



TUGAS AKHIR – ME 184834

**PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN
OPTIMALISASI MUFFLER PADA SUMBER BUNYI**

**MIRFAK YUNAN NAVYAZKA
NRP. 0421154000013**

**DOSEN PEMBIMBING I
TAUFIK FAJAR NUGROHO, S.T., M.Sc.**

**DOSEN PEMBIMBING II
SUNARSIH, S.T., M.Eng., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



SKRIPSI - ME184834

**PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN
OPTIMALISASI *MUFFLER* PADA SUMBER BUNYI**

**Mirfak Yunan Navyazka
0421 154 0000 013**

**Dosen Pembimbing 1 :
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.**

**Dosen Pembimbing 2 :
Sunarsih, S.T., M.Eng., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



BACHELOR THESIS - ME184834

**NOISE REDUCTION IN SHIP ENGINE ROOM BY OPTIMIZATION OF
MUFFLER AT NOISE SOURCE**

**Mirfak Yunan Navyazka
0421 154 0000 013**

**Academic Supervisor 1 :
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.**

**Academic Supervisor 2 :
Sunarsih, S.T., M.Eng., Ph.D**

**MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin Kapal
Dengan Optimalisasi *Muffler* Pada Sumber Bunyi**

Skripsi

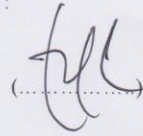
Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:


**Mirfak Yunan Navyazka
NRP. 0421 154 0000 013**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Pembimbing 1
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.
NIP: 1976 0310 2000 03 1001



Pembimbing 2
Sunarsih, S.T., M.Eng. Ph.D



Surabaya
Juli, 2019

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Kebisingan di Kamar Mesin Kapal Dengan Optimalisasi *Muffler* Pada Sumber
Bunyi**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mirfak Yunan Navyazka
NRP. 0421 154 0000 013

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT,
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Surabaya
Juli, 2019

vii

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN OPTIMALISASI *MUFFLER* PADA SUMBER BUNYI

Nama Mahasiswa : Mirfak YunanNavyazka
NRP : 0421154000013
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Sunarsih, S.T., M.Eng., Ph.D

ABSTRAK

Kebisingan adalah suara yang dapat menyebabkan permasalahan dan mengganggu kenyamanan sekitar. Sehingga, pengukuran tingkat kebisingan harus dilakukan untuk mengetahui tingkat kebisingan yang terjadi di kapal, terutama di kamar mesin. Sehingga dapat direncanakan alternatif sistem yang tepat apabila tingkat kebisingan yang terjadi melebihi batas yang ditetapkan oleh peraturan yang berlaku seperti IMO, ABS dan LR. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode komputasi untuk membuat kontur kebisingan di kamar mesin dan pemodelan rekomendasi muffler untuk menurunkan kebisingan. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan Sound Level Meter untuk tingkat kebisingan pada kamar mesin kapal Natuna Express High Speed Craft penyeberangan Gresik ke Bawean melebihi dari standar Internasional seperti IMO, LR dan ABS sebesar 110 dB. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk kontur tergantung dari kondisi dan letak dari komponen-komponen yang mempengaruhi tingkat kebisingan pada tiap ruangan tersebut. Setelah melakukan proses perhitungan Transmission Loss yang dihasilkan oleh sebuah Barrier dengan panjang dan diameter pada ruang ekspansi *Muffler* sebesar 320 cm dan 98 cm, dengan bahan material plywood dimana dapat mengurangi suara sebesar 24,94 dB. Dimana ketika kondisi ME ON & Generator ON menghasilkan kebisingan sebesar 117,8 dB dan terjadi penurunan sebesar 92,9 dB ketika terjadi modifikasi *Muffler* dekat *Engine*. Lalu untuk modifikasi Muffler pada Tail pipe menghasilkan penurunan sebesar 107,3 dB. Sedangkan untuk kondisi kapal ME OFF & Generator ON menghasilkan kebisingan sebesar 108,7 dB dan terjadi penurunan sebesar 83,8 dB ketika terjadi modifikasi *Muffler* dekat *Engine*. Lalu untuk modifikasi Muffler pada Tailpipe menghasilkan penurunan sebesar 98,2 dB. Proses simulasi penelitian ini terhadap perencanaan penggunaan modifikasi Muffler yang telah terpasang pada exhaust gas outlet dapat disimpulkan bahwa semakin panjang ruang ekspansi dan semakin besar diameter ruang ekspansi muffler, maka transmission loss yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Kata kunci : Kebisingan, Kamar Mesin, Transmission Loss, Muffler

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

NOISE REDUCTION IN SHIP ENGINE ROOM BY OPTIMIZATION MUFFLER AT NOISE SOURCE

Student Name : Mirfak Yunan Navyazka
NRP : 0421154000013
Department : Marine Engineering
Academic Supervisor 1 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.
Academic Supervisor 2 : Sunarsih, S.T., M.Eng., Ph.D

ABSTRACT

Noise is a sound that can cause problems and disrupt the comfort around. So, noise level measurements must be done to determine the noise level that occurs on the ship, especially in the engine room. So that an appropriate system alternative can be planned if the noise level exceeds the limits set by applicable regulations such as IMO, ABS, and LR. The method used in this study uses computational methods to make noise contours in the engine room and modeling muffler recommendations to reduce noise. From the measurement results using Sound Level Meter for noise levels in the Natuna Express engine room High-Speed Craft Gresik crossing to Bawean exceeds International standards such as IMO, LR and ABS at 110 dB. After carrying out the process of calculating Transmission Loss produced by a Barrier with a length and diameter in the Muffler expansion chamber of 320 cm and 98 cm, with plywood material which can reduce sound by 24.94 dB. Where when the ME ON & Generator ON conditions produce a noise of 117.8 dB and a decrease of 92.9 dB when there is a modification of the Muffler near the Engine. Then to modify the tailpipe muffler resulted in a decrease of 107.3 dB. While for the condition of the ME OFF & Generator ON the ship produces a noise of 108.7 dB and a decrease of 83.8 dB when there is a modification of the Muffler near the Engine. Then to modify the Tailpipe Muffler produces a decrease of 98.2 dB. The process of simulation of this study on planning the use of modified mufflers that have been installed at the exhaust gas outlet can be concluded that the longer the expansion space and the greater the diameter of the muffler expansion chamber, the greater the transmission loss produced.

Keywords : Engine Room, Muffler, Ship Noise, Transmission Loss

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 1 (satu) yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Sunarsih, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing 2 (dua) yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Beny Cahyono selaku dosen pembimbing 2 (dua) ketika PI yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc. selaku dosen perwalian selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS
5. Orang tua dan keluarga dari penulis yang selalu memberikan do'a, semangat, masukan dan dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
6. Ananta selaku partner pengambilan tugas akhir di kapal natuna expres dan selama 2 hari di pulau bawean untuk pengambilan data.
7. Agung Ambod yang telah membantu dan memberikan semangat selama eksperimen dan hingga laporan skripsi ini selesai dibuat.
8. Anggota Laboratorium *Fluid Machinery System (MMS)* yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Salvage'15 yang menjadi keluarga setia penulis selama di Surabaya dan mendukung penulis agar mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
10. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah memberikan balasan yang berlipat kepada semuanya. Demi perbaikan selanjutnya, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GRAFIK.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian.....	2
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kebisingan.....	5
2.1.1. Jenis-Jenis Kebisingan.....	5
2.1.2. Sumber Kebisingan	7
2.1.3. Dampak Kebisingan	8
2.1.4. Pengendalian Kebisingan.....	8
2.1.5. Standart Kebisingan	8
2.1.6. Metode Pengukuran Kebisingan	9
2.2 Transmission Loss (Regu Transmisi)	9
2.3 Reduksi Bising Dari Dinding.....	11
2.4 Faktor Kebisingan di Kamar Mesin.....	12
2.5 Penelitian Terdahulu Tentang Kebisingan & Desain Muffler	17
BAB III.....	25
METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Pendahuluan.....	25

3.2	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.3	Pengumpulan Data Kapal	26
3.4	Pengukuran Pengambilan Data.....	28
3.5	Pengukuran Kebisingan.....	29
3.6	Error Analysis.....	32
3.7	Penentuan Tahap Kebisingan Berdasarkan Peraturan IMO.....	33
3.8	Pemetaan Kebisingan Awal.....	33
3.9	Pemodelan Existing Muffler.....	34
3.10	Pemodelan Beberapa Opsi Modifikasi Pada Muffler	38
3.11	Pemetaan Kebisingan Akhir	40
3.12	Perbandingan Hasil Pemetaan Kebisingan Awal dan Akhir.....	41
3.13	Analisa Data dan Pembahasan.....	41
3.14	Kesimpulan dan Saran	41
BAB IV		43
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Pendahuluan	43
4.2	Keakuratan Data Pengukuran	43
4.3	Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Berdasarkan Klasifikasi Internasional	51
4.4	Rekomendasi Model Muffler.....	52
4.5	Analisa Kontur Kebisingan Kamar Mesin	53
4.6	Kontur Modifikasi Kebisingan Kamar Mesin Setelah Modif. <i>Muffler</i>	55
4.6.1.	Modifikasi <i>Muffler</i> Dekat Main Engine.....	55
4.6.2.	Modifikasi <i>Muffler</i> pada Tail Pipe.....	59
4.7	Perbandingan Kebisingan Sebelum dan Sesudah Modifikasi Muffler	63
BAB V.....		65
KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Desain dan Dimensi Muffler	13
Gambar 2 Flowchart Penelitian	27
Gambar 3 Kamar Mesin Natuna Express	29
Gambar 4 Ruang Generator Natuna Express.....	29
Gambar 5 Titik Pengukuran di Kamar Mesin	30
Gambar 6 Pengukuran Kebisingan.....	31
Gambar 7 Pemetaan Kebisingan di Kamar Mesin	36
Gambar 8 Desain Muffler Asli	36
Gambar 9 Model Muffler (Kanan)	37
Gambar 10 Model Muffler (Kiri)	37
Gambar 11 Pemetaan Kebisingan kondisi ME ON & Generator ON	42
Gambar 12 Pemetaan Kebisingan kondisi ME OFF & Generator ON.....	43
Gambar 13 Analisa Kontur Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON	55
Gambar 14 Analisa Kontur Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON.....	55
Gambar 15 Analisa Kontur Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Main Engine Kondisi ME ON & Generator ON	61
Gambar 16 Analisa Kontur Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Main Engine Kondisi ME OFF & Generator ON.....	62
Gambar 17 Analisa Kontur Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Tail Pipe Kondisi ME ON & Generator ON.....	64
Gambar 18 Analisa Kontur Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Tail Pipe Kondisi ME OFF & Generator ON	65
Gambar 19 Kontur Kebisingan diMuffler Pada Main Engine Kondisi ME ON & Generator ON	66

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai Ambang Batas Kebisingan	6
Tabel 2 Spesifikasi Material Transmission Loss/Frekuensi	8
Tabel 3 Kerapatan Material	9
Tabel 4 Material Barrier	11
Tabel 5 Ketentuan Kebisingan menurut IMO	14
Tabel 5 Alat dan Bahan Pengukuran	31
Tabel 6 Kebisingan Kamar Mesin Kondisi ME ON & Generator ON	32
Tabel 7 Kebisingan Kamar Mesin Kondisi ME ON & Generator ON	33
Tabel 8 Inputan Data Pengukuran Kebisingan	35
Tabel 9 Parameter Permodelan Muffler	40
Tabel 10 Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan	45
Tabel 11 Sumber Kebisingan	45
Tabel 12 Data Keakuratan Kebisingan Kamar Mesin Kondisi ME ON & Generator ON	46
Tabel 13 Data Keakuratan Kebisingan Kamar Mesin Kondisi ME OFF & Generator ON	50
Tabel 14 Rekomendasi Pemodelan Muffler	57
Tabel 15 Kebisingan Setelah Modifikasi (ME ON & Generator ON)	58
Tabel 16 Kebisingan Setelah Modifikasi (ME OFF & Generator ON)	59
Tabel 17 Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Pada Tail Pipe (ME ON & Generator ON)	62
Tabel 18 Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Pada Tail Pipe (ME OF & Generator ON)	63

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (0,0)	47
Grafik 2 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (0,1)	47
Grafik 3 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (0,2)	47
Grafik 4 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (0,3)	48
Grafik 5 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (0,4)	48
Grafik 6 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (1,0)	48
Grafik 7 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (1,1)	49
Grafik 8 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (1,2)	49
Grafik 9 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (1,3)	49
Grafik 10 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON Pada titik (1,4)	50
Grafik 11 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (0,0)	51
Grafik 12 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (0,1)	52
Grafik 13 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (0,2)	52
Grafik 14 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (0,3)	52
Grafik 15 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (0,4)	53
Grafik 16 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (1,0)	53
Grafik 17 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (1,1)	53
Grafik 18 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (1,2)	54
Grafik 19 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (1,3)	54
Grafik 20 Profil Keakuratan Hasil Pengukuran Kebisingan Kondisi ME OFF & Generator ON Pada titik (1,4)	54

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebisingan merupakan suatu permasalahan yang cukup penting terutama dalam kaitannya dengan kenyamanan pada kamar mesin di kapal. Tingkat kebisingan yang berlebihan dapat memberikan dampak negatif yang sangat berbahaya dalam banyak hal, termasuk dalam segi kesehatan, psikologis maupun dalam segi teknis. Sumber kebisingan suara terbesar di kapal terletak di ruang mesin. Kebisingan dengan tingkat intensitas tinggi di ruang mesin tanpa disadari dapat menyebabkan dampak yang sangat serius terhadap awak kapal serta tidak memberikan kenyamanan untuk setiap penumpang. Contoh kebisingan yang berpengaruh langsung pada kenyamanan awak kapal dan seluruh penumpang anatara lain berasal dari *main engine room* itu sendiri yang merupakan sumber kebisingan terbesar, lalu ada *exhaust gas outlet* pada deck serta *auxiliary machinery* dan lain-lain. Dimana penelitian sebelumnya (Haryanto, 2012) menyebutkan bahwa Awak kapal Jaya Niaga mengalami keluhan karena suara kebisingan di kamar mesin sebesar 120 dB dan standar IMO 120 dB. Hal ini didapatkan karena tidak memakai penutup telinga ketika kapal sedang beroperasi dan awak kapal sedang berada di *engine room*. Akibat dari getaran pada kapal menghasilkan tingkat kebisingan sangat bervariasi sesuai dengan jarak dari sumber getaran dan redaman yang menghalangi rambatan kebisingan dari sumber getaran.

