

Studi Perancangan *Degaussing System* untuk Melindungi Kapal Perang Tipe OPV 90m dari Medan Magnet

Emil Faridhan Primaseta, Agoes Santoso, Sardono Sarwito
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: agoes@its.ac.id

Abstrak— *Degaussing system adalah suatu sistem yang digunakan pada bagian logam atau perangkat elektronik yang beresiko medan magnetik. Pada kapal militer sistem ini digunakan untuk menghindari ranjau magnetik maupun torpedo yang menggunakan medan magnet sebagai sensor pendeteksi logam ketika kapal sedang berpatroli maupun sedang berperang. Dari studi literatur yang dilakukan, dapat diketahui bagaimana cara instalasi degaussing system pada kapal dan perlengkapan apa saja yang dibutuhkan untuk sistem tersebut. Degaussing system yang didesain pada skripsi ini mempunyai kekuatan medan magnet sebesar 27,5 Tesla dengan daya sebesar 12 kW. Desain koil diletakkan pada lambung kapal tepat dibawah garis air untuk mendapatkan daya hantar magnet yang baik. Berat dari instalasi untuk degaussing system ini adalah 1040 kg.*

Kata Kunci—Degaussing System, Kapal Militer, Medan Magnet, Ranjau Magnetik

I. PENDAHULUAN

LUASNYA perairan di Indonesia yang dulunya juga pernah terjadi perang antar armada laut, maka tidak kecil kemungkinan tersisanya ranjau laut atau peledak yang masih aktif di dalam laut tersebut yang dapat membahayakan kapal-kapal yang berlayar. Biasanya terdapat di daerah perbatasan antar negara banyak terdapat ranjau laut dengan sistem magnetik sebagai pemicunya untuk pertahanan negara tersebut. Oleh karena itu, degaussing system sangat diperlukan guna melindungi kapal, terutama kapal patroli tipe OPV 90m yang bertugas menjaga kedaulatan NKRI dari ranjau-ranjau tersebut.

Degaussing system adalah sebuah sistem yang dirancang sedemikian rupa untuk melindungi kapal dari medan magnet. Dengan diaplikasikannya degaussing system pada sebuah kapal, maka kapal tersebut jadi seolah-olah tidak terdeteksi oleh medan magnet disekitarnya (invisible), baik medan magnet bumi maupun medan magnet yang dihasilkan dari

ranjau magnetik dan peralatan perang lainnya yang menggunakan magnet sebagai sistem pengaktifannya.

Diharapkan dengan menggunakan degaussing system pada lambung kapal akan mengurangi efek kemagnetan pada logam, sehingga akan meminimalisir kapal terkena ranjau maupun torpedo magnetik dari musuh.

Studi ini akan sangat membantu armada kapal pasukan yang akan berlayar melalui daerah yang rawan ranjau magnetik dan juga yang akan melakukan perang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

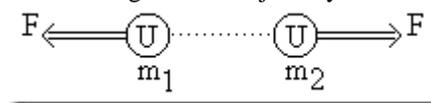
A. Medan Magnet

Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet atau ruang yang masih memungkinkan adanya interaksi magnet. Keberadaan magnet dapat terlihat dengan perubahan kedudukan serbuk besi sebagaimana percobaan Oersted, kemudian digambarkan menurut kaidah tangan kanan.

Bumi merupakan medan magnetik raksasa dan pembuktiannya dapat dilakukan dengan kompas. Penunjukkan arah kompas menyatakan arah kutub-kutub magnet bumi [1].

B. Hukum Coulomb

Bunyi Hukum Coulomb adalah besarnya gaya tolak-menolak atau gaya tarik menarik antara kutub-kutub magnet, sebanding dengan kuat kutubnya masing-masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.



Gambar 2.1 Dua benda saling tolak-menolak

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2} \quad (1)$$

Keterangan:

F = gaya tarik menarik/gaya tolak menolak dalam newton.

