

PENETAPAN KOMPONEN KRITIS UNIT RXU PADA SONAR KINGKLIP KRI KELAS SIGMA DI WILAYAH KOARMATIM DENGAN PENDEKATAN METODE FMECA

Benny Sukandari, Bambang Suhardjo, Basuki Enggal

Program Studi Analisa Sistem dan Riset Operasi, Pascasarjana
Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut
Gedung Pascasarjana Lantai 2 Kampus STTAL Bumi Moro, Surabaya – 60178, Indonesia
e-mail : ukinavyman07@gmail.com

ABSTRAK

Manajemen perawatan sangatlah diperlukan dan mempunyai peran yang sangat vital bagi sebuah KRI Kelas Sigma, mengingat jenis KRI ini merupakan salah satu Alutsista TNI AL yang memiliki frekwensi aktifitas yang tinggi, daya jangkau yang luas serta kemampuan dukungan operasi yang variatif sehingga otomatis aktifitas Sonar juga tinggi dan pada akhirnya keandalannya akan menurun.

Metodologi *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA) adalah alat yang diakui secara luas untuk studi analisis dan keandalan desain atau proses. Banyak penulis dilapangan telah menekankan secara khusus kegunaan metode ini serta keterbatasannya. Pada penulisan ini mengingat usia pakai dari Sonar dan elemen didalamnya secara khusus komponen-komponen *unit RXU* telah memasuki masa kritis.

Berdasarkan langkah-langkah *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA) melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN), maka dapat ditentukan komponen kritis dari 16 peluang kerusakan diperoleh 8 komponen yang memiliki kekritisannya yaitu *KM3SSC PCB, KVPE PCB, KHUB PCB, KVPDI PCB, BIBAU9 PCB, KD4L PCB, Power Suply, dan Electro Valve*. Komponen-komponen tersebut apabila rusak dapat mengakibatkan Sonar breakdown.

Dari hasil optimasi menunjukkan bahwa komponen *KHUB PCB* memiliki waktu penggantian tercepat, yaitu 68 hari. Sedangkan komponen dengan waktu penggantian terlama, yaitu 165 hari adalah komponen *Electro Valve*.

Kata kunci : FMECA, Risk Priority Number, Keandalan, IntervalPenggantian.

Kata Kunci : Model Optimasi, Unsur Patroli TNI AL, Sektor Operasi Kamla, Pangkalan.

PENDAHULUAN

1. Pendahuluan

Patroli keamanan laut merupakan operasi kehadiran di laut yang memiliki nilai strategis bagi eksistensi kedaulatan bangsa dan keamanan laut di wilayah yurisdiksi nasional Indonesia. Sedangkan pengertian ancaman adalah setiap upaya dan kegiatan, baik dari dalam negeri maupun luar negeri yang dinilai mengancam atau

membahayakan kedaulatan negara, keutuhan wilayah negara, dan keselamatan segenap bangsa (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2004 Tentang Tentara Nasional Indonesia). Ancaman berupa gangguan keamanan dan kejahatan di laut dapat berupa illegal fishing, illegal logging, illegal trafficking serta kegiatan illegal yang berupa pencurian sumber daya alam lainnya yang membutuhkan kehadiran unsur KRI berpatroli dalam mengamankan kepulauan Indonesia yang mencapai luas

3,9 juta km². Potensi sumber daya alam di laut yang melimpah merupakan potensi masuknya pelanggaran dan ancaman baik dari dalam maupun dari luar. Ancaman lain berupa pelanggaran terhadap perbatasan wilayah Negara yang merupakan tugas dan tanggung jawab TNI. TNI Angkatan Laut menangani pelanggaran batas wilayah negara yang terjadi laut.

KRI Kelas Sigma (SIGMA / *Ship Integrated Geometrical Modularity Approach*) merupakan kapal perang kelas *corvette* dengan kemampuan peperangan permukaan, bawah air, udara, dan elektronika yang dimiliki oleh TNI AL. Dilengkapi dengan persenjataan, *sensor*, dan perlengkapan *command* terbaru, menjadikan KRI kelas Sigma merupakan kapal perang teranggih yang dimiliki oleh Indonesia. Sebagai kapal perang yang memiliki teknologi terkini, KRI kelas Sigma akan berada digarda terdepan untuk melindungi kedaulatan Negara dan menghancurkan kekuatan musuh jika terdapat permasalahan dilaut khususnya konflik ataupun peperangan laut yang mengancam kedaulatan NKRI. Kesiapan siagaan KRI kelas SIGMA terbangun dari dua pondasi utama yaitu kesiapan personel dan kesiapan komponen.