Untuk mengurangi kebisingan ini perlu sekali untuk memahami karakteristik sumber dari kebisingan, bagaimana kebisingan itu dapat merambat ke seluruh badan kapal dan bagaimana cara efektif serta ekonomis untuk meredamnya. Dengan begitu perlu adanya peredaman kebisingan dengan menggunakan muffler atau peredam gas buang di *main engine room*, agar suara yang didapatkan menjadi lingkungan yang sehat. Berdasarkan latar belakang diatas permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah tingkat kebisingan yang terjadi di kamar mesin pada saat kapal beroperasi berlayar dalam kondisi bermuatan penuh dan ketika kondisi berlabuh. Penelitian sebelumnya (Gadung, 2017) menyebutkan bahwa kondisi kebisingan di KMP. Dharma Rucitra memiliki tingkat kebisingan yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dimana tidak melebihi dari 102 dB dan menghasilkan pola kontur yang memperlihatkan jelas komponen yang memiliki tingkat kebisingan paling tinggi maupun rendah. Sedangkan pada penelitian lainnya (Dwilestari, 2014) menyebutkan bahwa standar tingkat kebisingan yang disarankan untuk kabin ABK berdasarkan rekomendasi IMO adalah 60 dB sedangkan tingkat kebisingan yang terukur sebesar 70,78 dB di titik 9 dan 70,16 dB di titik 10. Dan akan menganalisa bagaimana caranya untuk menurunkan kebisingan tersebut dengan merekomendasikan solusi untuk menurunkan kebisingan yang efisien dan optimal dengan re-desain muffler. Dimana hasil penelitian sebelumnya dari (Ferianita Fachrul dkk, 2011) menyebutkan bahwa *Plywood* baik digunakan sebagai pengendali kebisingan dikarenakan *Plywood* mempunyai massa yang besar sehingga memiliki STL yang cukup tinggi dan mampu mengurangi rambatan getaran. Sedangkan ketidakefektifan dari lapisan busa dan serabut disebabkan karena massa dan densitasnya yang rendah. Dimana hasil penelitian sebelumnya juga dari (Rindianti Wibowo dkk, 2014) menyebutkan bahwa

Transmission Loss terbesar diperoleh jika Alternative System yang digunakan adalah Barrier dengan material Plywood ini menjadi Alternative System yang lebih efisien jika dibandingkan dengan Alternative System lainnya

Pada penelitian ini, penulis mensimulasikan estimasi tingkat kebisingan yang dihasilkan *Main Engine* ketika kapal dalam kondisi ME ON Generator ON dan ME OFF Generator ON dengan metode pemetaan kebisingan menggunakan metode komputasi dan juga optimalisasi pemodelan *Muffler* dekat Engine dan di Tail Pipe untuk menurunkan kebisingan di kamar mesin dengan menggunakan metode komputasi dengan dibuktikan berupa perbandingan tabel pemodelan *Muffler* maupun grafik dan juga nantinya akan direkomendasikan muffler yang lebih efisien dan optimal untuk penurunan tingkat kebisingan nantinya. Dan juga untuk mengetahui standar deviasi kebisingan tersebut memenuhi atau tidak dengan mengetahui batas minimum dan batas maksimal kebisingan. Dan menghasilkan pemetaan ulang dari kebisingan di kamar mesin akibat dari modifikasi *muffler*.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana kondisi tingkat kebisingan pada komponen di kamar mesin di kapal berdasarkan hasil pengukuran dan membandingkan dengan peraturan kebisingan pada peraturan IMO.
2. Bagaimana rekomendasi pemodelan *Muffler* berdasarkan beberapa parameter pemodelan dengan menggunakan metode komputasi.
3. Bagaimana mapping pola kebisingan sebelum dan sesudah modifikasi *Muffler* yang dihasilkan di kamar mesin dengan menggunakan metode komputasi

1.3. Tujuan Penelitian

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, penulis melakukan penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi tingkat kebisingan di kamar mesin kapal berdasarkan klasifikasi Internasional.
2. Memodelkan existing *Muffler* dan merekomendasikan beberapa alternatif modifikasi *Muffler* untuk menurunkan kebisingan pada sumber bunyi.
3. Mapping pola kebisingan di kamar mesin sebelum dan sesudah modifikasi *Muffler*

1.4. Batasan Penelitian

Agar permasalahan yang dibahas dalam dalam Tugas Akhir ini tidak meluas, maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Analisa tingkat kebisingan di kamar mesin di kapal dengan berlayar menggunakan 2 main engine dan 1 generator set. Lalu kondisi kapal ketika berlabuh menggunakan 1 generator set.
2. Perbandingan Standart Internasional yang dipakai untuk acuan dalam pengukuran kebisingan adalah peraturan IMO.

3. Pengukuran tingkat kebisingan hanya dilakukan di *Engine Room* karena *Muffler* merupakan sumber getaran tertinggi dan menyebabkan kenyamanan terganggu.
4. Rekomendasi modifikasi *muffler* yang lebih efisien dan optimal dibandingkan dengan pemodelan lainnya berupa tabel dan grafik dengan beberapa parameter yang digunakan untuk pemodelan dan analisa ini.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebisingan

Bising adalah campuran dari berbagai suara yang tidak dikehendaki ataupun yang merusak kesehatan, kebisingan merupakan salah satu penyebab penyakit lingkungan yang penting (Slamet, 2009). Selain itu menurut keputusan menteri lingkungan hidup no. Kep48/MENLH/11/1996 pengertian kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga menimbulkan gangguan kenyamanan dan kesehatan manusia. Kebisingan bisa dibedakan berdasarkan mekanisme penyebaran dan perambatan energy bunyi, adapun kebisingan-kebisingan tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Struktur-Borne Noise**, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh perambatan getaran struktur komponen dari suatu system struktur atau bagian yang bergetar tersebutakan meradiasikan atau merambatkan nergi akustik dalam bentuk gelombang longitudinal. Sumber energy tersebut diperoleh dari adanya kerusakan atau tidak seimbangnyabagian serta gerakan bolak-balik dari suatu system.
2. **Liquid-Borne Noise**, yaitu kebisingan yang ditimbulkan oleh adanya perambatan fluktuasi tekanan fluida, sehingga terjad getaran kolom fluida, pusaran fluida, bunyi aliran dan kavitasi.
3. **Air-borne Noise**, yaitu kebisingan yang merambat melalui fluktuasi tekanan yang timbul di udara Perambatan kebisingan melalui dua media seperti ini akan saling berkaitan. Dimana jika terjadi suatu perambatan bunyi yang bersumber dari struktur, maka getaran struktur akan dapat menggetarkanudara disekelilingnya. Pada saat yang sama udara yang bergetar tersebut akan menggetarkan struktur kembali.

2.1.1. Jenis-Jenis Kebisingan

Berdasarkan factor penyebabnya kebisingan dapat dikelompokan menjadi :

1. Kebisingan terus menerus dimana fluktuasi intensitasnya tidak lebih dari 6 dB, kebisingan jenis ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:
 1. **Steady State Wide Band Noise**, Yaitu kebisingan seluruh energy Akustik terbesar didalam daerah atau range frekuensi yang luas, seperti suara yang ditimbulkan oleh motor diesel, kompresor dean fan.
 2. **Steady State Narrow Band Noise**, yaitu kebisingan yang seluruh energi akustiknya terbesar didalam daerah atau range frekuensi yang lebih sempit atau seolaholah terpusat pada suatu frekuensi. Contoh : suara katup gas.
 3. **Kebisingan terputus-putus (intermitten Noise)**, yaitu kebisingan dimana suara mengeras dam melemah secara perlahanlahan. Contoh: Kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan. Kebisingan Impulsif,

yaitu kebisingan yang membutuhkan waktu kurang dari 35 mili detik untuk mencapai puncak intensitas. Bila impulse terjadi secara berulang-ulang dengan selang waktu kurang dari 0,5 detik. Kebisingan impulsif ini dapat diklasifikasikan sebagai kebisingan terus menerus. Untuk tabel mengenai nilai batas kebisingan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Ambang Batas Kebisingan

No	Waktu Papar Per Hari	Tingkat Suara dalam dB (A)
1	8 jam	85
2	4 jam	88
3	2 jam	91
4	1 jam	94
5	30 menit	97
6	15 menit	100
7	7,5 menit	130
8	3,5 menit	106
9	1,88 menit	109

Sumber : <https://zuhdiismail.blog.uns.ac.id/2011/09/18/125/>

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, Bising dapat dibagi atas :

- 1. Bising yang mengganggu (irritating Noise)** : Intensitas tidak terlalu keras
- 2. Bising yang menutupi (masking Noise)** : Merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja, karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain
- 3. Bising yang merusak (damaging / injurious Noise)** : adalah bunyi yang intensitasnya melampaui NAB. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.

Ukuran dari tekanan bunyi adalah decibel atau biasa disingkat dB. Decibel (dB) adalah ukuran energy bunyi atau kuantitas yang dipergunakan sebagai unit unit tingkat tekanan suara berbobot A. Yang dilakukan untuk mensederhanakan plot-plot multiple seperti pada gambar dan untuk secara kira-kira membandingkan kuantitas logaritmik dari stimulus untuk stimulus akustik yang diterima telinga manusia dari luar. Perubahan tekanan udara terjadi manakala bunyi itu terjadi :

$$P(1) = P_a + P(t)$$

Keterangan :

- P_a : Tekanan atmosfer udara ($1,0 \times 10^{-5}$)
 $P(t)$: Gangguan Tekanan Suara

$$P(l) \lll Pa$$

Daya Puncak – Daya Rerata	
Rentang Tekanan Manusia	: $2 \times 10^5 \text{ Pa} - 200 \text{ Pa}$
Frekuensi	: $16 - 30.000 \text{ Hz}$

Tingkat tekanan suara dinyatakan :

$$SPL = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \text{ Log} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

P_0 : Tekanan suara acuan ($2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$)

Intensitas Suara

Laju energi merupakan daya suara yang menembus suatu luasan tertentu :

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r^2}$$

Keterangan :

I	: Intensitas Suara (w/m^2)
W	: Daya Suara (w)
S	: Luas Permukaan yang Ditembus (m^2)
R	: Jarak antara Reseptor dan Sumber Suara (m)

$$L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Keterangan :

L_1	: Tingkat Intensitas Suara (dB)
I	: Intensitas Suara (w/m^2)
I_0	: Intensitas Suara Acuan (10^{-12} w/m^2)

2.1.2. Sumber Kebisingan

Dilihat dari sifat sumber kebisingan dibagi menjadi dua yaitu:

- 1. Sumber kebisingan statis**, misalnya pabrik, mesin, tape, dan lainnya
- 2. Sumber kebisingan dinamis**, misalnya mobil, pesawat terbang, kapal laut dan lainnya.

Untuk menentukan besarnya daya mesin sebagai sumber suara digunakan persamaan :

$$P = F_n \times P_m$$

Keterangan:

P	= Suara daya mesin, (W)
P_m	= Daya Mesin, (W)
F_n	= faktor konversi

2.1.3. Dampak Kebisingan

Ada beberapa pengaruh dari dampak kebisingan, antara lain :

1. Pengaruh Fisiologi

Pengaruh pada fisiologi dapat berupa: peningkatan tekanan darah, peningkatan denyut nadi, basal metabolisme, gangguan tidur, dapat menyebabkan pucat, gangguan sensoris dan gangguan refleksi

2. Pengaruh Psikologi

Reaksi psikologis yang timbul dari kebisingan adalah: - Marah
- Mudah tersinggung/curiga - Mudah gugup - Jengkel atau annoyance

3. Trauma Akustik

4. Gangguan Pendengaran

Macam macam gangguan pendengaran yang disebabkan oleh adanya pajanan kebisingan:

a. Temporasily Threshold Shifts (TTS) Adalah bergesernya (melemahnya) kemampuan pendengaran seseorang ketika terpapar kebisingan yang cukup intensif, bersifat sementara.

b. Permanent Threshold Shifts (PTS) Adalah melemahnya secara permanent kemampuan pendengaran seseorang karena terpapar kebisingan yang intensif dan mendadak.

2.1.4. Pengendalian Kebisingan

Pengendalian bising secara umum dapat dilakukan dengan 3 cara, antara lain :

1. Pengendalian kebisingan yang dihasilkan oleh sumber bunyi

Pengendalian kebisingan pada sumbernya dapat dilakukan dengan memodifikasi mesin atau menempatkan peredam pada sumber getaran. Cara ini memerlukan penelitian yang intensif dan umumnya memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk melakukannya.

2. Pengendalian bising yang ditransmisikan

Pengendalian bising dapat ditransmisikan melalui udara atau material lain yang setidaknya berfungsi sebagai insulasi dan absorpsi. Insulasi digunakan untuk menempatkan barrier antara sumber bunyi dan daerah yang akan dilindungi dari kebisingan. Absorpsi digunakan untuk melindungi objek dari yang ditempatkan pada tempat yang sama dengan sumber bunyi.

3. Pengendalian bising pada penerima

Ketika suatu kendali bunyi gagal melaksanakan tugasnya, selanjutnya dapat mengusahakan perlindungan terhadap manusia dengan memakai penutup telinga, penyumbat telinga dan alat perlindungan lainnya.

