0,42039		0,451		0,468		0,450	
16	0,306		0,308		0,27154		0,307		0,322		0,312	
17	0,283		0,280		0,25131		0,278		0,300		0,299	
18	0,460		0,461		0,43049		0,470		0,479		0,453	
19	0,266		0,259		0,23599		0,253		0,292		0,282	
20	0,366		0,364		0,34729		0,364		0,388		0,362	
21	0,271		0,267		0,24091		0,274		0,288		0,279	
22	0,335		0,336		0,29762		0,343		0,350		0,341	
23	0,637	7	0,641	7	0,63313	7	0,647	7	0,641	7	0,624	7
24	0,835	2	0,837	3	0,85385	2	0,835	3	0,841	2	0,816	1
25	0,194		0,192		0,17250		0,209		0,187		0,204	
26	0,416		0,416		0,39164		0,420		0,428		0,419	
27	0,674	6	0,669	6	0,66540	6	0,689	6	0,685	6	0,660	6
28	0,335		0,334		0,29709		0,335		0,358		0,340	
29	0,522	8	0,526	8	0,48561	8	0,529	8	0,539	8	0,521	9
30	0,737	5	0,744	5	0,72184	5	0,750	5	0,747	5	0,721	5
31	0,227		0,231		0,22409		0,232		0,219		0,228	
32	0,136		0,137		0,12062		0,137		0,131		0,148	
33	0,333		0,334		0,31766		0,349		0,330		0,330	
34	0,159		0,166		0,14139		0,168		0,154		0,162	
35	0,372		0,373		0,35253		0,394		0,368		0,368	

Tabel 5.6 Hasil perhitungan RPI dengan perubahan bobot 50%

Tanpa Perubahan Bobot			FRPN		ES		EC		SP		MA	
K	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank	RPI	Rank
1	0,304		0,316		0,28911		0,305		0,301		0,302	
2	0,294		0,305		0,25294		0,306		0,292		0,303	
3	0,245		0,263		0,21057		0,250		0,245		0,245	
4	0,379		0,391		0,35387		0,396		0,373		0,374	
5	0,316		0,330		0,27200		0,308		0,336		0,324	
6	0,835	3	0,837	2	0,85794	3	0,844	2	0,842	3	0,801	3
7	0,838	1	0,841	1	0,86069	1	0,847	1	0,845	1	0,804	2
8	0,474	10	0,487	10	0,43546	10	0,476	10	0,497	10	0,465	10
9	0,518	9	0,512	9	0,47287	9	0,526	9	0,539	9	0,527	8
10	0,344		0,344		0,29534		0,333		0,362		0,370	
11	0,332		0,330		0,28562		0,323		0,351		0,360	
12	0,435		0,428		0,40205		0,429		0,449		0,458	
13	0,103		0,107		0,08843		0,107		0,098		0,109	
14	0,823	4	0,823	4	0,84786	4	0,833	4	0,831	4	0,789	4
15	0,448		0,446		0,41336		0,451		0,473		0,450	
16	0,306		0,308		0,26289		0,308		0,325		0,314	
17	0,283		0,279		0,24330		0,276		0,304		0,302	
18	0,460		0,461		0,42314		0,472		0,483		0,451	
19	0,266		0,257		0,22847		0,250		0,298		0,286	
20	0,366		0,363		0,34259		0,364		0,394		0,361	
21	0,271		0,266		0,23324		0,275		0,292		0,281	
22	0,335		0,336		0,28814		0,345		0,354		0,342	
23	0,637	7	0,642	7	0,63207	7	0,649	7	0,642	7	0,622	7
24	0,835	2	0,837	3	0,85851	2	0,835	3	0,843	2	0,811	1
25	0,194		0,192		0,16700		0,212		0,186		0,207	
26	0,416		0,416		0,38554		0,421		0,431		0,419	
27	0,674	6	0,668	6	0,66331	6	0,693	6	0,688	6	0,656	6
28	0,335		0,334		0,28763		0,335		0,364		0,341	
29	0,522	8	0,527	8	0,47650	8	0,530	8	0,543	8	0,521	9
30	0,737	5	0,746	5	0,71796	5	0,753	5	0,749	5	0,717	5
31	0,227		0,232		0,22332		0,233		0,217		0,228	
32	0,136		0,138		0,11677		0,138		0,130		0,151	
33	0,333		0,334		0,31391		0,352		0,329		0,329	
34	0,159		0,168		0,13689		0,170		0,152		0,163	
35	0,372		0,373		0,34767		0,399		0,366		0,367	

Dari tabel 5.4, 5.5 dan 5.6 di atas dapat kita lihat bahwa terjadi perubahan peringkat dari setiap kegagalan. Ini berarti bahwa bobot masing-masing kriteria sangat berpengaruh terhadap penentuan komponen kritis (prioritas/ranking). Pada tabel di atas diambil 10 komponen kritis dimana dengan perubahan bobot kriteria sebesar 30%, maka prioritas/ranking dari 10 komponen tersebut juga mengalami perubahan. Namun kalau kita lihat perubahannya tidak begitu signifikan. Untuk komponen K8, K14, K27 dan K30 tidak mengalami perubahan peringkat apakah dengan adanya perubahan bobot ataupun tidak.