R = jarak dalam meter.

m_1 dan m_2 kuat kutub magnet dalam Ampere-meter

μ_0 = permeabilitas hampa

Nilai $\frac{4\pi}{\mu_0} = 10^7$ Weber/A.m

Nilai permeabilitas benda-benda, ternyata tidak sama dengan permeabilitas hampa. Perbandingan antara permeabilitas suatu zat dengan permeabilitas hampa disebut permeabilitas relatif zat itu.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \tag{2}$$

Keterangan:

μ_r = Permeabilitas relatif suatu zat

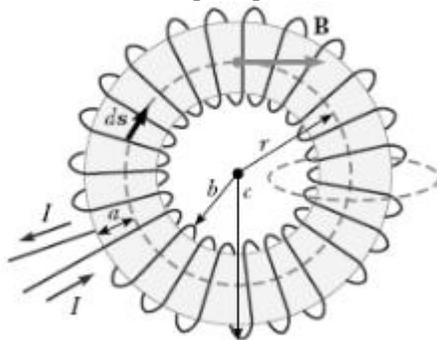
μ = permeabilitas zat itu

μ_0 = permeabilitas hampa.

C. Induksi Magnet oleh Toroida

Suatu toroida adalah bangun berbentuk seperti ban yang dililiti dengan kawat sedemikian hingga tiap lilitan berbentuk lingkaran seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.11

Toroida dianggap seperti solenoida sangat panjang yang dilengkungkan sehingga ujung-ujungnya berimpit, sehingga induksi magnet oleh toroida dapat diperoleh dari rumus (14).



Gambar 2.2 Toroida

$$L = 2\pi \left[b \left(+ \frac{c-b}{2} \right) \right] = \pi(b+c) \tag{2}$$

Medan magnet pada Toroida dapat dinyatakan sebagai:

$$B = \frac{\mu_0 N i}{\pi(c+b)} \tag{3} \implies B = \frac{\mu_0 N i}{2\pi a} \tag{4}$$

Keterangan:

B = Medan magnet dititik ditengah-tengah Toroida (T)

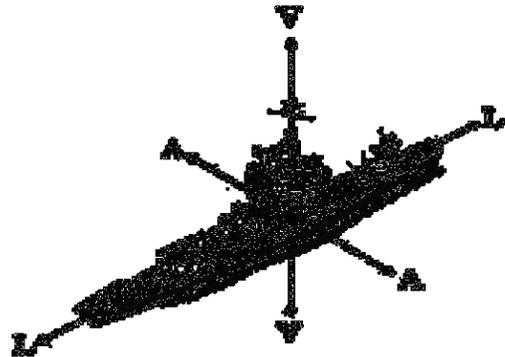
N = jumlah lilitan pada Toroida

i = kuat arus listrik (A)

a = rata-rata jari-jari dalam dan jari-jari luar toroida (m)

a = 1/2 (c + b)

D. Kapal di Medan Magnet Bumi



Gambar 2 3 Medan magnet pada kapal

Secara teknis, bumi tidak lain adalah sebuah magnet dipol. Sebuah magnet dengan garis-garis magnet yang mengalir dari utara ke selatan. Garis-garis gaya magnetik di permukaan bumi memiliki dua komponen utama:

- komponen vertikal
- komponen horisontal

Komponen horizontal dibagi menjadi dua komponen utama:

- membujur
- melintang kapal

Ketika kapal dengan medan magnet bergerak sepanjang garis-garis magnet berbagai perubahan permeabilitas kapal, yang pada gilirannya mempengaruhi kekuatan medan. Selain itu adalah fakta diketahui bahwa logam lebih permeabel bahwa air atau udara. Jadi, sebagai intensitas medan dari kenaikan kapal, gangguan dalam medan magnet di sekitar kapal meningkat.

E. Degaussing system

Degaussing pada kapal juga dikenal sebagai "making the ship invisible", yaitu untuk membuat kapal tidak terlihat oleh medan magnet. Sebuah sistem terdiri dari kumpulan anti-magnetik (degaussing) secara permanen terpasang pada kapal tersebut. Degaussing terjadi dengan mengendalikan aliran arus listrik lewat kumpulan ini.