Salah satu faktor penghambat dalam kesiapan KRI dalam melaksanakan operasi adalah terjadinya *failure* (kerusakan) komponen-komponen pada sistem. Kerusakan pada sistem tentunya akan memerlukan biaya yang tinggi akibat *production losses* dan *delay*, intervensi yang tidak terencana pada sistem dan *safety hazards* (Sachdeva et al., 2009). Untuk mencegah terjadinya kondisi tersebut, diperlukan suatu langkah yang tepat untuk memperbaiki atau meniadakan kerusakan agar kinerja sistem tidak menurun.

2. Karakteristik KRI Sigma

Kapal Korvet kelas Sigma (*Ship Integrity Geometrical Modular Approach*) didesain dalam bentuk standar kapal modern dan dibagi dalam 11 (sebelas) kompartemen kedap air. Tugas yang diemban kapal korvet kelas Sigma terdiri dari :

- a. Tugas Pokok : Misi utama kapal korvet kelas Sigma adalah mampu melaksanakan peperangan anti kapal selam, *surveillance* dan operasi peperangan anti kapal permukaan untuk mencegah infiltrasi dan agresi oleh pihak asing.
- b. Tugas Tambahan : Patroli keamanan laut, pengamanan sumber daya alam dan obyek vital di laut, SAR (*Maritime Search and Rescue*) dalam rangka penegakkan hukum di laut.

Fungsi kapal korvet kelas Sigma adalah :

- a. Maritime search dan patroli dalam masa damai dan perang.
- b. Pengamanan garis perhubungan laut.
- c. Mencegah infiltrasi dari laut.
- d. Pencegahan penangkapan ikan maupun sumber daya kelautan lain secara ilegal.
- e. SAR di laut.

Kemampuan kapal korvet kelas Sigma :

- a. Melaksanakan patroli keamanan laut dengan kecepatan ekonomis serta operasi terus menerus didaerah operasi selama 20 hari.
- b. Mempunyai kecepatan tinggi dan mampu melaksanakan operasi laut gabungan bersama dengan berbagai type kapal lain, baik *frigate* maupun korvet dalam rangka pengamanan garis perhubungan laut (*Sea Lines of Communication*).
- c. Kemampuan operasi sampai dengan Sea State 5 pada skala Beaufort.
- d. Memiliki peralatan yang modern dalam rangka klasifikasi target sasaran, observasi dan identifikasi.
- e. Dilengkapi dengan Sistem Kendali Senjata dalam rangka pertahanan diri melalui senjata meriam otomelara 76 mm Super Rapid serta pertahanan udara jarak dekat (*closed range*).
- f. Dilengkapi dengan geladak helikopter yang mampu didarati pesawat helikopter dengan berat maksimum 5 ton.

2.1 Prinsip Kerja Sonar

Sebelum memahami cara kerja Sonar, terlebih dahulu kita harus

mengetahui bagian-bagian dari Sonar. Bagian-bagian sonar adalah sebagai berikut:

- a. Echosounder
- b. Hidrofon
- c. Display

Sedangkan cara kerja Sonar adalah sebagai berikut. Pertama, echo sounder mengemisikan gelombang suara berfrekuensi tinggi. Gelombang suara ini akan merambat dalam air. Jika mengenai obyek seperti ikan, metal, dasar laut atau benda-benda yang lain, maka gelombang suara tadi akan terpantul. Sinyal pantulan akan diterima oleh hidrofon dan ditampilkan oleh display yang menggambarkan karakteristik obyek di bawah air.

Untuk mengetahui lokasi (jarak) dari obyek di bawah air, maka waktu yang dibutuhkan gelombang suara tersebut dapat digunakan untuk mencari jarak panjang gelombang yang ditempuh gelombang suara tersebut. Sedangkan jarak (posisi) aktual d dari obyek tersebut diperoleh dengan membagi dua panjang gelombang λ yang ditempuh $d = \lambda/2$.