2.1.5. Standart Kebisingan

Dimana penelitian sebelumnya (Setyawan, 2015) menyebutkan bahwa Analisa kebisingan berada dibawah ambang batas standar Code On Noise Levels on Board Ships. Masalah kebisingan di kapal sangat penting di control untuk kesehatan. Di dunia telah ada peraturan atau penanggulangan secara administrasi mengenai tingkat kebisingan yang harus diterima oleh pekerja. International Maritiem Organization (IMO) merupakan salah satu standar yang telah ada sejak

1982 mengenai standar internasional dari level kebisingan pada kapal. Pada standart IMO, terdapat ketentuanketentuan kondisi pengukuran antara berlabuh dan berlayar berbeda sebab mesin yang digunakan pada kedua keadaan tersebut juga berbeda. Untuk kondisi pengukuran di laut atau saat berlayar sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan saat kapal memiliki muatan.
2. Mesin utama kapal harus bekerja dengan kecepatan kapal normal.
3. Semua mesin pembantu, alat-alat navigasi, radio, radar dan lainnya yang biasa digunakan tiap orang harus dioperasikan seperti biasa.
4. Peralatan darurat seperti diesel,generator atau lainnya yang hanya beroperasi disaat darurat, untuk keperluan pengukuran harus dioperasikan.
5. Peralatan ventilasi mekanik dan air conditioning harus dalam keadaan normal sesuai desain kapal
6. Pintu dan jendela yang pada umumnya tertutup tetapi jika normalny terbuka maka harus terbuka misalkan pada navigasi yang umumnya terbuka.
7. Ruangannya seharusnya dilengkapi dengan peralatan yang dibutuhkan.
8. Kapal saat hendak berlayar ,menstabilkan dan lainnya mungkin menghasilkan noise yang besar. Pengukuran dilakukan saat operasi seperti biasa.

Sedangkan untuk pengukuran dalam kondisi berlabuh memiliki sedikit perbedaan dengan berlayar, menurut standart IMO sebagai berikut :

1. Sumber bunyi / bising dari luar kapal yang dapat terdengar di kapal seperti suara orang dapat di abaikan.
2. Pengukuran juga dilakukan pada ruang mesin dimana mesin pembantu beroperasi disaat berlabuh dan apabila tingkat kebisingan melebihi standart IMO yaitu 90 db maka di haruskan menggunakan ear protection.

2.1.6. Metode Pengukuran Kebisingan

Metoda pengukuran kebisingan menggunakan dari MSC 91 *Annex I* tahun 2012 yaitu pengukuran tidak boleh kurang dari 1 meter dari alat maupun tembok pemantul. Pada kamar mesin harus tidak kurang dari 1 meter dan tidak lebih dari 3 meter untuk berdiri mengukur dengan *sound level meter*. Ketinggian harus 1,2 – 1,6 meter dari dasar lantai kamar mesin. Pengukuran titik terletak di tengah ruangan selanjutnya akan secara perlahan dipindahkan titik-titik berikutnya. Penentuan pengukuran minimal 2 meter dari titik sebelumnya.

2.2 Transmission Loss (Regu Transmisi)

Rugi Transmisi Bunyi (Transmission Loss/TL) merupakan jumlah energi bunyi yangang berkurang (lewat udara) pada suatu partisi, dinding atau jendela yang dinyatakan dalam desibel. Rugi transmisi sama dengan jumlah decibel berkurangnya energi bunyi datang pada partisi bila melewati struktur.

$$TL = 10 \log (1/ \tau)$$

Dalam menghitung insulasi bunyi pada partisi yang lebih dari satu bahan, diketahui dahulu koefisien masing-masing bahan, sehingga untuk mencari absorpsi koefisien transmisi rata-rata. Rugi daya tergantung pada bahan dari barrier, frekuensi bunyi yang datang pada barrier serta sudut datang gelombang bunyi. Jadi bila TL suatu bahan mempunyai harga yang besar maka bahan tersebut makin mampu mengurangi bunyi. Untuk frekuensi yang rendah TL dipengaruhi oleh ketebalan dari dinding, sedangkan untuk frekuensi yang semakin besar TL dipengaruhi oleh massa dari dinding. Untuk tabel mengenai spesifikasi material transmission loss/ frekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.2. dan untuk tabel mengenai kerapatan material dapat dilihat pada Tabel 2.3 Perumusan yang berkaitan dengan frekuensi adalah sebagai berikut.

$$TL = (20 \log W) + (20 \log f) - C$$

Dimana : f = Frekuensi (Hz)
 W = Massa jenis ($\text{kg/m}^2/\text{cm}$)
 C = koefisien = 47

Menurut Watters 1959, material yang dilewati gelombang suara mempunyai Transmission Loss (TL) :

$$TL = 10 \text{ Log} \left[1 + \left(\frac{\pi f M_s}{\rho_0 c} \right)^2 \right] - 5$$

Dimana:

M_s = Kerapatan material (kg/m^3)
 f = Frekuensi, Hz

Tabel 2.2 Spesifikasi Material Transmission Loss/Frekuensi

Material	f(Hz)					
	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Brick, 4"	30	36	37	37	37	43
Block, 7 5/8" hollow cinder	33	33	33	39	45	51
Block, 6" concrete lightweight painted	38	36	40	45	50	56
Curtains, lead/vinyl 1.5 lb/ft ²	22	23	25	31	35	42
Door 2 5/8" hardwood	26	33	40	43	48	51
Fiber Tile, filled mineral 5/8"	30	32	39	43	53	60
Glass plate, 1/4"	25	29	33	36	26	35
Glass laminated, 1/2"	23	31	38	40	47	52
Panels, perforated metal with mineral 4"	28	34	40	48	56	62
Plywood, 1/4", 0.7 lb/ft ²	17	15	20	24	28	27
Plywood, 3/4", 2 lb/ft ²	24	22	27	28	25	27
Steel, 18 gauge, 2 lb/ft ²	15	19	31	32	35	48
Steel, 16 gauge, 2.5 lb/ft ²	21	30	34	37	40	47
Sheet metal laminate, 2 lb/ft ²	15	25	28	32	39	42

Sumber : <http://engineeronadisk.com>

Tabel 2.3 Kerapatan Material

Material	Thickness (mm)	Surface density (kg/m ²)	Transmission loss dB(A)*	Transmission loss dB(A)**
Polycarbonate	8-12	10-14	30-33	-
Acrylic [Poly-Methyl-Meta-Acrylate (PMMA)]	15	18	32	-
Concrete block 200x200x400 light weight	200	151	34	34
Dense concrete	100	244	40	40
Light concrete	150	244	39	39
Light concrete	100	161	36	36
Brick	150	288	40	-
Steel, 18 gal	1.27	9.8	25	25
Steel, 20 gal	0.95	7.3	22	22
Steel, 22 gal	0.79	6.1	20	20
Steel, 24 gal	0.64	4.9	18	18
Aluminum sheet	1.59	4.4	23	23
Aluminum sheet	3.18	8.8	25	25
Aluminum sheet	6.35	17.1	27	27
Wood	50	32.7	-	24
Wood	25	18	21	21
Wood	12	8.3	-	18
Plywood	13	8.3	20	20
Plywood	25	16.1	23	23
Absorptive panels with polyester film backed by metal sheet	50-125	20-30	30-47	-
Glass, Safety	3.18	7.8	-	22
Plexiglass	6	7.3	-	22

* Hong Kong EPD (EPD Guideline, 2003), ** FHWA (Fleming et al., 2000).

Activ
Gatra

Sumber : <https://www.researchgate.net>

Sedangkan pada Muffler, Transmission Loss dapat diperoleh dengan menggunakan Plane wave assumption dengan persamannya adalah:

$$TL = 10 \text{ Log} [1 + ((m^2-1)/(2m \sin kl)^2]$$

Dimana :

- m : perbandingan luaspenampang ruang ekspansi dan pipa inlet/outlet
- l : panjang bagian ruang ekspansi
- k : wave number : $2.\pi.\text{freq} / \text{speed of sound}$ [12]

Cara penjumlahan nilai tingkat tekanan bunyi secara logaritmik berlaku sama dengan penjumlahan nilai transmission loss yaitu :

$$TL_{\text{Overall}} = 10 \log (\sum 10 L_{pi}/10)$$

Dimana : L_{pi} = nilai transmission loss yang ke-i (dB)

2.3 Reduksi Bising Dari Dinding

Reduksi bising (Noise Reduction/NR) adalah istilah yang lebih umum daripada TL untuk menyatakan insulasi bunyi antara ruang-ruang karena ia ikut memperhitungkan efek berbagai jejak transmisi antara ruang sumber dan ruang penerima dan juga sifat akustik ruang-ruang ini. NR yang dinyatakan dalam desibel diberikan oleh

$$NR = L_{p1} - L_{p2}$$

atau

$$NR = TL - 10 \log [(1/4) + (S_w/R_2)]$$

Dimana :

NR = Noise Reduction (dB)

TL = Transmission Loss (dB)

Sw = Luas dinding (m²)

R2 = Konstanta ruang (m²)

2.4 Faktor Kebisingan di Kamar Mesin

Kapal yang memiliki motor diesel sebagai penggerak sebagian besar kebisingan yang terjadi disebabkan karena beroperasinya motor diesel tersebut. Kebisingan yang ditimbulkan oleh motor diesel terdiri dari air borne noise yang terjadi didalam silinder dan valve gear serta system injeksi bahan bakar, serta structure borne noise yang dihasilkan oleh pembakaran didalam silinder dan gaya inersia bagian Y yang bergerak bolak-balik dan rantai yang menggerakkan camshaft untuk katup-katup atau fuel injection pump. Dimana penelitian sebelumnya (Sasono, 2007) menyebutkan bahwa evaluasi tingkat kebisingan kapal coaster telah dilakukan ketika kecepatan mesin utama 85% dan mendapatkan sertifikasi IMO dan penelitian (Kristiawan, 1999) menyebutkan bahwa kebisingan yang dihasilkan pada kapal KR. Baruna Jaya VII sebesar 90 dB pada kondisi kontinyu 8 jam. Untuk mereduksi kebisingan yang terjadi pada mesin diesel dapat digunakan silencer. Secara umum kebisingan yang disebabkan dari main engine dan generator sebagai sumber kebisingan utama pada kamar mesin, adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai kebisingan antara lain jarak, suhu, angin dan barrier :

a. Jarak

Jarak yang semakin jauh dari sumber bunyi maka bunyi yang didengar akan semakin lemah sesuai dengan rumus :

- Sumber garis

$$L_p = L_w - 10 \log (R_2 / R_1)$$

Keterangan :

L_p : Nilai tingkat kebisingan pada R₂ (dB)

L_w : Nilai tingkat kebisingan yang diketahui jarak 1 m dari sumber atau R₁ (dB)

R₁ : Jarak L_w (titik pengukuran) dengan sumber (m)

R₂ : Jarak antara titik dengan sumber (m)

R₃ : Titik Tengah (m)

b. Suhu dan kelembaban

Pada suhu tinggi perambatan suara akan lebih cepat dibandingkan dengan suhu rendah karena molekul udara lebih renggang sedangkan pada suhu rendah molekulnya lebih rapat.

c. Angin

Pergerakan angin akan mempengaruhi cepat rambat suatu bunyi. Angin yang bergerak searah bunyi dengan kecepatan yang relatif besar maka rambatan bunyi akan semakin cepat.

d. **Barrier (Penghalang) atau Muffler (peredam suara gas buang)**

Barrier merupakan sekat penghalang sumber bunyi dengan penerima bunyi sehingga material barrier dapat mempengaruhi besaran bunyi yang ada pada area yang terhalang. Pada prinsip penghalangan kebisingan, fungsi utama penghambat (Barrier) adalah memantulkan gelombang, suara yang diterima (N) kembali kearah sumber suara (N') sehingga tidak menembus bagian belakang Barrier. Kesempurnaan pemantulan gelombang suara sangat ditentukan oleh dua karakteristik material penghambat suara, yaitu massa jenis (density) dan kelunakan material (limpness). Dimana penelitian sebelumnya (Beny Cahyono, 2002) menyebutkan bahwa *Jelantah Methyl Ester* sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar karena memiliki angka cetana yang lebih kecil. Dan juga penelitian lainnya (Syaiful, 2004) menyebutkan bahwa bahan bakar *Jelantah Ethyl Ester* sebagai bahan bakar motor diesel maka diperlukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar tingkat getaran dan kebisingan yang dihasilkan. Karakteristik massa jenis material berpengaruh terhadap kesempurnaan pemantulan gelombang suara. Semakin tinggi massa jenis bahan penghambat suara maka pemantulan yang dihasilkan akan makin sempurna. Sebaliknya, makin rendah massa jenis bahan penghambat misalnya berpori-pori maka akan semakin rendah efektifitas pemantulan yang dihasilkan. Untuk tabel mengenai material barrier dapat dilihat pada Tabel 2.4. Material Barrier seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2.4 Material Barrier

Material	Thickness (mm)	Surface density (kg/m ²)	Transmission loss dB(A)*	Transmission loss dB(A)**
Polycarbonate	8-12	10-14	30-33	-
Acrylic [Poly-Methyl-Meta-Acrylate (PMMA)]	15	18	32	-
Concrete block 200x200x400 light weight	200	151	34	34
Dense concrete	100	244	40	40
Light concrete	150	244	39	39
Light concrete	100	161	36	36
Brick	150	288	40	-
Steel, 18 gal	1.27	9.8	25	25
Steel, 20 gal	0.95	7.3	22	22
Steel, 22 gal	0.79	6.1	20	20
Steel, 24 gal	0.64	4.9	18	18
Aluminum sheet	1.59	4.4	23	23
Aluminum sheet	3.18	8.8	25	25
Aluminum sheet	6.35	17.1	27	27
Wood	50	32.7	-	24
Wood	25	18	21	21
Wood	12	8.3	-	18
Plywood	13	8.3	20	20
Plywood	25	16.1	23	23
Absorptive panels with polyester film backed by metal sheet	50-125	20-30	30-47	-
Glass, Safety	3.18	7.8	-	22
Plexiglass	6	7.3	-	22

* Hong Kong EPD (EPD Guideline, 2003), ** FHWA (Fleming et al., 2000).

Actin
Gate

Sumber : Sumber : <https://www.researchgate.net>

- **Muffler**

Peredam gas buang atau muffler adalah bagian dari saluran atau pipa yang dibentuk dengan maksud mengurangi transmisi bunyi, dan pada waktu yang sama melewatkan aliran bebas gas. Metode untuk meredam bising dengan penggunaan alat peredam bising "*Muffler*" yang diletakkan pada vent gas. *Muffler* dapat

digunakan untuk mengurangi kebisingan dengan frekuensi tinggi. Alat ini didesain sedemikian rupa sehingga aliran udara melewati tabung akustik berlubang yang dikelilingi oleh lapisan tebal dari material penyerap suara yang akan menurunkan kebisingan dengan range frekuensi tinggi dengan penurunan tekanan minimum.