Komponen utama dari sistem degaussing adalah:

- Degaussing coils
- Controller
- Degaussing folder
- Power source
- Compass compensating equipment

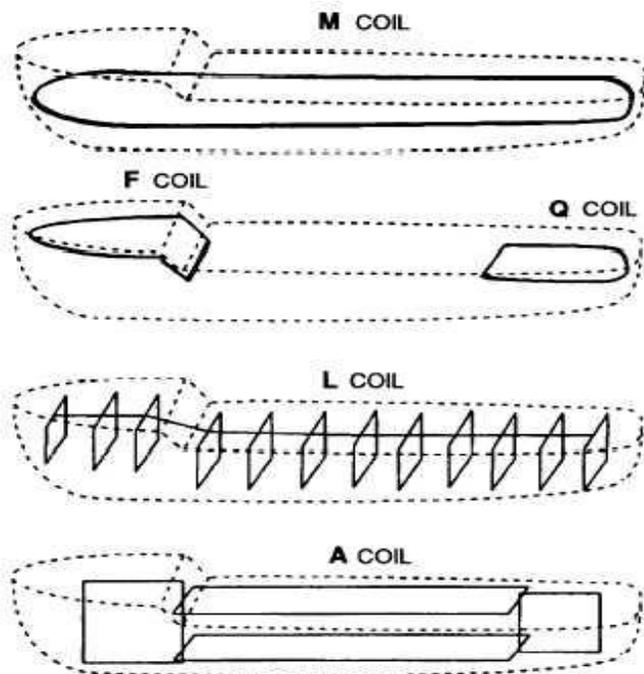
Sebuah unit kontrol digunakan untuk mengontrol arus melalui sistem kumpulan. Pada sistem juga terdiri dari peralatan kompensasi kompas yang digunakan untuk

mencegah segala bentuk gangguan ke kompas magnetik oleh medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan degaussing.

F. Jenis Metode Degaussing

Ada berbagai jenis sistem degaussing yang digunakan. Perbedaan utama antara jenis ini, adalah jumlah daya yang diberikan dan susunan kumparan sirkuit. Ini berarti bahwa berbagai jenis metode yang digunakan di papan degaussing berbeda dalam susunan kumparan degaussing dan jumlah daya yang diberikan.

Garis-garis magnet yang dihasilkan oleh permanen atau medan magnet induksi kapal, memainkan peran penting dalam proses degaussing. Garis-garis gaya magnetik ditindak lanjuti dalam berbagai cara untuk meniadakan efeknya pada medan magnet bumi. Berbagai jenis pengaturan kumparan yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4. Macam-macam metode degaussing system

III. METODE PENELITIAN

Pada skripsi ini metodologi yang digunakan adalah analisa pada sistem untuk mendapatkan hasil yang efektif. Untuk mempermudah dan lebih terstrukturanya dalam pengerjaan skripsi ini, maka diperlukan sebuah alur rancangan pengerjaan yang akan disajikan dalam bentuk flowchart metodologi penelitian berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan:

A. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada proses identifikasi dan perumusan masalah, penulis melakukan identifikasi dan merumuskan masalah, maka didapatkan suatu permasalahan pada kapal-kapal patroli tipe OPV 90m milik TNI-AL yang masih kurang dalam

pertahanan, terutama bila melewati ranjau magnetik dan juga serangan torpedo magnetik.

B. Studi Literatur

Tahap pengerjaan skripsi selanjutnya penulis lebih banyak melakukan studi literatur tentang macam-macam degaussing system yang pernah dipakai pada kapal perang di dunia. Studi literatur juga untuk menerangkan teori dasar yang dipakai untuk menjelaskan secara singkat dan jelas tentang teori-teori apa saja yang dipakai untuk menjelaskan kepada pembaca dan penulis.

C. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam skripsi ini berupa data kapal, yaitu kapal perang KRI Diponegoro tipe SIGMA milik TNI-AL sebagai kapal pembanding dan juga perlengkapan apa saja yang diperlukan untuk membuat degaussing system yang akan diaplikasikan pada kapal perang milik TNI-AL tipe OPV 90.

D. Perancangan Degaussing System

Pada proses perancangan degaussing system pada lambung kapal dilakukan dengan menggunakan program AutoCad dan melakukan perhitungan untuk menentukan berapa jumlah lilitan koil yang dibutuhkan juga bahan kumparan dan jenis isolator yang efektif pada sistem tersebut.