Sonar yang digunakan pada contoh sebelumnya adalah jenis Sonar aktif. Sonar jenis aktif memancarkan gelombang bunyi dan menerima gelombang bunyi. Sedangkan pada sonar pasif hanya menerima gelombang suara saja. Sonar pasif ini merupakan jenis awal yang hanya mampu mendengarkan suara semisal suara kapal (*vessel*). Cara kerja sonar pasif ini hanya menerima gelombang suara dari sumber suara seperti kapal, ikan, maupun obyek lain yang mengemisikan bunyi.

2.2 Receiver (RXU) Cabinet.

Receiver unit berperan mengolah sinyal yang diterima dari HMA melalui T/R modul pada TXU. Fungsi utama Receiver unit adalah proses filter dan konversi analog ke digital sinyal yang diperoleh dari HMA, signal Processing dan Data Processing serta Interfacing dan komunikasi dengan peralatan sistem lain maupun perangkat di luar sonar. Receiver Unit ini memperoleh sumber tegangan 115V/60Hz yang digunakan baik untuk MAIN maupun

HEATER. Receiver unit terdiri dari 3 rak utama yaitu :

1. EMK (*Electro Mechanical Module Kingklip*). Berfungsi sebagai penghubung antara suplai tegangan 115V/60Hz dengan rak-rak pada RXU juga dengan RCU (*Remote Control Unit*). EMK dapat dioperasikan baik secara local maupun remote. Local dioperasikan dari panel depan EMK sedangkan remote dioperasikan dari RCU ataupun remote control unit. Pada prinsipnya EMK terdiri dari fuse, switch, lampu indikator, run time meter, konektor dengan relay, power suplai dan PCB. Adapun tugas utama dari EMK adalah :

- a) Distribusi tegangan ke peralatan elektronik.
- b) Operasional monitoring terhadap sub assembly dari kabinet.
- c) Menghasilkan tegangan 24V DC untuk power supply board pada tiap rak.
- d) Menghasilkan tegangan 5 VDC untuk keperluan internal EMK.

2. KPR (*Kingklip Processor Rack*). Kingklip Processor Rack (KPR), secara fisik KPR terdiri dari satu buah rak VME, satu set *Signal/Data processing Board, Interface electronic board* dan internal link meliputi *Multiprocessor board* dan *Internal network cable/boards*. Software dasar yang berada di dalamnya antara lain: Firmware termasuk internal link dan I/O driver, System supervision (termasuk download dan komunikasi), *Software fasilitas self tes, Operating System, dan Run Time*.

Sedangkan software pengembangan yang didalamnya adalah library komunikasi dan perhitungan matematis yang di buat dengan bahasa C, *Host/target library* (termasuk download, real time multi processor dan debug). Sebuah aplikasi tes juga tersedia untuk validasi dari kemampuan global dengan menggunakan link komunikasi. Secara umum fungsi dari Kingklip Processor Rack ini adalah:

- a) Menerima data dari array melalui FEC berupa 32 bit paralel.
- b) Memproses data ini di bagian *Signal Processing* kemudian *Data Processing*.

- c) Menyelenggarakan komunikasi dengan
- d) Komputer IMT melalui 100Mbit Ethernet link.
- e) SOC melalui 100Mbit Ethernet link.
- f) FEC melalui RS 422 serial link.
- g) Menyediakan sinyal analog audio ke SOC.
- h) Menerima data :
 - 1) Parameter NAV melalui ethernet link.
 - 2) PM/FL kontrol melalui link serial RS422.informasi BTG melalui link serial RS422.
 - 3) Nomor identifikasi rak melalui konfigurasi dry loop
 - 4) Saling tukar informasi dengan Recorder Unit melalui RS 422 link (jika ada).

3. Pengertian Keandalan

Keandalan system adalah probabilitas suatu peralatan,sistem,atau subsistem akan berfungsi dengan baik saat dibutuhkan dalam suatu misi atau tugas operasi pada waktu tertentu. Keandalan suatu system akan cenderung menurun seiring bertambahnya umur atau masa pakai subsistem dan komponen penyusunnya.Namun kondisi ini dapat dikembalikan/ditingkatkan dengan cara penggantian subsistem/komponen dengan yang baru melalui kegiatan perawatan yang tepat.