Muffler atau peredam suara gas buang berguna untuk menurunkan suara yang cukup keras pada saluran buang karena gas buang keluar dari silinder motor dengan kecepatan tinggi. Kecepatan yang tinggi tersebut disebabkan adanya perbedaan tekanan yang cukup besar antara tekanan dalam silinder akibat proses pembakaran dan tekanan atmosfer diluar silinder. Tekanan gas yang keluar dari silinder motor berfluktuasi naik dan turun akibat siklus motor bakar yang terdiri atas langkah pengisapan udara, langkah kompresi, langkah ketja dan langkah buang. Setiap langkah kerja dan buang menyebabkan naiknya tekanan gas buang dari silinder sedangkan langkah isap dan kompresi menyebabkan turunnya tekanan gas buang. Aliran gas berupa pulsa-pulsa yang menyebabkan gelombang tekanan dan menyebar dengan kecepatan suara. Gelombang tekanan ini bervariasi tergantung kecepatan dan beban motor. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menurunkan suara bising gas buang seperti yang dikemukakan oleh V.L. Maleev (1954), yaitu :

- a. Dengan membiarkan gas mengembang didalam suatu ruangan
- b. Dengan mengubah arah alirannya
- c. Dengan mendinginkannya menggunakan injeksi air

Tipe-tipe Muffler

Dari bermacam-macam peredam yang dipasang di peredam suara gas buang, yaitu :

- a. Peredam suara jenis kering
- b. Peredam suara jenis basah.

Peredam suara jenis kering, dibuat dengan berlandaskan pada dua macam teori tentang suara gas buang. Teori yang pertama menyebutkan bahwa suara bising tersebut diakibatkan oleh kecepatan gas buang yang cukup tinggi sewaktu keluar dari silinder, sedangkan teori yang lain menyebutkan bahwa suara bising tersebut diakibatkan oleh bunyi yang menyebabkan getaran pada frekuensi tinggi.

Peredam suara jenis kering dapat dibedakan atas 2 tipe dasar, yaitu reaktif muffler (reflective) dan disipatifmuffler (absorptif). Reaktif muffier bekerja dengan merefleksikan gelombang bunyi melalui ruangan-ruangan peredam kembali menuju asalnya. Refleksi tersebut disebabkan oleh perbedaan luas area saluran gas yang menghasilkan ketidaksamaan impedansi gelombang bunyi. Peredam bunyi jenis reaktif lebih efektif untuk bunyi dengan frekuensi rendah. (Witanyo, 1997) dalam laporan penelitiannya menyebutkan cara kerja disipatif muffler adalah dengan menyerap puncak-puncak gelombang tekanan secara mekanis. Bahan penyerap biasanya berupa glass wool atau steel wool dalam ruang peredam yang diberi pipa dengan lubang-lubang kecil. Dimana penelitian sebelumnya (Triyanto, 2005) menyebutkan bahwa peredam gasbuang jenis basah mampu menurunkan kebisingan motor diesel lebih baik daripada peredam gas bunyi jenis kering dan juga penelitian (Syawaluddin dkk, 2004) menyebutkan

bahwa hasil rancangan variasi beban 0% memperoleh kebisingan sebesar 75 dB apabila dibandingkan dengan 90% sedangkan pembebanan 100% memperoleh 85 dB dibandingkan muffler standar sebesar 105 dB. Sehingga dapat disimpulkan muffler ini digolongkan ke dalam residensial 300 atau 400. Pada mesin diesel Gas buang pada saat bergelombang tekanan tinggi akan mengalir dari pipa menuju bahan penyerap dan pada saat gelombang tekanan rendah akan kembali masuk pipa. Proses ini dapat mengecilkan amplitudo gelombang dan kebisingannya. Disipatif muffler memiliki karakteristik pengurangan bising wideband pada frekuensi tengah rendah dan tinggi. Peredam ini juga dipakai pada bunyi bising dengan frekuensi tengah narrowband bervariasi pada kisaran yang lebar dengan kondisi operasi sumber bunyi yang berubah-ubah seperti disebutkan oleh T.F.W. Embleton dalam buku Noise and Vibration Control.

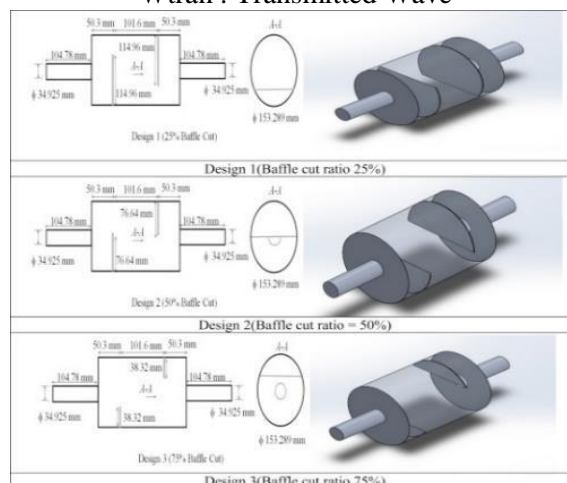
Dimana penelitian sebelumnya (Ahmad dkk, 2015) menyebutkan bahwa untuk menguji kemampuan muffler absorptive cocok digunakan variable TL sebesar 0,3 dB, NR sebesar 5,8 dB untuk penurunan tekanan hisap sebesar 8,1 pascal. Penulis merencanakan 4 pemodelan *Muffler* serta besarnya Transmission Loss yang dapat dihasilkan jika modifikasi dari *Muffler* yang sudah terpasang dibutuhkan karena kurang efisiensinya *Muffler* yang sudah terpasang tersebut. Pemodelan *Muffler* tersebut dilakukan dengan menggunakan metode komputasi. Dalam software ini akan dilakukan pemodelan *Muffler* secara 3 dimensi dan output dari program ini adalah nilai Transmission Loss yang dihasilkan. Untuk gambar mengenai desain muffler dan dimensi muffler dapat dilihat pada gambar 2.1. Proses simulasi Transmission Loss pada *Muffler* menggunakan persamaan:

$$TL = 10 \log_{10} (W_{inc}/W_{trans})$$

Dimana:

W_{inc} : Incident Wave

W_{trans} : Transmitted Wave



Gambar 2.1 Desain dan Dimensi Muffler

Sumber : <https://id.scribd.com>

Dari rumus diatas dapat diketahui bahwa Transmission Loss adalah perbandingan antara kekuatan gelombang yang memasuki *Muffler* dengan kekuatan gelombang yang keluar meninggalkan *Muffler* tersebut. Sehingga persamaan akustik akan berlaku apabila:

- Pada bagian Inlet untuk reflected wave

Untuk tabel mengenai - Pada bagian Outlet untuk transmitted wave ketentuan kebisingan menurut IMO dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5. Ketentuan kebisingan menurut IMO

No.	Designation of rooms and spaces	Noise Limit [dB(A)]
1.	Work spaces	
.1	Machinery spaces	110
.2	Machinery control rooms	75
.3	Workshops	85
.4	Non-specified work spaces	85
2.	Accommodation spaces	
.1	Cabins ¹ and hospitals ²	60
.2	Mess rooms	65
.3	Recreation rooms/day rooms	65
.4	Offices/ treatment rooms	65
.5	Open recreation spaces	75
3.	Navigation spaces	
.1	Navigation bridge and chartrooms	65
.2	Listening/look-out posts, including navigation bridge wings	70
.3	Separated radio rooms (with radio equipment operating but not producing audio signals)	60
.4	Radar rooms	65
4.	Service spaces	
.1	Galleys, without food processing equipment operating	75
.2	Serveries and pantries	75
5.	Normally unoccupied spaces	
.1	Spaces not specified	90
.2	Suez crew room	65

Sumber : <https://e.journal3.undip.ac.id>

2.5 Penelitian Terdahulu Tentang Kebisingan & Desain Muffler

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Nono Triyanto; S-1 Teknik Sistem Perkapalan; 2005	<i>Studi eksperimen Peredaman Kebisingan Gas Buang Motor Diesel Dengan Metode Peredaman Basah.</i>	Peredam bunyi gas huang jenis hasah mampu menurunkan tingkat kehisingan motor diesel lehih haik daripada peredam hunyi gas huang jenis kering. Pada putaran tinggi, di atas 1600 rpm, tingkat kebisingan yang dihasilkan peredam jenis basah masih dibawah 85 dB.
2.	Ratih Dwilestari ; S-1 Teknik Fisika ITS ; 2014	<i>Pengendalian tingkat kebisingan di cabin ABK KN.P 329 akibat mesin.</i>	Standar tingkat tekanan bunyi yang disarankan untuk kabin ABK berdasarkan rekomendasi IMO adalah 60 dB sedangkan tingkat tekanan bunyi yang terukur sebesar 70,78 dB di titik 9 dan 70,16 di titik 10.
3.	Rindianti Wibowo, Samuel, Untung Budiarto ; S-1 Teknik Perkapalan Undip ; 2014	<i>Analisa tingkat kebisingan kamar mesin pada kapal KMP. Muria.</i>	Dari hasil pengukuran dan penelitian tingkat kebisingan yang terjadi pada Kapal Ferry penyebrangan Jepara – Karimun Jawa mempunyai tingkat kebisingan yang melampaui nilai batas ambang yang telah diizinkan oleh beberapa rules (IMO, ABS, dan LR). Kemudian setelah melakukan proses perhitungan <i>Transmission Loss</i> yang dihasilkan sebuah <i>Barrier</i> dengan material <i>Plywood</i> dapat mengurangi suara sebesar 39,56 dB.
4.	Odio Setyawan ; S-1 Teknik Perkapalan Undip ; 2015	<i>Analisa estimasi tingkat kebisingan di kamar mesin dan ruang akomodasi pada kapal riset dengan penggerak motor listrik.</i>	Analisa tingkat kebisingan pada ruang akomodasi dan ruang mesin ini menghasilkan analisa yang diaplikasikan dengan software ACTRAN IV tingkat kebisingan dimana awak lapa biasa beraktivitas berada dibawah ambang batas (memenuhi) standar “Code on Noise Levels on Board Ships” yang merupakan resolusi No. A 468 9XII) dari IMO.
5.	Dodi Apri Haryanto ; S-1 Teknik Sistem	<i>Analisa Tingkat Kebisingan Di Kamar Mesin Pada Kapal Cargo KM. Caraka Jaya Niaga III-17 Terhadap</i>	Awak Kapal Jaya Niaga mengalami keluhan karena suara bising di kamar mesin dimana kebisingan terjadi 112

	Perkapalan ITS ; 2012	<i>Kondisi Kerja Karyawan Dan Anak Buah Kapal (ABK)</i>	dB dan standart IMO 110. Bahan peredam kebisingan adalah glasswool, dan hasilnya tingkat kebisingan turun hingga 48 db. Selanjutnya, untuk tingkat kenyamanan pekerja, maka harus menggunakan pelindung kebisingan dan menata ulang rumah kerja didasarkan pada jumlah kebisingan yang terjadi.
6.	Gabriel Yusian Gadung ;S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 2017	<i>Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk</i>	Hasil pengukuran dan perhitungan terlihat jelas kontur mengatakan bahwa tingkat kebisingan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan SOLAS regulasi II-1/3-12 adopsi dari MSC 91 Annex I tahun 2012 karena tidak melebihi 102 dB untuk di kamar mesin pada putaran mesin 200 rpm dan di ruang akomodasi tidak melebihi 75 dB.
7.	Risna Dewi Enisa ; S-1 Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan ITB ; 2016	INTENSITAS KEBISINGAN PADA KAPAL GILLNET DI PANGKALAN PENDARATAN IKAN (PPI) BINUANGEUN LEBAK BANTEN	Nilai kebisingan mesin utama lebih besar dibandingkan nilai kebisingan generator. Luasan area aman dari bahaya kebisingan di atas KM Sri Kumpul 2 saat mesin utama beroperasi adalah 94,48% dari seluruh luasan kapal, adapun saat generator beroperasi adalah 100% aman dari kebisingan. Nelayan yang berpeluang memperoleh risiko kebisingan saat mesin utama beroperasi adalah nahkoda kapal.
8.	Gabriel Yusian Gadung ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 2017	<i>Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk</i>	Hasil pengukuran dan perhitungan terlihat jelas kontur mengatakan bahwa tingkat kebisingan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan SOLAS regulasi II-1/3-12 adopsi dari MSC 91 Annex I tahun 2012 karena tidak melebihi 102 dB untuk di

			kamar mesin pada putaran mesin 200 rpm dan di ruang akomodasi tidak melebihi 75 dB.
9.	Eko Julianto Sasono ; Diploma III Teknik Perkapalan Undip ; 2007	<i>Pengukuran Tingkat Kebisingan pada Kapal Coaster</i>	Evaluasi tingkat kebisingan kapal Coaster telah dilakukan ketika kecepatan mesin utama adalah 85% MCR. Evaluasi ini menggunakan peralatan Noise Onsoku. Navigasi ketika dievaluasi adalah uji coba laut. Hasilnya, tingkat kebisingan kapal Coaster masih mendapatkan spesifikasi kode IMO
10.	Haartono Yudo, Sarjito Jokosisworo : Diploma III Teknik Perkapalan Undip; 2006	<i>Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk</i>	Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Sumber kebisingan suara terbesar di kapal adalah di ruang mesin. Kebisingan dengan tingkat intensitas tinggi yang tidak disadari menyebabkan dampak serius bagi ABK serta ketidaknyamanan untuk setiap penumpang. Dengan begitu perlu adanya peredaman kebisingan suara agar didapatkan lingkungan yang sehat.
11.	Gun Gumelar Somantri; S-1 Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan ; 2014	<i>Tingkat Kebisingan Pada Kapal Penangkap Ikan (Studi Kasus Pada Modern Boat Lift Net KM Omega Jaya Di Pulo Ampel Serang, Banten</i>	Nilai rata-rata kebisingan di KM Omega yang dihasilkan oleh mesin utama 91,19 dB(A), sementara generator sebesar 93,85 dB(A). Pola sebaran kebisingan pada kedua sumber menunjukkan bahwa kebisingan dibagi menjadi 6 daerah warna; merah (98dB-106dB), orange (94dB-98dB), kuning (90dB- 94dB), hijau (84dB-90dB), biru (74dB-84dB),