E. Analisa

Analisa yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan medan magnet yang akan dihasilkan dari kumparan degaussing yang telah digambar dengan AutoCad.

F. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil perhitungan dan gambar yang telah dilakukan, maka bisa diambil kesimpulan apakah degaussing system yang telah didesain tersebut efektif atau tidak untuk diaplikasikan pada kapal perang tipe OPV 90m milik TNI-AL. Berbagai saran dapat membantu dalam penyempurnaan degaussing system pada kapal KRI milik TNI-AL lainnya.

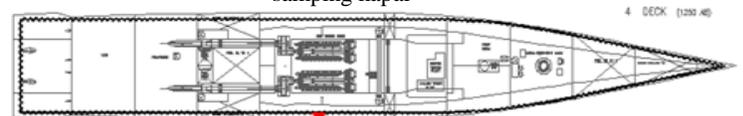
IV. PERANCANGAN DEGAUSSING SYSTEM

A. Gambar Instalasi Degaussing System

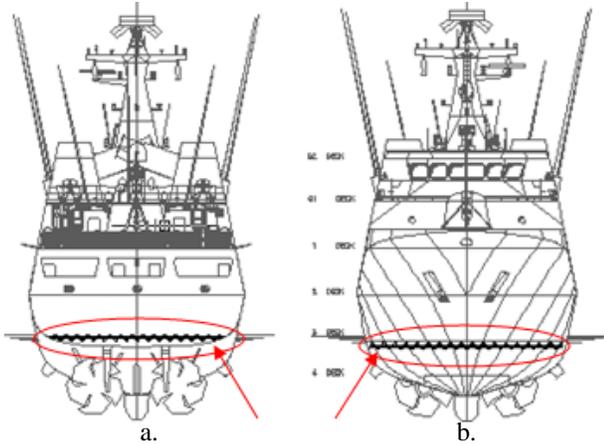
Berikut adalah desain kumparan dari degaussing system yang dipasang pada general arrangement kapal pembanding, yaitu KRI Diponegoro.



Gambar 4.1 Peletakkan kumparan (ditunjukkan panah) tampak samping kapal



Gambar 4.2 Peletakkan kumparan (ditunjukkan panah) tampak atas kapal



Gambar 4.3 Peletakkan kumparan ditunjukkan panah, a. tampak belakang dan b. tampak depan kapal

B. Komponen Degaussing System

Pada kapal yang semua peralatannya membutuhkan medan magnet seperti kompas analog pasti akan terganggu dengan adanya *degaussing system* tersebut. Oleh karena itu pada *degaussing system* terdapat berbagai alat supaya tidak mengganggu dari sistem kerja di kapal. Peralatan pendukung dari *degaussing system* adalah:

- *Degaussing coils*

Degaussing coils adalah komponen dimana gelombang elektromagnetik dari sistem dialirkan.

- *Controller*

Degaussing Controller mencakup semua fasilitas untuk pengendalian dan pemantauan *degaussing system* dan berfungsi sebagai link ke operator^[12].

- *Degaussing folder*

Degaussing folder adalah data record mulai dari instalasi sampai maintenance yang pernah dilakukan untuk mempermudah pengoperasian dari sistem.

- *Power source*

Power source adalah sumber energi yang dipakai untuk menyuplai energi ke instalasi *degaussing system* tersebut. Diperlukan *power source* yang cukup untuk memasok daya agar sistem bisa berjalan dengan normal dan tidak terjadi kekurangan energi pada kapal.

- *Compass compensating equipment*

Degaussing coil harus menghasilkan medan magnet besar untuk memberikan *degaussing* memuaskan. Tetapi dinetralkan di sekitar kompas magnetik, bidang ini membuat kompas tidak berguna untuk navigasi. *Compass compensating equipment* membentuk medan magnet kompensasi yang sama dan berlawanan dengan bidang kumparan *degaussing* tepat di sekitar kompas.

C. Perhitungan

Berikut ini adalah perhitungan-perhitungan yang dibutuhkan dalam instalasi sistem di kapal.