3.1 Mode Kerusakan

Waktu kerusakan,T,dari sebuah *failure mode* dapat mengikuti salah satu dari distribusi-distribusi seperti:normal,eksponensial,*Weibull*, ataupun distribusi-distribusi lainnya. Model kerusakan dapat ditentukan dengan mengumpulkan data- data kerusakan dari *failure mode* yang dianalisis.Ilustrasi dari data-data kerusakan sebuah komponen

$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t}$$

3.2 Fungsi Distribusi Kumulatif (CDF) dan Fungsi Kepadatan (PDF)

Dengan mengasumsikan bahwa TTF terdistribusi secara kontinu dengan probabilitas fungsi kepadatan (*pdf*) $f(t)$,maka probabilitas bahwa suatu komponen akan gagal dalam interval waktu (0,t) dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$F(t) = (P)(T) \leq t = \int_0^t f(t)dt$$

Dimana :

$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif (*cdf*) dari variable acakT. Probabilitas fungsi kepadatan (*pdf*) dari variable acak T dapat ditentukan dari persamaan (2) dengan mengambil turunan dari $F(t)$ terhadap t seperti ditunjukkan pada persamaan (3)

$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t}$$

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq +\Delta t)}{\Delta t} \quad (3)$$

3.3 Fungsi Keandalan

Menurut Hoyland (1994), Fungsi keandalan merupakan fungsi yang mewakili probabilitas bahwa sebuah komponen tidak akan rusak dalam interval waktu (0,t) dan hal ini dinyatakan dengan persamaan:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (4)$$

Persamaan (2) dapat juga disebut sebagai fungsi ketidak andalan (*unreability*)dan dinyatakan dengan Q(t).

3.4 Laju Kerusakan

Pada dasarnya kerusakan yang terjadi dalam suatu sistem merupakan penyimpangan dari keadaan yang semestinya, baik yang berakibat langsung maupun tidak terhadap pengoperasian system tersebut. Kerusakan yang terjadi selama pengoperasian menunjukkan laju kerusakan (*failure rate*) dari sisrem tersebut.

Menurut Abdullah Alkaff (1992), laju kerusakan menyatakan banyaknya kerusakan yang terjadi tiap Satuan waktu. Misalkan dari suatu eksperimen terhadap sejumlah komponen/peralatan yang sejenis sejumlah $N(0)$ yang dioperasikan secara bersamaan, dicatat berapa banyak komponen yang masih beroperasi pada saat t misal $N(t)$. Kemudian dicatat pula banyaknya komponen yang masih beroperasi pada saat $t + \Delta t$ misalkan dinyatakan dengan $N(t) + \Delta t$ sehingga diperoleh :

a. Banyaknya komponen yang rusak dalam interval $(t, t + \Delta t)$

$$N(t) - N(t + \Delta t) \quad (5)$$

b. Banyaknya komponen yang rusak persatuan waktu adalah :

$$\frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (6)$$

c. Banyaknya kerusakan relatif per satuan waktu adalah :

$$\frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t)\Delta t} \quad (7)$$

3.5 Pola Kerusakan (*Failure Patern*)

Pemahaman bahwa mode kerusakan (*failure mode*) peralatan dapat menunjukkan pola kerusakan berbeda memiliki implikasi penting dalam menentukan strategi perawatan yang sesuai. Menurut Hoyland (1994), terdapat enam pola kerusakan yang berbeda yaitu :

- a. Pola A : *Bathup Curve*
- b. Pola B : *Traditional Wear-Out.*
- c. Pola C : *Gradual Rise with No Distintive Wear - Out Zone.*
- d. Pola D : *Initial Increase with Leveling Off.*
- e. Pola E : *Random.*
- f. Pola F : *Infant Mortality.*

3.6 Analisa Kegagalan Sistem dengan *FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis)*

Dalam situasi tertentu untuk menganalisa data keandalan secara kuantitatif tidaklah cukup, sehinggadi butuhkan alternative untuk melakukan analisa data keandalan secara kualitatif dan berdasarkan pengalaman. Analisa kualitatif yang digunakan untuk evaluasi keandalan dari suatu sistem adalah analisa Kegagalan sistem. Salah satu metode analisa yang dapat digunakan adalah dengan *Failure Modes Effects and Criticality Analysis* (FMECA), dimana analisa ini merupakan suatu analisa kegagalan kualitatif. Menurut Rausand, M (2005) mendefinisikan FMECA adalah sebuah metodologi untuk mengidentifikasi dan menganalisis :

- a. Semua mode kegagalan potensial dari berbagai bagian dari sistem.
 - b. Efek kegagalan tersebut terhadap sistem.
 - c. Bagaimana menghindari kegagalan dan atau mengurangi dampak dari kegagalan pada sistem.
- Definisi lain dari FMECA disampaikan oleh Omdahl (1988) yang menyatakan bahwa FMECA adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan, dan menghilangkan potensi kegagalan.