			dan ungu (70dB-74dB). NAB yang direkomendasikan di KM Omega Jaya sebesar 84,25 dB. Namun luasan daerah yang sesuai dengan NAB hanya 10,34% (mesin utama menyala) dan 9,9 (generatore menyala).
12.	Syaiful Arif ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 2004	<i>Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Jelantah Ethyl Ester</i>	Biodisel menjadi energi alternatif karena krisis energi yang melanda dan meningkatkan kerusakan lingkungan. Dengan demikian bahan bakar Jelantah Ethyl Ester sebagai bahan bakar motor diesel maka diperlukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar tingkat getaran dan kebisingan yang dihasilkan.
13.	Didik Kristiawan ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 1999	<i>Model Analitik Muffler Absorptive Pada Ventilasi Udara</i>	Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat ditentukan apakah tingkat kebisingan pada sistem ventilasi tersebut berpengaruh terhadap tingkat kebisingan total di kamar mesin. Menurut IMO tingkat kebisingan total yang diizinkan di kamar mesin adalah sebesar 90 dB pada kondisi operasi kontinyu 8am dan 100 dB untuk kondisi operasi non kontinyu.
14.	Rilwanu Ahmad P, Wiratno Argo Asmoro, Andi Rahmadiansah ; S-1 Teknik Fisika ITS ; 2015	<i>Model Analitik Muffler Absorptive Pada Ventilasi Udara</i>	Untuk menguji kemampuan muffler absorptive dapat dilihat dari variabel TL (Transmission Loss), NR (Noise Reduction), IL (Insertion Loss) dan tekanan hisap exhaust fan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa muffler absorptive tipe 22 memiliki ketebalan 2,5 cm pada sisi kanan dan kiri muffler absorptive dan memiliki 2 bahan penyerap yang terletak di tengah dengan ketebalan 7 cm, merupakan muffler absorptive yang cocok digunakan dengan nilai

			variable TL sebesar 0,3 dB, NR sebesar 5,8 dB, IL sebesar 5,8 dB dan penurunan tekanan hisap sebesar 8,1 pascal.
15.	Beny Cahyono ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS; 2002	<i>Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Jelantah Ethyl Ester</i>	Kebisingan akibat proses pembakaran pada motor diesel tidak dapat dihindarkan sebab proses pembakaran pada mesin ini menggunakan tekanan dan temperature yang tinggi. Dengan ditemukannya Jelantah Methyl Ester sebagai bahan bakar solar maka perlu mengetahui seberapa besar tingkat kebisingan yang dihasilkan. Karena Jelantah Methyl Ester sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar karena memiliki angka cetana yang lebih kecil dibandingkan solar.
16.	Syawaluddin, Ery Diniardi, Anwar Imar Ramadhan, Hasan Basri, Erwin; S-1 Teknik Sistem Perkapalan ITS ; 2004	<i>Pengujian Desain Muffler Untuk Mengurangi Emisi Suara Pada Mesin Diesel</i>	Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian hasil rancangan menggunakan mesin diesel Cummins Tipe NTA 855 G4 dengan spesifikasi 350 kVA/280 kW, 50 Hz, 1500 rpm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi beban 0, 25, 50, 75 dan 100% pada mesin diesel. Hasil yang diperoleh yaitu Desain muffler yang baru pada kondisi pembebanan 0% diperoleh tingkat kebisingan 75 dB, apabila dibandingkan dengan muffler standar yaitu 95 dB. Untuk kondisi pembebanan 100 % diperoleh desain muffler yang baru diperoleh 85 dB dibandingkan dengan muffler standar yaitu 105 dB. Sehingga dapat disimpulkan bahwa muffler baru ini dapat digolongkan ke dalam residensial 300 atau 400 berdasarkan fabrikasi Nelson USA, karena dapat mereduksi suara 25-35 dB.

17.	Mastria Suandika ; S-1Teknik Mesin USU ; 2007	<i>Studi Awal Emisi Kebisingan Knalpot Dengan Profil Silinder Yang Dibuak Dari Material Titanium Dengan Menggunakan Simulasi Metode Elemen Hingga</i>	Hasil yang diperoleh adalah pada spesimen standar dengan putaran 745 rpm distribusi temperaturnya yaitu 91o C menjadi 83,179o C. Pada putaran 1500 rpm yaitu 157o C menjadi 85,138o C dan pada putaran 2000 rpm yaitu 220° C menjadi 210,224°C. Kecepatan aliran gas buang pada putaran 745 Rpm dengan spesimen standar adalah 0,1564 m/s, untuk spesimen yang diperbesar adalah 0,1000 m/s dan untuk spesimen yang diperkecil adalah 0,2781 m/s. Kebisingan pada putaran 745 dengan ukuran standar yaitu 83,475 dB menjadi 45,657 dB; dengan ukuran yang diperbesar yaitu 80,031 dB menjadi 31,990 dB dan dengan ukuran yang diperkecil yaitu 88,941 dB menjadi 67,491 dB. Kebisingan yang terjadi yaitu pada putaran 745 Rpm untuk spesimen standar adalah 45,657 dB, pada putaran 1500 Rpm untuk spesimen standar adalah 47,133 dB dan pada 2000 rpm untuk spesimen standar adalah 49, 893 dB
18.	Nono triyanto; S-1 Teknik Sistem Perkapalan ITS ; 2005	<i>Studi Eksperimen Peredaman Kebisingan Gas Buang Motor Diesel Dengan Metode Peredaman Basah</i>	Peredam bunyi gas buang jenis basah diuji karena mampu menurunkan kebisingan motor diesel sampai tingkat yang rendah. Perancangan dan pengujian terhadap peredam bunyi jenis basah pada motor diesel Yanmar tipe YSM 8 untuk mengetahui kinerjanya dibandingkan peredam bunyi jenis kering. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan peredam bunyi jenis basah mampu menurunkan tingkat kebisingan sampai

			<p>7,5 dB dibandingkan peredam bunyi jenis kering. Pada putaran motor diesel di atas 1600 Rpm, tingkat kebisingan yang dihasilkan motor dengan peredam jenis basah masih di bawah 85 dB.</p>
19.	<p>Ananta Pudi Oktavianto ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 2016</p>	<p><i>Pengaruh Penggunaan Dual Fuel Terhadap Kinerja Mesin dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel</i></p>	<p>Standar emisi yang diadopsi oleh IMO pada mesin diesel penggerak kapal telah semakin diperketat. Aturan ini juga berlaku untuk mesin diesel dual fuel terutama B10-CNG. Yanmar mesin diesel TF-85 MH telah digunakan sebagai peralatan eskperimen. Agar dual fuel-CNG B10 dapat mengalir ke dalam ruang pembakaran, sistem bahan bakar harus dimodifikasi. Sistem kontrol programmable logic controller (PLC) telah diadopsi dalam penelitian ini. Tiga bahan bakar komposisi termasuk 100% B10, 10 % CNG dan 20% CNG telah digunakan dalam percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar ganda mempengaruhi penurunan tenaga dan torsi. Emisi Nox pada penggunaan bahan bakar ganda pada umumnya dapat dikurangi, kecuali 20% CNG pada 1300 rpm dan 2700 rpm yang masih.</p>
20.	<p>Melati Ferianti Fachrul, Wisnu Eka Yulyanto, Asharani Merya; S-1 Departemen Teknik Lingkungan ; 2011</p>	<p><i>Desain Penyusunan Peredam Kebisingan Menggunakan Pywood, Busa, Tray dan Sabut Pada Sumber Statis</i></p>	<p>Penelitian dilakukan pada ruang semi bebas gema (semi-anechoic room) menggunakan metode yang mengacu kepada ISO 3745. Nilai penurunan tingkat daya bunyi diperoleh dengan membandingkan tingkat daya bunyi sebelum dan sesudah dikendalikan. Material uji pengendali kebisingan yang digunakan terdiri dari lapisan plywood, busa, sabut dan tray</p>

			<p>(boks telur). Pengujian keefektifan bahan-bahan tersebut dilakukan dengan pengukuran sound transmission loss (STL). Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat daya bunyi (L_w) pada sumber suara menghasilkan L_w yang besar pada frekuensi 8000 Hz yaitu 99,6 dB. Pengukuran L_w sumber bunyi yang ditutup kotak plywood menghasilkan L_w total sebesar 78,66 dB dengan pengurangan L_w sebesar 21,02%. Pengukuran sumber bunyi dengan penggabungan bahan plywood dan busa menghasilkan L_w total sebesar 47,79 dB dengan pengurangan L_w sebesar 52,02%. Pengukuran L_w dengan penggabungan plywood, busa dan tray menghasilkan L_w total sebesar 33,02 dB terjadi pengurangan L_w sebesar 66,84%. Pengukuran L_w total setelah ditutupi dengan penggabungan bahan plywood, busa, tray dan sabut menghasilkan L_w total sebesar 31,94 Db.</p>
--	--	--	--

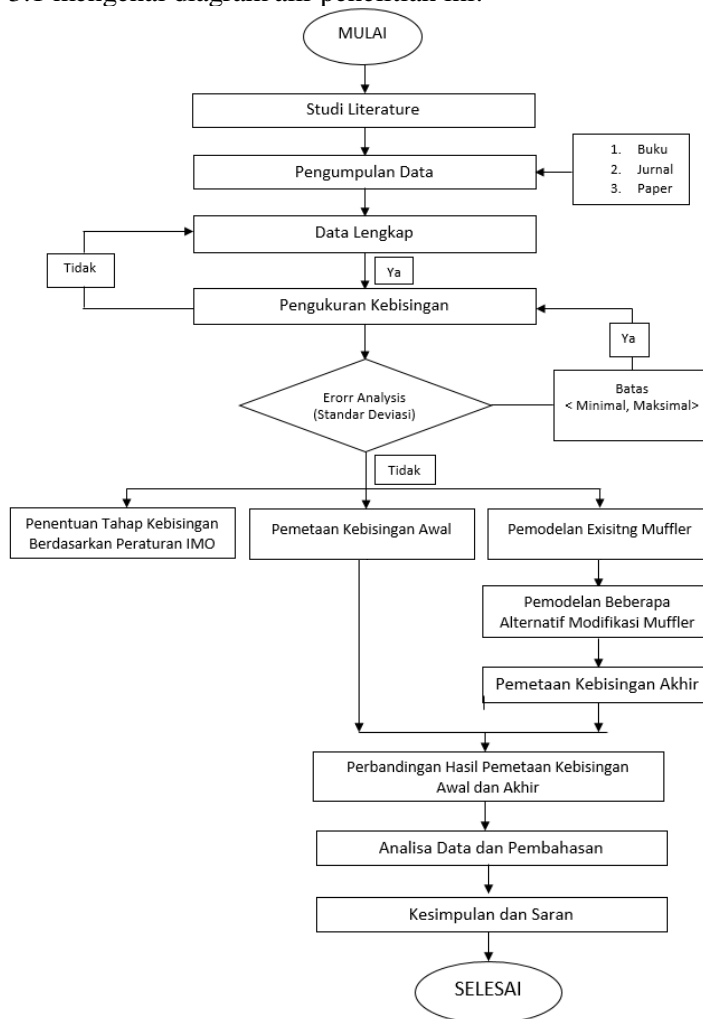
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Untuk mengetahui seberapa kebisingan di kamar mesin pada kapal *passanger high speed craft* Natuna Express pada alur pelayaran Gresik – Bawean dengan menggunakan metode komputasi untuk pemetaan kebisingan di kamar mesinnya dan melakukan re- desain dan merekomendasikan pemodelan *muffler* pada main engine lebih efisien untuk mengurangi kebisingan dengan metode komputasi.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 mengenai diagram alir penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi-referensi mengenai analisa tingkat kebisingan di beberapa ruangan di kapal, standart kebisingan seperti IMO, LR maupun ABS, Peredam kebisingan seperti pemakaian plywood, rockwool dan lainnya, peredam gas buang (*muffler*) dan metoda pengukuran untuk mengetahui tingkat kebisingan di kapal. Literatur-literatur tersebut didapatkan dari *textbook*, paper internet, artikel / jurnal dan laporan tugas akhir.

3.3 Pengumpulan Data Kapal

Pengambilan data sendiri dilakukan 3 kali selama kapal berlayar menggunakan 2 *main engine* dan 1 set generator dengan kecepatan *high speed* dan berlabuh menggunakan 1 set generator. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Data Kapal :

Nama Kapal	: Natuna Express
Jenis Kapal	: Passanger High Speed Craft
No. Register	: 19844
No. IMO	: 8773079
Pelayaran	: Gresik - Bawean
Jarak Pelayaran:	94,5 nm = 152 km

2. Ukuran Utama Kapal

LWL	: 40 m
LPP	: 30,64 m
LOA	: 43 m
B	: 4,725 m
H	: 2,3 m
T	: 1,35 m
Vs	: 28 knot
GT	: 172
NT	: 71

B. Data Mesin Utama Kapal :

ME merk	: Guangxi Yuchai (China)
Type	: YC6C925L – C20
Cylinder	: 8
BHP	: 2 x 925 HP
RPM	: 1350
Jumlah	: 2 buah
Bahan Bakar	: Solar

C. Data Mesin Bantu Kapal :

ME merk	: Tianjin Lovol (China)
Type	: 1004MGM12
BHP	: 2 x 82 HP
Jumlah	: 2 buah
Bahan Bakar	: Solar

Perjalanan Natuna Express dari pelabuhan Gresik menuju pelabuhan Bawean berlangsung selama 4 jam 30 menit, dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 13.00. Namun mesin menyala selama operasi kebisingan 5,5 jam. Adapun rincian waktunya sebagai berikut 1 jam sebelum perjalanan menuju pelabuhan Bawean (keberangkatan), 4 jam perjalanan menuju pelabuhan Bawean dan 30 menit untuk sandar ke pelabuhan. Ruang kemudi berada di depan (FP) lalu dibelakangnya terdapat ruang penumpang kelas VVIP dan dibelakangnya terdapat ruang penumpang kelas VIP A dan B. Dibelakangnya terdapat Poop Deck dan dibawahnya terdapat kamar mesin. Natuna Express memiliki 2 Main Engine. Untuk gambar mengenai kondisi di kamar mesin dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3