Namun secara umum kita lihat bahwa perubahan peringkat pada komponen-komponen tersebut terjadi pada perubahan bobot faktor *economic cost*, *spare part*, *maintenance ability*. Hal ini menunjukkan bahwa ke tiga faktor tersebutlah yang sangat berpengaruh terhadap penentuan komponen kritis serta prioritas perbaikan. Hal tersebut ditunjukkan oleh komponen K24 dimana dengan perubahan bobot *economic cost* dan *spare part*, K24 memiliki peringkat ke 3, sedangkan dengan perubahan bobot pada *maintenance ability* komponen K24 berubah peringkat menjadi peringkat 1. Artinya bahwa setiap kriteria memiliki tingkat kepentingan yang berbeda.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

1. Penentuan komponen kritis serta prioritas perbaikan pada kerusakan komponen dengan metode fuzzy FMEA mampu memperbaiki penentuan komponen kritis dan prioritas perbaikan dari metode FMEA tradisional. Hal ini dapat dilihat pada fuzzy FMEA tidak terdapat komponen yang mempunyai nilai RPN yang sama.

2. Untuk menentukan prioritas dan rekomendasi tindakan pencegahan kerusakan dengan metode TOPSIS mempertimbangkan kriteria-kriteria sesuai kondisi nyata di lapangan. Kriteria-kriteria yang dipertimbangkan adalah tingkat risiko, *economic safety*, *economic cost*, kemudahan *spare part* dan *maintenance personal ability*.

3. Penentuan komponen kritis dan rekomendasi perbaikan terhadap mode kerusakan komponen dengan metode TOPSIS mampu memperbaiki hasil prioritas metode FMEA dan metode fuzzy

FMEA. Hal ini dapat kita lihat dari hasil urutan prioritas dari RPI.

4. Hasil penentuan komponen kritis dan rekomendasi

perbaikan terhadap mode kerusakan komponen dengan metode TOPSIS lebih *reliable* untuk dilakukan dan sesuai dengan kondisi nyata dari perusahaan.

5. Perubahan bobot setiap kriteria akan berpengaruh dalam penentuan komponen kritis dan prioritas perbaikan terutama perubahan bobot *economic cost*, *spare part* dan *maintenance ability*.

6.2 Saran

1. Pada penelitian ini belum menghitung biaya optimal dalam perawatan/perbaikan. Untuk penelitian berikutnya bisa ditambahkan dihitung berapa biaya yang optimal dalam perawatan sistem radar navigasi Sperry Marine tersebut.

2. Untuk menentukan perbandingan/prioritas dalam menentukan komponen kritis untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan metode MCDM yang lainnya seperti ELECTRE, PROMETHE, SAW dan lainnya.

7. Daftar Pustaka

- Alfian Anhar dan Agus Widodo, "Kombinasi Metode TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dalam Menentukan Objek Wisata Terbaik di Pulau Bali" Jurusan Matematika, F.MIPA, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Pyzdek (2002), *The Six Sigma Handbook*, PT.Salemba Patria, Jakarta
- Pillay, A., Wang, J (2003), "*Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning*", *Reliability Engineering & System Safety* 139,379 -394
- Anish Sachdeva (2009), "*Multi factor failure model critically analysis using TOPSIS*". *Journal of Industrial Engineering International Islamic Azad University, South Tehran Branch* January 2009, Vol. 5, No. 8, 1-9.
- Diana Puspita Sari, Zaenal Fanani Rosyada dan Nadia Rahmadhani (2011), "*Analisa Penyebab Kegagalan Produk Woven Bag Dengan Menggunakan Metode FMEA*". *Prosiding Seminar Nasional Sains*

dan Teknologi ke-2 Tahun 2011
Fakultas Teknik Universitas Wahid
Hasyim Semarang.

<http://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/209/200>

Diakses 26 April 2014.

- K. Shahroudi, H. Rouydel (2012), "*Using a multi-criteria decision making approach (ANP-TOPSIS) to evaluate suppliers in Iran's auto industry*". International Journal of Applied Operational Research Vol. 2, No. 2, pp. 37-48, July 2012
- Ravendra Singh, Hemant Rajput, Vedansh Chaturvedi, Jyoti Vimal (2012), "*Supplier Selection By Technique Of Order Preference By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS) Method for Automotive Industry*". International Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER) VOLUME 2, ISSUE 2, MARCH 2012.
- Nuri Guntur Perdana, Tri Widodo (2013), "*Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Beasiswa Kepada Peserta Didik Baru Menggunakan Metode TOPSIS*". Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013 (SEMANTIK 2013) Semarang, 16 November 2013.
<http://eprints.dinus.ac.id/5132/1/P42-TI53-SEMANTIK-Tri_Widodo-Ull.pdf>
Diakses 26 April 2014.
- Rakesh. R, Bobin Cherian Jos, George Mathew (2013), "*FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry*". International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) Volume 2, Issue 2, March 2013.
- Ved Parkash, Deepak Kumar, Chandan Kumar, Rakesh Rajoria (2013), "*Failure Mode and Effect Analysis of Automotive Charging system*". International Journal of Software and Hardware Research Engineering Volume 1, Issue 3, Nopember 2013.
- Yonas Mitiku Degu dan R. Srinivasa Moorthy (2014), "*Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P.L.C.*". American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN : 2320-0847 p-ISSN : 2320-

0936 Volume-03, Issue-01, pp-57-63.