4.1 Pendefinisian dan Formulasi Tujuan Penelitian

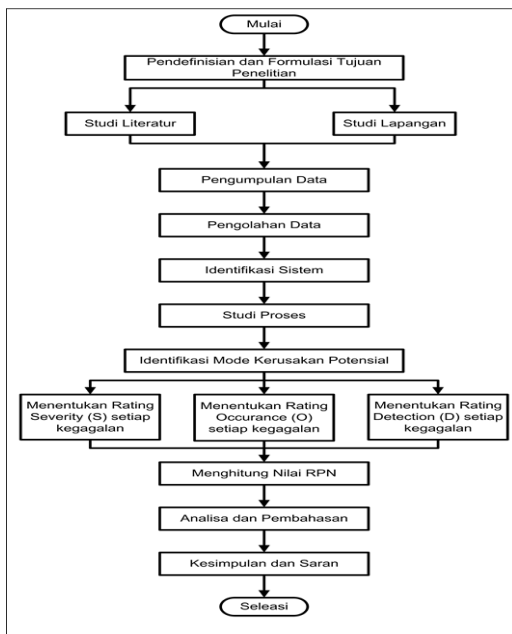
Langkah ini meliputi kegiatan-kegiatan pengumpulan data awal berupa meningkatnya jumlah kerusakan pada Unit Penerima RXU Sonar Kingklip KRI kelas Sigma. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengenal lebih detail tentang di lapangan dan identifikasi berbagai kemungkinan penyebab permasalahan yang sebenarnya. Hasil kegiatan langkah indentifikasi tujuan penelitian telah disajikan pada Bab I, yang meliputi :

- a. Penentuan tujuan penelitian yang sesuai dengan persoalan/issue yang sering terjadi pada keselamatan pelayaran.

b. Penentuan pembatasan permasalahan untuk menghindari kompleksitas masalah yang mencakup obyek penelitian (KRI kelas Sigma dan elemen utama yang diteliti).

4.2 Studi Literatur

Kegiatan yang dilakukan pada langkah ini adalah mencari literature tentang teori keandalan, distribusi kerusakan, dan analisa kegagalan yang bertujuan untuk memperluas wawasan, memberikan dasar pemikiran dan menentukan model perawatan yang sesuai dengan kondisi permasalahan yang ada, sehingga diperoleh interval waktu penggantian komponen kritis yang optimal pada *Sonar* KRI kelas Sigma pada Satuan Kapal Ekskorta (Satkor Koarmatim).



4.3 Data Failure Modes Effects and Criticality Analysis (FMECA)

Berdasarkan data hasil kuesioner dari 3 expert diperoleh nilai *severity*, *occurance* dan *detection* masing-masing kegagalan serta dampak yang ditimbulkan, maka langkah berikutnya adalah

menghitung nilai RPN dengan mengalikan ke tiga faktor *severity*, *occurance* dan *detection*.

Dalam perhitungan untuk memperoleh nilai RPN, masing-masing faktor dipangkatkan dengan bilangan (1/3). Sebagai contoh dapat kita lihat untuk perhitungan nilai RPN untuk komponen KD4L PCB pada expert. Dimana nilai S, O dan D berturut-turut 9, 7 dan 8. Nilai RPN mode kegagalan komponen tersebut adalah :

$$RPN = S \times O \times D = (9)^{1/3} \times (7)^{1/3} \times (8)^{1/3}$$

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Nilai Probability of Failure

Nilai *probability of failure* diperoleh setelah kita mendapatkan nilai keandalan, dengan cara yang sama pada perhitungan nilai keandalan berdasarkan parameter-parameter yang ada maka kita dapat menghitung nilai *probability of failure*. Dengan menggunakan bantuan *software excel* maka didapatkan nilai *probability of failure* dari masing-masing komponen seperti pada tabel 5.3 :