Gambar 3.2 Kamar Mesin Natuna Express

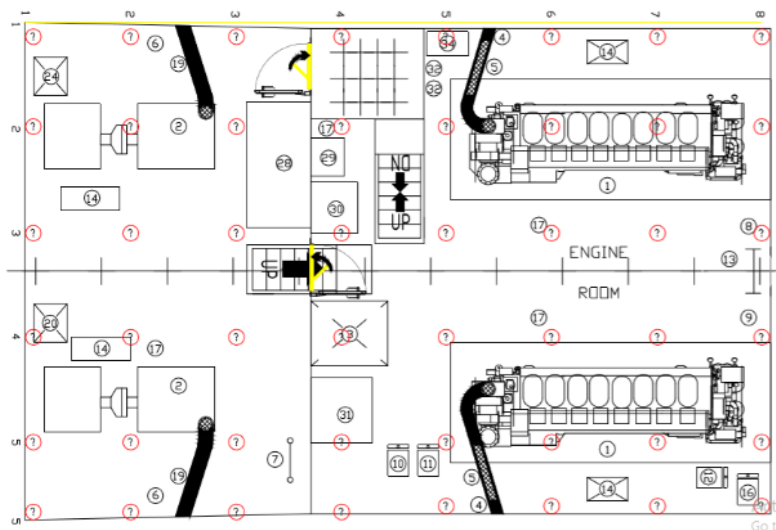


Gambar 3.3 Ruang Generator Natuna Express

3.4 Pengukuran Pengambilan Data

Untuk penentuan titik berdasarkan MSC 91 *annex I* tahun 2012 ada dua yaitu 1 meter dari titik sebelumnya. Ketinggian alat yang akan diukur yaitu 1 m dari lantai ruangan yang akan diukur. Jarak dengan mesin atau tembok yaitu minimal 0.5 cm. Pengambilan data kebisingan dilakukan dengan dua cara yaitu pengambilan data tiap-tiap komponen seperti main engine, generator, pompa dll dan semua komponen di kamar mesin dalam kondisi beroperasi secara bersamaan dengan kondisi berlayar hanya menggunakan 2 main engine dan 1 generator dan kondisi berlabuh hanya menggunakan 1 generator saja. Namun ada beberapa titik yang tidak bisa dijadikan untuk pengukuran karena komponen-komponen kapal tersebut tidak bisa di akses atau dilewati untuk dijadikan titik pengukuran dan ruang jarak yang tidak mencukupi untuk pengukur juga berpengaruh dari penentuan titik pengukuran tersebut. *Deck* yang akan di ukur nantinya adalah *Engine Room* pada Kapal Cepat Natuna Express pada alur pelayaran Gresik – Bawean.

Lalu untuk pengambilan data pemodelan pada muffler, diambil salah satu sumber kebisingan komponen lainnya di kamar mesin dengan mengabaikan sumber kebisingan lainnya dan hanya memfokuskan pada *muffler* tersebut untuk menurunkan sumber kebisingan terbesar pada *main engine* di kamar mesin. Untuk gambar mengenai titik-titik pengukuran di kamar mesin dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Titik Pengukuran di Kamar Mesin

Sumber : digilib.its.ac.id



Gambar 3.5 Pengukuran kebisingan

3.5 Pengukuran Kebisingan

Tabel 3.1 merupakan alat dan bahan pengukuran untuk melakukan pengambilan kebisingan di kamar mesin Kapal Natuna Express.

Tabel 3.1 Alat dan bahan pengukuran

No	Nama Alat	Gambar Alat	Fungsi
1	Sound Level Meter		Mengukur nilai tingkat kebisingan dalam satuan dBA
2	Kapur		Menggambar titik yang telah ditentukan sebelumnya pada proses pengukuran

3	Meteran		Mengukur ketinggian alat yang diukur dari lantai ruangan dan mengukur jarak dari mesin yang akan diukur
4	Alat Tulis		Menulis hasil yang telah di dapatkan dari pengukuran pada saat pengambilan data tersebut
5	Stopwatch		Menghitung waktu pengukuran secara tepat

Dari hasil pengukuran kebisingan di lapangan dengan kondisi kapal berlayar menggunakan 2 *Main Engine* dalam kondisi ON dan Generator dalam kondisi ON menghasilkan kebisingan seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kebisingan Kamar Mesin kondisi ME ON Generator ON

R (x, y)		Tingkat Kebisingan			Rata - rata
x	y	X ₁	X ₂	X ₃	
0	0	117,7	117,4	117,4	117,5
	1	117,7	117,9	117,9	117,8
	2	115,7	115,6	115,1	115,5
	3	116,2	116,5	116,7	116,5
1	0	117,2	117,7	117,5	117,5
	1	117,7	117,4	117,4	117,5
	2	113,2	112,6	112,2	112,7
	3	114,2	114,3	115	114,5
	4	115,6	116,2	115,2	115,7

2	0	116,3	117,9	118,5	117,6
	1	118	117,4	117,3	117,6
	2	114,5	114,1	113,8	114,1
	3	112,8	113,1	113,4	113,1
	4	118,3	116	116,7	117
3	0	115	113,5	115	114,5
	1	113,5	113,9	113,5	113,6
	2	112,1	111,8	111,5	111,8
	3	113,9	114,9	115	114,6
	4	117,1	116	117	116,7
4	0	115,5	115,3	115,2	115,3
	1	114,2	115,3	115,2	115,3
	2	113,1	113	113,2	113,1
	3	114,1	114,2	114	114,1
	4	115	114,6	115,2	114,9
5	0	114,3	114,9	116,8	115,3
	1	114,3	114,9	116,8	115,3
	2	114,7	114,1	114,5	114,4
	3	114,1	113,7	113,8	113,9
	4	115,3	115,1	115,3	115,2
6	0	117,7	116,8	117,7	117,4
	1	115,6	116,4	115,7	115,9
	2	116,7	116,4	116,9	116,7
	3	115,3	115,5	115	115,3
	4	116,4	116,5	117	116,6

Dari hasil pengukuran kebisingan di lapangan dengan kondisi kapal berlabuh menggunakan 2 *Main Engine* dalam kondisi OFF dan Generator dalam kondisi ON menghasilkan kebisingan seperti pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kebisingan Kamar Mesin kondisi ME OFF Generator ON

R (x, y)		Tingkat Kebisingan			Rata - rata
x	y	X ₁	X ₂	X ₃	
0	0	102,1	102,2	102,3	102,2
	1	102,6	102,2	102,1	102,3
	2	103,3	103,6	103,6	103,5
	3	107,2	107,1	107,3	107,2
	4	107,1	107,7	106,9	107,2
1	0	106	110	110,2	108,7
	1	105	107	107	106,3
	2	108	108	110	108,7
	3	108,1	108,2	107,8	108
	4	107,2	106,7	106,5	106,8

2	0	101,2	101,3	101,3	101,3
	1	98,8	98,8	98,7	98,8
	2	94,2	94,1	100,1	96,1
	3	105,5	105,5	105,3	105,4
	4	108	107,8	107,7	107,8
3	0	101,7	101,6	102,1	101,8
	1	94,5	94,6	100,1	96,4
	2	94,2	94,6	100,1	96,3
	3	101,5	101,8	102,9	102,1
	4	104,8	105,1	104,8	104,9
4	0	97,6	97,7	97,5	97,6
	1	90,6	90,4	90,5	90,5
	2	88,8	88,5	88,8	88,7
	3	94,4	94,3	93,8	94,2
	4	96,5	96,2	96,4	96,4
5	0	98,6	97,8	98,3	98,2
	1	90,8	90,7	96,4	90,7
	2	89,1	89,2	98,3	89,1
	3	91,8	91,2	91,5	91,5
	4	95,3	94	94,2	94,5
6	0	101,4	101	101,6	101,3
	1	93	92,5	92,5	92,7
	2	89,7	89,6	89,7	89,7
	3	96,3	96,4	96	96,2
	4	100,7	101	101	100,9

3.6 Error Analysis

Stabilitas, ketepatan dan keakuratan hasil pengujian diperiksa melalui analisis kesalahan dari hasil uji reliabilitas. Dua nilai yang memainkan peran penting untuk mengukur kesalahan dari hasil tes yang digunakan yaitu mean (\bar{X}) dan standard error (σ). Yang pertama mengacu pada rata-rata data yang diukur mencerminkan keakuratan hasil pengukuran sementara yang kedua mengacu pada penyebaran atau penyimpangan data tentang nilai rata-rata dan menunjukkan ketepatan data yang dikumpulkan (Sunarsih, 2018).

Menurut (Kothari, 2004), stabilitas berkaitan dengan hasil yang konsisten dari prosedur dan instrumen yang sama. Stabilitas pengukuran didefinisikan melalui pemeriksaan perbedaan pengukuran berulang terhadap kesalahan standar yang dirumuskan oleh. Untuk contoh tabel mengenai input-an data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.3.

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}}$$

Keterangan :

n : Ukuran sampel

s : Standar deviasi

x : Rata-rata

xi : Nilai x ke-i

Tabel 3.4 Inputan Data Pengukuran Kebisingan

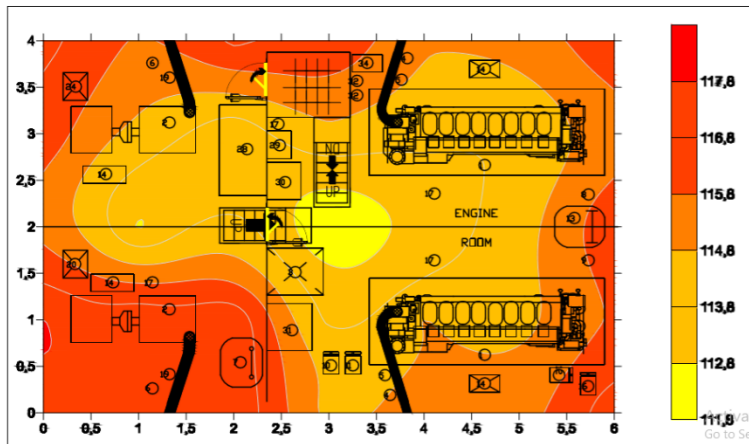
x	y	Noise Level			Jumlah	rata rata (x)
1	1	117,7	117,4	117,4	352,5	117,5
1	2	117,7	117,9	117,9	353,5	117,8
1	3	115,7	115,6	115,1	346,4	115,5
1	4	116,2	116,5	116,7	349,4	116,5
1	5	117,5	116,6	117,2	351,3	117,1
2	1	117,2	117,7	117,5	352,4	117,5
2	2	117,7	117,4	117,4	352,5	117,5
2	3	113,2	112,6	112,2	338,0	112,7
2	4	114,2	114,3	115	343,5	114,5
2	5	115,6	116,2	115,2	347,0	115,7
3	1	116,3	117,9	118,5	352,7	117,6
3	2	118	117,4	117,3	352,7	117,6
3	3	114,5	114,1	113,8	342,4	114,1
3	4	112,8	113,1	113,4	339,3	113,1

3.7 Penentuan Tahap Kebisingan Berdasarkan Peraturan IMO

Analisa tingkat kebisingan yang terjadi pada kapal Passangers High Speed Craft Natuna Express ini nantinya akan dibandingkan dengan standart Internasional seperti IMO, LR maupun ABS dengan tujuan apapun hasil kebisingan di kamar mesin ini tetap akan menurunkan tingkat kebisingan tersebut. Untuk contoh tabel mengenai ketentuan peraturan kebisingan dari IMO dapat dilihat pada tabel 2.5.

3.8 Pemetaan Kebisingan Awal

Pemetaan kebisingan awal pada penelitian ini adalah dimana pemetaan tersebut dilakukan sebelum pemodelan modifikasi pada muffler. Jadi sebelum dilakukan pemodelan beberapa opsi modifikasi pada muffler, dilakukan pengukuran kebisingan di kapal Natuna Express untuk mengetahui kebisingan di kamar mesin tersebut dengan menggunakan alat Sound Level Meter dan setelah itu hasil kebisingan tersebut dimasukkan kedalam software seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pemetaan Kebisingan di Kamar Mesin

3.9 Pemodelan Existing Muffler

Analisa pada muffler ini hanya untuk sumber kebisingan terbesar pada *Main Engine* di kamar mesin dengan mengabaikan sumber kebisingan pada komponen lainnya. Dan akan re-desain optimalisasi pemodelan *Muffler* untuk menurunkan kebisingan pada *Main Engine* di kamar mesin menggunakan metode komputasi untuk mengetahui pemodelan *Muffler* yang efisien dan optimal. Lalu merencanakan 4 pemodelan *Muffler* serta besarnya *Transmission Loss* yang dapat dihasilkan jika modifikasi dari *Muffler* yang sudah terpasang tersebut dibutuhkan karena kurang efisiensinya *Muffler* yang sudah terpasang tersebut. Pemodelan *Muffler* tersebut dilakukan dengan menggunakan metode komputasi dengan memfokuskan *muffler* tersebut untuk menurunkan kebisingan pada *Main Engine* dan mengabaikan sumber kebisingan lainnya pada komponen lainnya dalam software ini akan dilakukan pemodelan *Muffler* secara 3 dimensi dan output dari program ini adalah nilai *Transmission Loss* yang dihasilkan. Dalam proses pemodelan dan analisa *Muffler* menggunakan metode komputasi. Untuk gambar mengenai model muffler pada metode komputasi dapat dilihat pada Gambar 3.8 untuk *Muffler* sebelah kanan dan Gambar 3.9 untuk *Muffler* sebelah kiri.