- Perhitungan Medan Magnet

Pada desain yang di buat pada skripsi ini menggunakan metode kumparan elektromagnetik Toroida, jadi kumparan *degaussing system* pada kapal mengelilingi pada lambung kapal. Untuk kekuatan medan magnetnya mengacu pada besar medan magnet bumi, yaitu dengan mencari data besarnya kemagnetan bumi. Dari sumber literatur menunjukkan bahwa variasi medan magnet bumi antara 40.000 nT - 46.000nT.

Dengan menggunakan rumus elektromagnetik jenis Toroida dapat dihitung kebutuhan jumlah lilitan, arus dan besarnya diameter lilitan kumparan:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{2\pi a} \tag{4}$$

Diketahui:

1 Tesla = 10000 Gauss

$\mu_0 = 12,57 \times 10^{-7} \text{ W/Amp.m}$

Untuk jumlah lilitan, kuat arus, dan besar diameter logam kumparan ditentukan sendiri, yaitu:

$N = 500.000$

$i = 55 \text{ A}$

$a = 0,2 \text{ m}$

jadi bisa dimasukkan ke dalam rumus:

$$B = \frac{12,57 \times 10^{-7} \times 500.000 \times 55}{2 \times 3,14 \times 0,2} = 27,5218949 \text{ T} \approx 27,5 \text{ T}$$

Jadi, medan magnet yang didapat dari perhitungan pada desain *degaussing system* untuk membuat kapal tidak dapat terdeteksi oleh medan magnet sebesar 27,5 Tesla atau setara dengan 275.000 Gauss.

Untuk medan magnet yang dihasilkan harus lebih kuat dari rata-rata medan magnet bumi. Karena medan magnet yang dihasilkan dari ranjau magnetik maupun torpedo tidak diketahui, maka kapal harus bisa menghasilkan medan yang minimal bisa menutupi seluruh bagian lambung yang terbuat dari logam agar tidak terdeteksi medan magnet luar.

D. Spesifikasi Peralatan Penunjang

Setelah dilakukan perhitungan, maka dapat ditentukan spesifikasi dari peralatan yang dibutuhkan dan juga peletakkannya di kapal nanti.

- *Degaussing coils*

Untuk koil yang digunakan dengan bahan yang memang merupakan konduktor listrik yang baik dan memiliki hambatan yang kecil agar tidak banyak energi listrik yang terbuang.

- *Controller*

Untuk *degaussing controller unit* memakai produk buatan USA dengan merek Power Paragon.

Spesifikasi:

➤ **Coil Power Supply:**

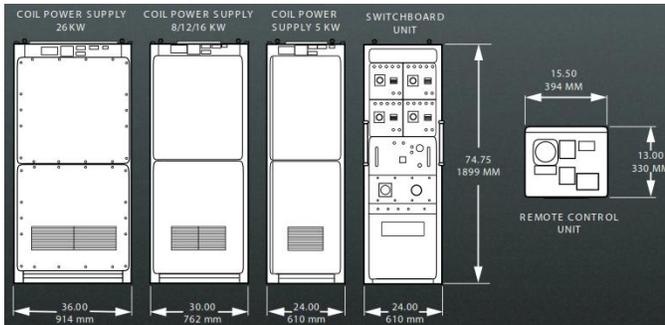
- ✓ Untuk *coil power supply* dipilih yang berdaya 5kW
- ✓ *Power input type I*, 440 ±22VAC, 3-ph, ±3Hz
- ✓ *Duty continuous*
- ✓ *Apparent power factor*: 0,65 to 0,95
- ✓ *Rated output* 220VDC at 55 ADC (12kW)

➤ Degaussing Switchboard:

- ✓ Power input type I, 440 ±22VAC, 3-ph, ±3Hz
- ✓ Gyro reference input type I, 115 ±5VAC 1-ph, 60 ±3Hz
- ✓ Duty continuous
- ✓ Accuracy of control signals to coil power supply ±0,15V