Tabel 5.4 Nilai Probability of Failure Masing-masing Komponen Sebelum Optimasi

No	Nama Komponen	R(t)	Probability of Failure
1	KM3SSC PCB	0,010924664	0,989075336
2	KVPE PCB	0,010703578	0,989296422
3	KD4L PCB	0,01055794	0,98944206
4	KHUB PCB	0,008703615	0,991296385
5	KVPDI PCB	0,010879999	0,989120001
6	BIBAU9 PCB	0,009236966	0,990763034
7	Power Supply	0,013137922	0,986862078
8	Electro Valve	0,011476753	0,988523247

Berdasarkan tabel diatas, berikut adalah perhitungan nilai *probability of failure* dari salah satu komponen (*KM3SSC PCB*) yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Probability of failure} &= 1 - R(t) \\ &= 1 - 0,010924664 \\ &= 0,989075336. \end{aligned}$$

Jadi nilai *probability of failure* *KM3SSC PCB* sebelum dilakukan interval waktu penggantian adalah sebesar 0,51377213.

5.2. Analisa Nilai *Failure Rate*

Berdasarkan parameter-parameter pada weibull++6, Untuk mendapatkan nilai *failure rate* atau laju kerusakan dari masing-masing komponen dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software excel*. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 5.5 :

Tabel 5.5 Nilai *failure rate* dari masing-masing Komponen Sebelum Optimasi

No	Nama Komponen	Parameter Distribusi			MT BF	Failure Rate
		β	η	γ		
1	KM3SSC PCB	1,752	146,231	93,66	223	0,010924664
2	KVPE PCB	2,266	178,838	69,475	226	0,010703578
3	KD4L PCB	1,0722	101,1842	101,18	198	0,01055794
4	KHUB PCB	1,7494	182,3324	66,925	227	0,008703615
5	KVPDI PCB	1,5819	135,5862	86,775	207	0,010879999
6	BIBAU9 PCB	1,4307	147,9717	96,992	230	0,009236966
7	Power Suplly	2,1296	139,5395	127,795	250	0,013137922
8	Electro Valve	1,7788	140,3328	163,3475	287	0,011476753

Jadi nilai *failure rate* *KM3SSC PCB* sebelum

dilakukan interval waktu penggantian adalah sebesar 0,010924664.

5.3 Analisa Nilai Keandalan Setelah Optimasi

Setelah dilaksanakannya perhitungan interval waktu penggantian komponen dengan menggunakan program excel. Maka di peroleh nilai keandalan yang sesuai dengan apa yang ingin dicapai.

Tabel 5.6 Nilai Keandalan Masing-masing Komponen Setelah Optimasi

No	Nama Komponen	Parameter Distribusi			MT BF	Waktu Penggantian (tr)	Reliabilit y
		β	η	γ			
1	KM3S SC PCB	1,752	146,231	93,66	223	95	0,999731169
2	KVPE PCB	2,266	178,838	69,475	226	74	0,999863303
3	KD4L PCB	1,0722	101,1842	101,18	198	102	0,998739889
4	KHUB PCB	1,7494	182,3324	66,925	227	68	0,999869533
5	KVPDI PCB	1,5819	135,5862	86,775	207	88	0,999397136
6	BIBAU 9 PCB	1,4307	147,9717	96,992	230	98	0,999123495
7	Power Suplly	2,1296	139,5395	127,795	250	130	0,999854137
8	Electro Valve	1,7788	140,3328	163,3475	287	165	0,999678956

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa setelah penentuan interval waktu penggantian dari komponen dapat diketahui (tr), maka ketika diterapkan dalam pemeliharaan komponen, keandalannya menjadi naik.

Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 5.6 diatas menunjukkan bahwa semua komponen tingkat keandalannya sudah memenuhi target yaitu diatas atau sama dengan 0,99.

Sesuai dengan ketentuan minimal dari bagian instrument, komponen KHUB PCB memiliki waktu penggantian tercepat, yaitu 68 hari, sedangkan komponen dengan waktu penggantian terlama, yaitu 165 hari adalah komponen *Electro Valve*.