Gambar 3.7 Desain *Muffler* Asli

Proses perhitungan *Transmission Loss* secara manual dapat diperoleh dengan menggunakan *Plane Wave Assumption* dengan persamaannya sebagai berikut :

$$TL = 10 \text{ Log} [1 + ((m^2 - 1) / (2m) \sin kl)^2]$$


Dimana :

m : Perbandingan luas penampang ruang ekspansi dan pipa inlet/outlet

- l : Panjang bagian ruang ekspansi
 k : wave number
 $: 2 \pi \text{ Freq} / \text{speed of sound}$


Dari rumus diatas dapat diketahui bahwa Transmission Loss adalah perbandingan antara kekuatan gelombang yang memasuki Muffler dengan kekuatan gelombang yang keluar meninggalkan Muffler tersebut. Dan Parameter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.5. Sehingga persamaan akustik akan berlaku apabila :

- Pada bagian Outlet untuk *Transmitted Wave*
- Pada bagian Inlet untuk *Reflected Wave*

[C] 144.9  231.2



Gambar 3.8 Model Muffler (kanan)

[C] 109.9  231.2



Gambar 3.9 Model Muffler (kiri)

Hasil dari perhitungan secara manual untuk mencari nilai Transmission Loss Muffler dekat Main Engine sebagai berikut :

1. Perhitungan Transmission Loss Muffler Asli

$$\begin{aligned}
 K &= (2 \times \pi \times \text{freq}) / (\text{speed of sound}) \\
 &= (2 \times 3,14 \times 1/15) / (115) \\
 &= 0.0036 \\
 TL &= 10 \text{ Log } [L + ((m^2 - L) / (2m) \sin kL)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310 + ((98 \times 88 / 78)^2 - 310) / (2 \times (98 \times 88 / 78)) \sin 0.0036 \times 310)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310 + (-155) \sin 0.0036 \times 310)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310 - (3,019)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [296,98] \\
 TL &= 24,78
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Rekomendasi Transmission Loss Muffler Pertama

$$\begin{aligned}
 K &= (2 \times \pi \times \text{freq}) / (\text{speed of sound}) \\
 &= (2 \times 3,14 \times 1/15) / (115) \\
 &= 0.0036 \\
 TL &= 10 \text{ Log } [L + ((m^2 - L) / (2m) \sin kL)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [300 + ((88 \times 88 / 78)^2 - 300) / (2 \times (88 \times 88 / 78)) \sin 0.0036 \times 300)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [300 + (-150) \sin 0.0036 \times 300)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [300 - (2,827)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [292] \\
 TL &= 24,65
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Rekomendasi Transmission Loss Muffler Kedua

$$\begin{aligned}
 K &= (2 \times \pi \times \text{freq}) / (\text{speed of sound}) \\
 &= (2 \times 3,14 \times 1/15) / (115) \\
 &= 0.0036 \\
 TL &= 10 \text{ Log } [L + ((m^2 - L) / (2m) \sin kL)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [320 + ((110 \times 88 / 78)^2 - 320) / (2 \times (110 \times 88 / 78)) \sin 0.0036 \times 320)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [320 + (-150) \sin 0.0036 \times 320)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [320 - (3,115)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [311,91] \\
 TL &= 24,94
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Rekomendasi Transmission Loss Muffler Ketiga

$$\begin{aligned}
 K &= (2 \times \pi \times \text{freq}) / (\text{speed of sound}) \\
 &= (2 \times 3,14 \times 1/15) / (115) \\
 &= 0.0036 \\
 TL &= 10 \text{ Log } [L + ((m^2 - L) / (2m) \sin kL)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [320 + (((110 \times 88 / 78)^2 - 320) / (2 \times (110 \times 88 / 78)) \sin 0.0036 \times 320)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [320 + (-150) \sin 0.0036 \times 320^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [320 - (3,015)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310,91] \\
 TL &= 24,92
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Rekomendasi Transmission Loss Muffler Keempat

$$\begin{aligned}
 K &= (2 \times \pi \times \text{freq}) / (\text{speed of sound}) \\
 &= (2 \times 3,14 \times 1/15) / (115) \\
 &= 0.0036 \\
 TL &= 10 \text{ Log } [L + ((m^2 - L) / (2m) \sin kL)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310 + (((110 \times 88 / 78)^2 - 310) / (2 \times (110 \times 88 / 78)) \sin 0.0036 \times 310)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310 + (-155) \sin 0.0036 \times 310^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [310 - (3,019)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [296,98] \\
 TL &= 24,74
 \end{aligned}$$

Berikut perhitungan secara manual untuk mencari nilai Transmission Loss Muffler dekat Tail Pipe :

1. Perhitungan Transmission Loss Muffler

$$\begin{aligned}
 K &= (2 \times \pi \times \text{freq}) / (\text{speed of sound}) \\
 &= (2 \times 3,14 \times 1/15) / (115) \\
 &= 0.0036 \\
 TL &= 10 \text{ Log } [L + ((m^2 - L) / (2m) \sin kL)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [20 + (((0 \times 88 / 78)^2 - 20) / (2 \times (0 \times 88 / 78)) \sin 0.0036 \times 20)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [20 + (-20) \sin 0.0036 \times 20^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [20 - (31,24)^2] \\
 TL &= 10 \text{ Log } [-11.24] \\
 TL &= 10,507
 \end{aligned}$$

3.10 Pemodelan Beberapa Opsi Modifikasi Pada Muffler

Perbandingan hasil nilai Transmission Loss pada perancangan 4 buah *Muffler* dengan menggunakan metode komputasi dengan variasi dimensi pada panjang dan diameter ruang ekspansi. Dan juga hasil simulasi berupa tabel dan desain dimana nantinya akan direkomendasikan *muffler* yang lebih efisien dibandingkan *muffler* lainnya. Parameter yang digunakan dalam mendesain model muffler dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Parameter Pemodelan Muffler

No	Parameter	Keterangan
1	Frekuensi	Frekuensi yang digunakan merupakan frekuensi dari Main Engine dengan rentang 30 – 1850 Hz
2	Panjang ruang ekspansi	Panjang ruang ekspansi pada <i>Muffler</i>
3	Diameter Ruang ekspansi	Diameter tabung ruang ekspansi pada <i>Muffler</i>
4	Diameter Pipa Inlet dan Outlet	Diameter Pipa Inlet dan Outlet pada <i>Muffler</i>
5	Panjang pipa inlet Panjang	Panjang pipa inlet pada <i>Muffler</i>
6	Panjang pipa outlet Panjang	Panjang pipa outlet pada <i>Muffler</i>

Tabel 3.6 Parameter Pemodelan Muffler Sebelah Kanan

Parameter	Dimensi Muffler				
	Asli	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Panjang Ruang Ekspansi (cm)	310 cm	300 cm	320 cm	320 cm	310 cm
Diameter Ruang Ekspansi (cm)	98 cm	88 cm	110 cm	98 cm	110 cm
Diameter Pipa Inlet	78 cm	78 cm	78 cm	78 cm	78 cm
Panjang Pipa Inlet	22 cm	22 cm	22 cm	22 cm	22 cm
Diameter Pipa Outlet	88 cm	88 cm	88 cm	88 cm	88 cm
Panjang Pipa Outlet	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Tebal Pipa	0.5 cm	0.5 cm	0.5 cm	0.5 cm	0.5 cm
Suhu Kec. Tidak Penuh	145 C	145 C	145 C	145 C	145 C

Suhu Kec. Penuh	230 C	230 C	230 C	230 C	230 C
Putaran Kec. Penuh	1200 rpm	1200 rpm	1200 rpm	1200 rpm	1200 rpm
Transmission Loss	24,78 dB	24,65 dB	24,94 dB	24,92 dB	24,74 dB

Tabel 3.7 Parameter Pemodelan Muffler Sebelah Kiri

Parameter	Dimensi Muffler				
	Asli	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Panjang Ruang Ekspansi (cm)	310 cm	300 cm	320 cm	320 cm	310 cm
Diameter Ruang Ekspansi (cm)	98 cm	88 cm	110 cm	98 cm	110 cm
Diameter Pipa Inlet	78 cm	78 cm	78 cm	78 cm	78 cm
Panjang Pipa Inlet	22 cm	22 cm	22 cm	22 cm	22 cm
Diameter Pipa Outlet	88 cm	88 cm	88 cm	88 cm	88 cm
Panjang Pipa Outlet	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Tebal Pipa	0.5 cm	0.5 cm	0.5 cm	0.5 cm	0.5 cm
Suhu Kec. Tidak Penuh	110 C	110 C	110 C	110 C	110 C
Suhu Kec. Penuh	230 C	230 C	230 C	230 C	230 C
Putaran Kec. Penuh	1160 rpm	1160 rpm	1160 rpm	1160 rpm	1160 rpm
Transmission Loss	24,78 dB	24,65 dB	24,94 dB	24,92 dB	24,74 dB

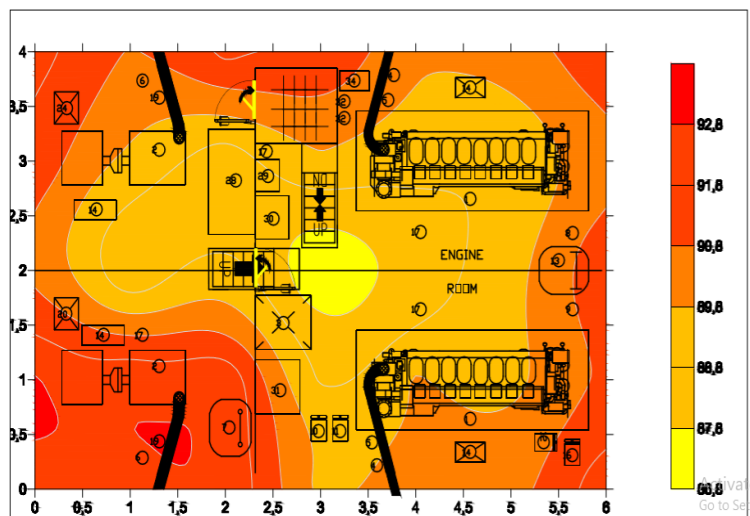
Hasil perhitungan awal yang dipaparkan dalam Table 3.6 dan Tabel 3.7 menyebutkan bahwa semakin besar dimensi panjang ruang ekspansi dari Muffler yang direncanakan maka nilai Transmission Loss yang didapatkan juga akan semakin besar. Nilai Transmission Loss terbesar akan didapatkan pada rentang frekuensi terbesar yang merupakan frekuensi yang dihasilkan oleh sumber bising sebesar 1850 Hz. Dari referensi sebelumnya telah dijelaskan oleh (Rindianti Wibowo dkk, 2014) bahwa nilai Transmission Loss terbesar apabila Alternative System yang digunakan adalah Barrier dengan material Plywood. Sehingga Barrier dengan material Plywood ini menjadi Alternative System yang lebih efisien jika dibandingkan dengan Alternative System lainnya. Meskipun Barrier dengan material Campuran Plywood dan Glasswool atau Plywood dan Polyethylene mempunyai ketebalan yang lebih jika dibandingkan dengan material Plywood saja, akan tetapi faktor lain mungkin mempengaruhi pemantulan gelombang suara yang terjadi pada Barrier ini.

Secara teori semakin tebal material Barrier maka semakin besar pula Transmission Loss yang dihasilkan, namun teori tersebut dapat diterima jika tidak ada faktor lain yang bekerja pada Barrier tersebut, faktor-faktor lain itu diantaranya: density, kemampuan absorpsi material dan lainnya. Hasil penelitian Melati Feranita Fachrul Dkk dalam penelitiannya yang berjudul: “Desain Penyusunan

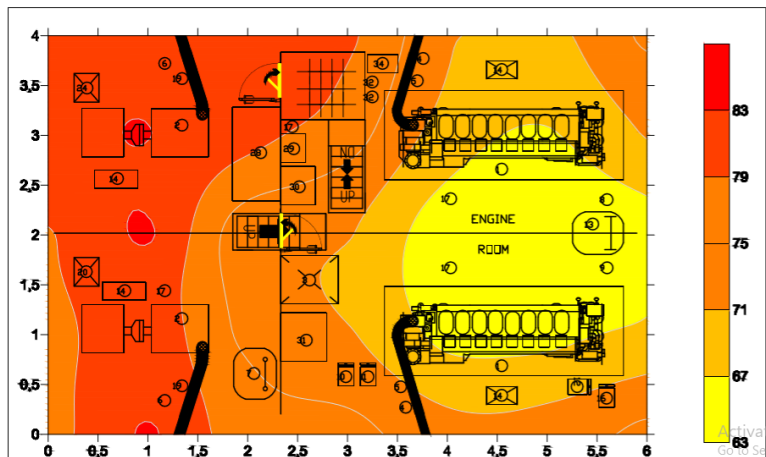
Peredam Kebisingan Menggunakan Plywood, Busa, Tray Dan Sabut Pada Sumber Statis” menyebutkan bahwa bahan Plywood baik digunakan sebagai rangka kotak pengendali bising pada frekuensi rendah. Hal ini disebabkan karena Plywood mempunyai massa yang besar sehingga memiliki STL yang cukup tinggi dan mampu mengurangi rambatan getaran. Sedangkan ketidakefektifan dari lapisan busa dan serabut disebabkan karena massa dan densitasnya yang rendah. Selain itu, bahan ini dapat mematahkan arah gelombang suara sehingga menyebabkan perubahan arah yang berbeda secara konsisten sampai suara yang terakhir. Sedangkan penggunaan Muffler yang direncanakan penulis belum mencapai tingkat keefisiennya jika dibandingkan dengan penggunaan Barrier dikarenakan oleh beberapa hal, diantaranya, jenis dan bentuk rancangan Muffler yang sangat sederhana sehingga belum sesuai dengan rancangan Muffler yang sesuai dengan kebutuhan mesin diesel yang dapat meningkatkan nilai Transmission Loss yang dihasilkan.

3.11 Pemetaan Kebisingan Akhir

Pemetaan kebisingan awal pada penelitian ini adalah dimana pemetaan tersebut dilakukan sebelum pemodelan modifikasi pada muffler. Jadi sebelum dilakukan permodelan beberapa opsi modifikasi pada muffler, dilakukan pengukuran kebisingan di kapal Natuna Express untuk mengetahui kebisingan di kamar mesin tersebut dengan menggunakan alat Sound Level Meter dan setelah itu hasil kebisingan tersebut dimasukkan ke dalam software. Pada gambar 3.10 merupakan hasil pemetaan kebisingan ketika kapal dalam kondisi Main Engine ON dan Generator ON. Sedangkan pada gambar 3.11 merupakan hasil pemetaan kebisingan kapal dalam kondisi Main Engine ON dan Generator ON.



Gambar 3.10 Pemetaan Kebisingan kondisi ME ON & Generator ON



Gambar 3.11 Pemetaan Kebisingan kondisi ME ON & Generator ON

3.12 Perbandingan Hasil Pemetaan Kebisingan Awal dan Akhir

Hasil akhir dari pemetaan kebisingan awal dan akhir pada kamar mesin Natuna Express nantinya akan dibandingkan, apakah hasil akhir pada pemetaan kebisingan itu mengalami perubahan dB pada kamar mesin tersebut. Untuk pemetaan kebisingan awal dan akhir setelah modifikasi *Muffler* dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.6 dan akan dibahas di bab IV untuk analisa perbandingannya.