Tabel 4.1 Dimensi dari *degaussing control unit*

Equipment Description	Dimensions (in/mm)			Weight (lbs/kg)	Mounting	Cooling	Enclosure
	H	W	D				
Degaussing Switchboard	74.75/1899	24.06/10	25.1/638	856/389	Deck	Convection	Dripproof
Remote Control Unit	13.0/330	15.5/394	8.0/203	38/17	Bulkhead	Convection	Dripproof
5 kW Coil Power Supply	74.75/1899	24.06/10	25.1/638	1100/500	Deck	Forced Air	Dripproof
8, 12, 16 kW Coil Power Supply	74.75/1899	30.0/762	25.1/638	1300/591	Deck	Forced Air	Dripproof
26 kW Coil Power Supply	74.75/1899	36.0/914	25.1/638	1500/682	Deck	Forced Air	Dripproof

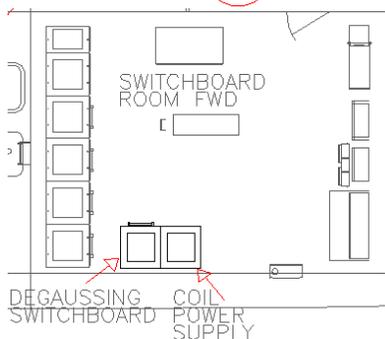


Gambar 4.4 Dimensi dari *power supply, degaussing switchboard, dan remote control unit*

E. Gambar Peletakkan *Degaussing Control Equipment*

Setelah ditentukan peralatan apa saja yang akan digunakan, maka akan ditentukan dimana peletakkan peralatan tersebut pada kapal.

Berikut ini adalah rencana desain untuk peletakkan untuk *coil power supply* dan *degaussing switchboard* diletakkan pada switchboard room fwd pada deck 2.



Gambar 4.6 *Switchboard room fwd*

F. Berat Instalasi

Untuk berat instalasi terdapat pada brosur spesifikasi. Di bawah ini adalah masing-masing berat dari *perlengkapan degaussing system* yang dipasang pada kapal:

Untuk berat pemasangan koil dengan bahan besi yang merupakan ferromagnetik didapatkan dengan cara:

Dengan diketahui:

Panjang dari kumparan sebagai tinggi tabung (t) = 174 m
 Diameter (d) = 0,2 m, $r = 0,1$ m

Mencari volume tabung (V):

$$V = \pi r^2 t$$

Keterangan:

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

r = Jari-jari kumparan (m)

t = Panjang kumparan (m)

$$\pi = 3,14$$

Jadi:

$$V = 3,14 \times 0,1^2 \times 174$$

$$= 5,4636 \text{ m}^3$$

$$\approx 5,5 \text{ m}^3$$

Dicari volume tabung karena besi kumparan yang dipakai berbentuk tabung dan tidak berongga. Hasil dari perhitungannya adalah: 5,5 m³

Mencari berat kumparan:

Untuk mengetahui berat dari kumparan maka terlebih dahulu diketahui berat jenis (γ) dari logam yang dipakai untuk kumparan tersebut. Karena logam yang dipakai adalah besi maka berat jenis dari besi adalah: 7,850 kg/m³

Maka dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Berat (kg)} = \text{Vol (m}^3\text{)} \times \gamma \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Keterangan:

$$\text{Berat jenis besi (} \gamma \text{)} = 7,850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume (V)} = 5,4636 \text{ m}^3$$

$$\text{Maka, Berat kumparan} = 5,4636 \times 7,850$$

$$= 42,88926 \text{ kg}$$

$$\approx 43 \text{ kg}$$

Coil power supply didapat dari brosur beratnya 591kg
Degaussing switchboard didapat dari brosur beratnya 389kg
Remote control unit didapat dari brosur beratnya 17 kg
 Jadi dapat dihitung berat total dari *degaussing system* yang telah dipasang adalah: 43 + 591 + 389 + 17 = 1.040 kg.

V KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan dan penempatan *degaussing system* pada kapal tipe OPV 90m ini adalah:

1. *Degaussing system* yang didesain memiliki kuat medan magnet dalam Tesla (T) sebesar 27,5 T
2. Arus (i) yang dipakai sebesar 55 Ampere.
3. Jumlah lilitan (N) dan diameter (d) dari kumparan masing-masing adalah sebanyak 500.000 lilitan dengan diameter kumparan sebesar 0,2 meter.
4. Peralatan yang dibutuhkan untuk *degaussing system* adalah: *degaussing coil, power supply* sebesar 220V dan daya (W) sebesar 12 kW, *degaussing switchboard*, dan *Compass compensating equipment*
5. Untuk pemasangan kumparan terdapat pada lambung kapal persis di bawah garis air untuk mendapatkan daya hantar magnet yang baik.
6. Peletakkan *coil power supply, degaussing switchboard* terdapat di Deck-2 pada *switchboard room*.

7. Untuk total berat instalasinya sebesar 1.040 kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini, terutama kepada dosen pembimbing yang telah membimbing sampai selesainya skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undjung. Rudy H.H.E., Okt. 2011. *Medan Magnet*. <http://fisikarudy.com/2011/10/16/medan-magnet/>. (Diakses tanggal 03feb2012)
- [2] Abdullah. Rurousha., Nov. 2009. *Medan Magnet*. <http://basicsphysics.blogspot.com/2009/08/medan-magnet.html>. (Diakses tanggal 03feb2012)
- [3] Anonim., Feb. 2012. *Potensial Listrik*. <http://edukasi.net/index.php?mod=script&cmd=Bahan%20Belajar/Materi%20Pokok/view&id=355&uniq=3376>. (Diakses tanggal 03feb2012)
- [4] Endarko, dkk. 2008. *FISIKA jilid 2 untuk SMK Teknologi*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- [5] Anonim., Feb. 2012. *Hukum Gauss*. <http://www.phys.itb.ac.id/~khbasar/arsip/FI1201/HukumGauss.pdf>. (Diakses tanggal 03feb2012)
- [6] Raunek., Juli. 2009. *Methods Of Degaussing Used On Ships*. <http://www.brightclub.com/engineering/marine/articles/43714.aspx>. (Diakses tanggal 23mar2012)
- [7] Anonymous., Maret. 2012. *The Shipboard Degaussing System*. http://navyadministration.tpub.com/14220/css/14220_66.htm. (Diakses tanggal 23mar2012)
- [8] Anonymous., Maret. 2012. *The Shipboard Degaussing System*. http://navyadministration.tpub.com/14220/css/14220_67.htm. (Diakses tanggal 23mar2012)
- [9] Anonim., Maret. 2011. *Catamaran Sebagai Kapal Anti Ranjau*. <http://www.maritimeworld.web.id/2011/03/catamaran-sebagai-kapal-anti-ranjau.html>. (Diakses tanggal 23mar2012)
- [10] Sukarsa, R.H., April. 2009. *KRI Diponegoro 365 Kapal Tercanggih TNI AL*. <http://beritahankam.blogspot.com/2009/04/kri-diponegoro-365-kapal-tercanggih-tni.html>. (Diakses tanggal 23mar2012)
- [11] Prasetyo, Andrian., Des. 2009. *Kapal Milik TNI AL*. <http://andrianprasetyo.com/?p=64>. (Diakses tanggal 14mei2012)
- [12] Anonymous., Mei. 2011. *Degaussing Systems*. <http://www.sam-electronics.de/dateien/spenav/degauss.html>. (Diakses tanggal 14mei2012)
- [13] Anonymous., Maret. 2012. *Degaussing Folder*. http://engineeringtraining.tpub.com/14079/css/14079_62.htm. (Diakses tanggal 23mar2012)
- [14] Anonim., Mei. 2012. *Magnet Bumi*. http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/Geofisika/Magnet_Bumi/MAGNET_BUMI.bmkg. (Diakses tanggal 29mei2012)
- [15] Anonymous., Juni. 2012. *Shipbuilding*. <http://www.fassmer.de/index.php?id=191>. (Diakses tanggal 20jun2012)
- [16] Anonymous., Juni. 2012. *Degaussing*. <http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/swos/eng/62B-303.html>. (diakses tanggal 20jun2012)
- [17] Anonymous., Juni. 2012. *Degaussing Systems*. <http://www.ifen.it/index.php?id=4&lst=1>. (Diakses tanggal 20Jun2012)