5.4 Analisa Nilai *Probability of Failure*

Berdasarkan nilai keandalan yang telah diperoleh setelah interval waktu penggantian, maka nilai *probability of failure* juga dapat diperoleh dengan bantuan program *excel*. Nilai *probability of failure* dapat dilihat pada tabel 5.7 :

Tabel 5.7 Nilai *Probability of Failure* Masing-masing Komponen

No	Nama Komponen	R(t)	Probability of Failure
1	KM3SSC PCB	0,999731 169	0,000268831
2	KVPE PCB	0,999863 303	0,000136697
3	KD4L PCB	0,998739 889	0,001260111
4	KHUB PCB	0,999869 533	0,000130467
5	KVPDI PCB	0,999397 136	0,000602864
6	BIBAU9 PCB	0,999123 495	0,000876505
7	Power Suply	0,999854 137	0,000145863
8	Electro Valve	0,999678 956	0,000321044

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa *probability of failure* atau kemungkinan suatu komponen rusak semakin kecil bila dibandingkan dengan *probability of failure* sebelum optimasi. Dengan cara manual dapat dihitung nilai *probability of failure* dari salah satu komponen (angular bearing) yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Probability of failure} &= 1 - R(t) \\ &= 1 - 0,999731169 \\ &= 0,000268831 \end{aligned}$$

Jadi nilai *probability of failure* KM3SSC

PCB sebelum dilakukan interval waktu penggantian adalah sebesar 0,000268831.

Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 5.7 diatas menunjukkan bahwa semua komponen nilai *probability of failure*-nya sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu nilainya sudah rendah atau kemungkinan komponennya mengalami kerusakan semakin kecil.

5.5 Analisa Nilai *Failure Rate*

Setelah proses optimasi dilaksanakan dengan program solver excel Berdasarkan parameter-parameter yang ada pada weibull++6, maka nilai *failure rate* atau laju kerusakan dari masing-masing komponen dapat diperoleh. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 5.8 dibawa ini:

Tabel 5.8 Nilai *failure rate* dari masing-masing Komponen Setelah Optimasi

No	Nama Komponen	Parameter Distribusi			t(r)	Failure Rate
		β	η	γ		
1	KM3SSC PCB	1,7 52	146, 231	93,6 6	9 5	0,0003 51534
2	KVPE PCB	2,2 66	178, 838	69,4 75	7 4	0,0001 20559
3	KD4L PCB	1,0 722	101, 1842	101, 8	1 0 2	0,0067 59714
4	KHUB PCB	1,7 494	182, 3324	66,9 025	6 8	0,0002 07976
5	KVPDI PCB	1,5 819	135, 5862	86,7 5	8 8	0,0007 63166
6	BIBAU9 PCB	1,4 307	147, 9717	96,9 2	9 8	0,0011 61635
7	Power Suply	2,1 296	139, 5395	127, 795	1 3 0	0,0001 40885
8	Electro Valve	1,7 788	140, 3328	163, 475	1 6 5	0,0003 74534

Berdasarkan tabel diatas, dapat dianalisa bahwa laju kerusakan dari komponen setelah dioptimasi nilainya semakin kecil, atau kemungkinan komponen tersebut untuk rusak semakin kecil. Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada

tabel 5.8 diatas menunjukkan bahwa semua komponen nilai *failure rate* sudah sesuai dengan yang diinginkan dimana frekuensi kemungkinan komponennya mengalami kerusakan semakin kecil yaitu untuk *KD4L PCB*.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan langkah-langkah *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (FMECA) melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), maka dapat ditentukan komponen kritis dari 16 peluang kerusakan diperoleh 8 komponen yang memiliki kekritisan yaitu *KM3SSC PCB*, *KVE PCB*, *KHUB PCB*, *KVPDI PCB*, *BIBAU9 PCB*, *Power Suplly*, *Electro Valve*.

2. Dalam perhitungan optimasi dengan menggunakan program *solver excel* terhadap semua komponen kritis diperoleh hasil interval waktu penggantian komponen yang optimal (tr). Hasil analisa menunjukkan bahwa komponen *KHUB PCB* memiliki waktu penggantian lebih awal untuk mempertahankan keandalannya yaitu 68 hari. Sedangkan komponen dengan waktu penggantian terlama, yaitu 165 hari adalah komponen *Electro Valve*.

Saran

Berdasarkan upaya-upaya yang telah dilakukan dalam penelitian ini, penulis merasa perlu memberikan saran-saran :

1. Perlunya *follow up and updating* terhadap hasil penelitian agar metode penentuan interval waktu penggantian komponen dapat memberikan kontribusi bagi upaya pemeliharaan dan peningkatan *endurance* dilaut bagi KRI Kelas Sigma saat operasi di jajaran Koarmatim.

2. Perlunya evaluasi terhadap metode-metode perawatan KRI kelas Sigma yang telah dilaksanakan selama ini, agar kesiapan *alut sista* yang dimiliki TNI AL mampu mendukung tugas pokoknya, yaitu menjaga kedaulatan negara dan menegakkan hukum dilaut.

3. Untuk penelitian yang sejenis peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Alkaff, Abdullah (1992), *Teknik Keandalan Sistem*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITS, Surabaya.

Anthony, Louis (2009), *Risk Analysis of Complex and Uncertain Systems*, International Series in operations research and management science.

Anthony M. Smith (1993), *Realibility Centered Maintenance*, Mc. Graw Hill Inc, New York, USA.

Arismundar, Wiranto (2002), *Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*, ITB, Bandung.

Artana, Ketut B. (2003), *Spreadsheet Modelling for Optimization of Preference Degree of Quantitative Considerations*, A Research on Marine Machinery selection Using Hybrid Method of Generalized Reduced Gradient and Decisio Matrix, Chapter 3, Kobe University Japan.

Assauri, S. (2008), *Manajemen Produksi dan Operasi*, Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.

Besnard, F., Fischer, K. and Bertling, L (2010), *Reliability-centred asset maintenance - A step towards enhanced reliability, availability, and profitability of wind power plants*, IEEE Conference on Innovative Smart Grid Technologies, Europe, pp. 1–8, 2010.

Borgovini, at all (1993), *Failure Modes Effects and Criticality Analysis*, Reliability Analysis Center.

Carmignani, Gionata (2008), *An Integrated Structural Framework To Cost-Based FMECA: The Priority-Cost FMECA*, Reliability Engineering and System Safety 94 (2009) 861–871

- Departement of Defence (1998), *Military Handbook Electronic Reliability Design Handbook*, USA.
- Ebeling, Charles E. (1997), *Reliability and Maintainability Engineering*, New York: McGraw Hill.
- Eriyanto (1998), *Ilmu Sistem, meningkatkan mutu dan efektifitas manajemen*, IPB Press, Bogor.
- Govil, A.K. (1983), *Reliability Engineering*, Tata Mc. Graw Hill, Publ., New Dehli.
- Hoyland, Arnljot and Marvin, Raussand (1994), *System Reliability Theory: Models and Stastical Mhetods*, A Wiley-Interscience Publication, USA.
- Jardine, A.K.S (1973), *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publishing, Great Britain.
- Kim, Jaehoon dan Jeong, Hyun-Young (2013), *Evaluation of the adequacy of maintenance tasks using the failure consequences of railroad vehicles*, Reliability Engineering and system safety 117 (2013) 30-39.
- Kriswanto, Djoko, (2006), *Analisa Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Engine Pesawat NC-212 Cassa, Tesis MMT ITS, Surabaya*.
- Lipol, Lafayet sultan dan Haq, Jahirul (2011), *Risk Analysis method FMEA/FMECA in the organizations*. IJBAS-IJENS 117705-3535.
- Lewis E.E (1991), *Introduction to Reliability Engineering, Departement of mechanical and Nuclear, Engineering Northwestern University, John Willey and Sons, USA*.
- Li Jun, Xu Huibin (2012), *Reliability Analysis of Aircraft Equipment Based on FMECA Method*, Physics Procedia 25 (2012) 1816 – 1822. China.
- Masroeri, Agoes A, dan Artana, Ketut B. (2000), *Failure Rate Analysis of 1000 HP Main Engines Installed on small General Cargo Ships: A Proof of Wear-out Period of Installed Mains Engines, Proceedings of Sixth International Syposium on Marine Engineering (ISME)*, Vol.2.
- Modarres, at all (1999), *Reliability Engineering and Risk Analysis*, Marcel Dekker Inc, New York.
- Nonelectronic Parts Reliability Data (1994), *Reliability Analysis center, Weibull++ Version 3.0, User's Manual*.
- O'Connor, Patrick.(2001) *“Practical Reliability Engineering”*, Thirth Edition, John Wiley & sons Limited in Chichester.
- O'Halloran, Bryan M., Stone, Robert B dan Y.Tumar, Irem (2011), *Early Design Stage Reliability Analysis Using Function-Flow Failure Rates*, ASME Proceeding, Volume 9: 23rd International Conference on Design Theory and Methodology.
- Sachdeva, A., Kumar D., Kumar, P (2009), *Multi-factor failure mode critically analysis using TOPSIS*, Industrial Engineering International 2009, Vol. 5, No. 8, 1-9. South Tehran Branch.