3.13 Analisa Data dan Pembahasan

Pada penelitian ini analisa data yang dilakukan adalah mengetahui kebisingan di kamar mesin pada kapal *Passangers High Speed Craft* dan mengurangi kebisingan yang terjadi pada *Muffler* karena sumber getaran tertinggi dan merekomendasikan *Muffler* yang lebih efisien dan optimal dengan berupa tabel dan desain. Dan juga hasil perbandingan pemetaan kontur kebisingan awal dengan kebisingan akhir pada kamar mesin di kapal *Passangers High Speed Craft*.

3.14 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan dilakukan, maka selanjutnya adalah kesimpulan dan Saran dari Penulis. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi ini. Selain itu diperlukan kritik dan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan skripsi supaya lebih sempurna.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Setelah melakukan penelitian pengukuran kebisingan pada Kapal Natuna Express Passangers High Speed Craft pada alur pelayaran Gresik – Bawean dimana menggunakan 2 Main Engine dan 2 Generator menghasilkan beberapa hasil pengukuran kondisi sebelum dan sesudah modifikasi pada Muffler dekat Main Engine maupun dekat Tail Pipe.

4.2 Keakuratan Data Pengukuran

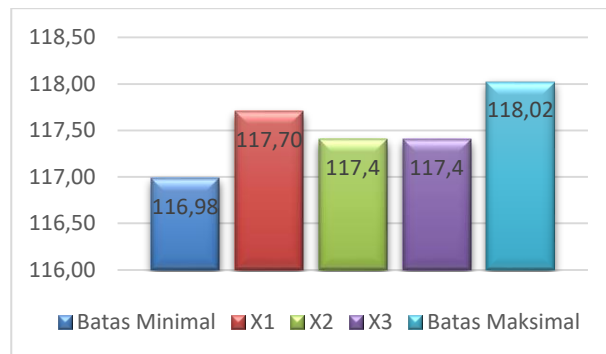
Hasil dari perhitungan secara manual untuk mencari keakuratan dalam pengukuran kebisingan di ruang kamar mesin kapal. Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari data keakuratan kebisingan, lalu menghasilkan grafik keakuratan data pengukuran kebisingan dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine ON dan generator ON, apakah memenuhi standarnya atautkah tidak, maka menghasilkan seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Keakuratan Kebisingan Kamar Mesin kondisi ME ON Generator ON

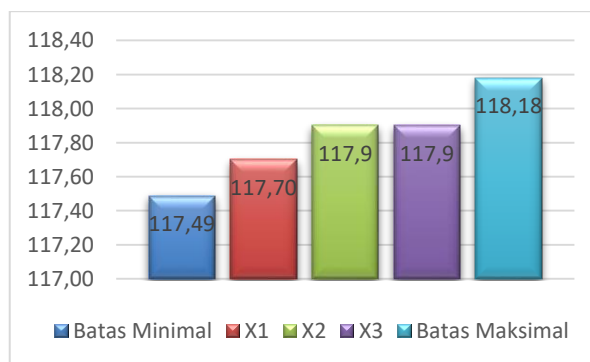
R (x, y)		Tingkat Kebisingan			σ	X-3 σ	X+3 σ	Memenuhi
x	Y	X ₁	X ₂	X ₃				
0	0	117,7	117,4	117,4	0,173	116,98	118,02	√
	1	117,7	117,9	117,9	0,115	117,49	118,18	
	2	115,7	115,6	115,1	0,321	114,50	116,43	
	3	116,2	116,5	116,7	0,252	115,71	117,22	
	4	117,5	116,6	117,2	0,458	116,98	118,47	
1	0	117,2	117,7	117,5	0,252	116,71	118,22	√
	1	117,7	117,4	117,4	0,173	116,98	118,02	
	2	113,2	112,6	112,2	0,503	111,16	114,18	
	3	114,2	114,3	115	0,436	113,19	115,81	
	4	115,6	116,2	115,2	0,503	114,16	117,18	
2	0	116,3	117,9	118,5	1,137	114,15	120,98	√
	1	118	117,4	117,3	0,379	116,43	118,70	
	2	114,5	114,1	113,8	0,351	113,08	115,19	
	3	112,8	113,1	113,4	0,300	112,20	114,00	
	4	118,3	116	116,7	1,179	113,46	120,54	
3	0	115	113,5	115	0,866	111,90	117,10	√
	1	113,5	113,9	113,5	0,231	112,94	114,33	
	2	112,1	111,8	111,5	0,300	110,90	112,70	
	3	113,9	114,9	115	0,608	112,78	116,42	
	4	117,1	116	117	0,608	114,88	118,52	
4	0	115,5	115,3	115,2	0,153	114,88	115,79	√
	1	114,2	115,3	115	0,569	113,13	116,54	
	2	113,1	113	113,2	0,100	112,80	113,40	
	3	114,1	114,2	114	0,100	113,80	114,40	

	4	115	114,6	115,2	0,306	114,02	115,85	
5	0	114,3	114,9	116,8	1,305	111,42	119,25	√
	1	114,3	114,5	114,5	0,115	114,09	114,78	
	2	114,7	114,1	114,5	0,306	113,52	115,35	
	3	114,1	113,7	113,8	0,208	113,24	114,49	
	4	115,3	115,1	115,3	0,115	114,89	115,58	
6	0	117,7	116,8	117,7	0,520	115,84	118,96	√
	1	115,6	116,4	115,7	0,436	114,59	117,21	
	2	116,7	116,4	116,9	0,252	115,91	117,42	
	3	115,3	115,5	115	0,252	114,51	116,02	
	4	116,4	116,5	117	0,321	115,67	117,60	

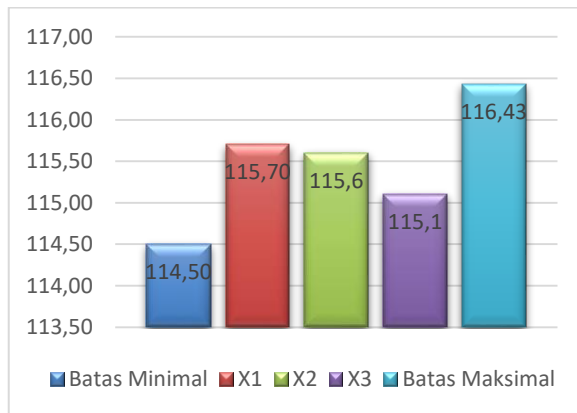
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine ON dan generator ON, apakah memenuhi standarnya atautkah tidak, maka dilakukan pembuatan grafik apakah rata-rata dari pengambilan kebisingan tersebut berada di batas minimum sampai batas maksimum pada kebisingan. Dan diambil beberapa contoh kebisingan menghasilkan hasil sebagai berikut :



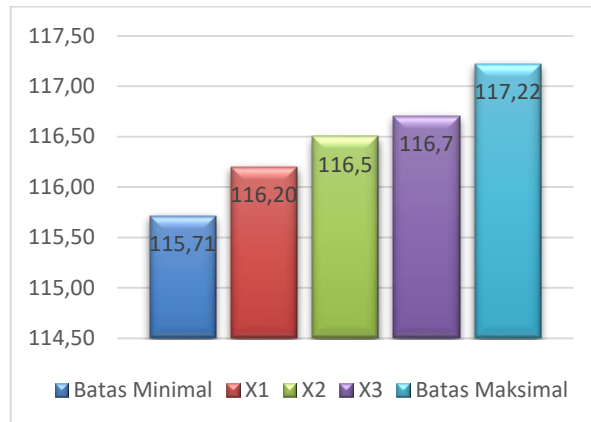
Grafik 4.1 Profil keakuratan hasil pengukuran kebisingan pada titik (0,0)



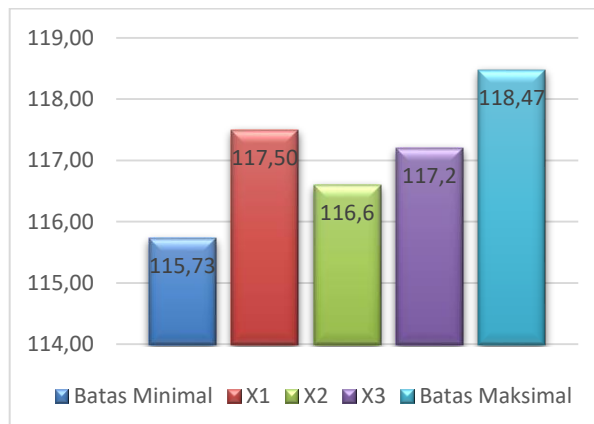
Grafik 4.2 Profil keakuratan hasil pengukuran kebisingan pada titik (0,1)



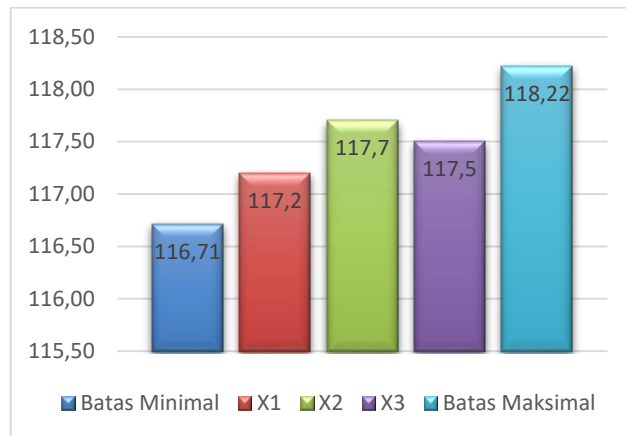
Grafik 4.3 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisingan pada titik (0,2)



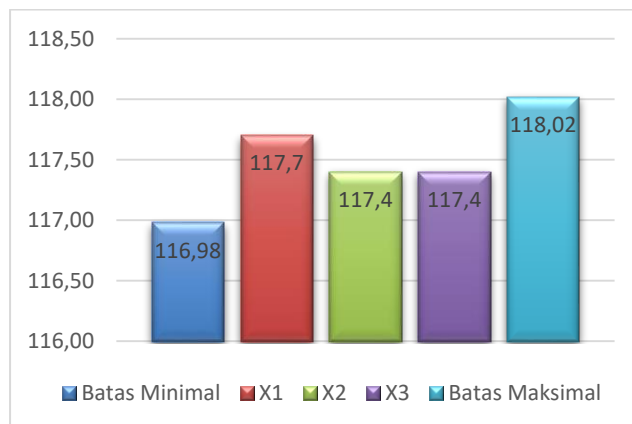
Grafik 4.4 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisingan pada titik (0,3)



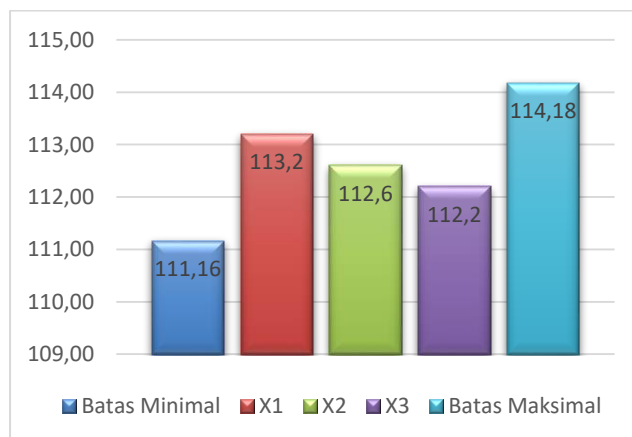
Grafik 4.5 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisingan pada titik Titik (0,4)



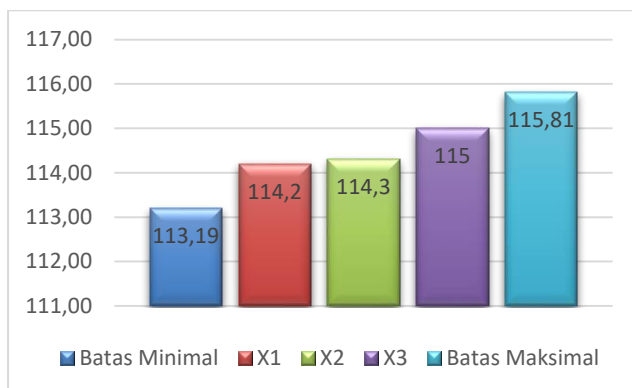
Grafik 4.6 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik Titik (1,0)



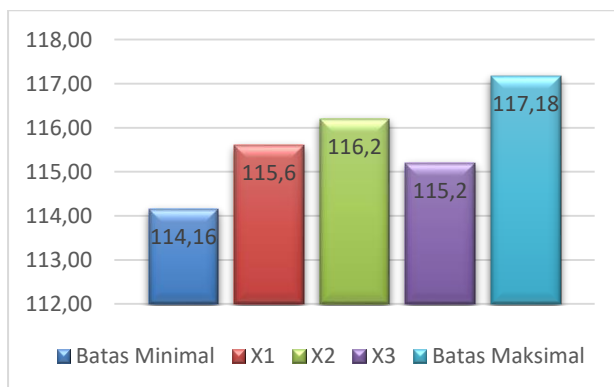
Grafik 4.7 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,1)



Grafik 4.8 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,2)



Grafik 4.9 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,3)



Grafik 4.10 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,4)

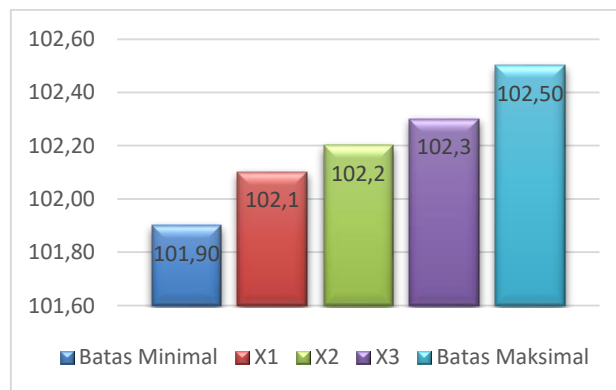
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine OFF dan generator ON, apakah memenuhi standarnya atautkah tidak, maka menghasilkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2 Standar Deviasi Kebisingan Kamar Mesin kondisi ME OFF Generator ON

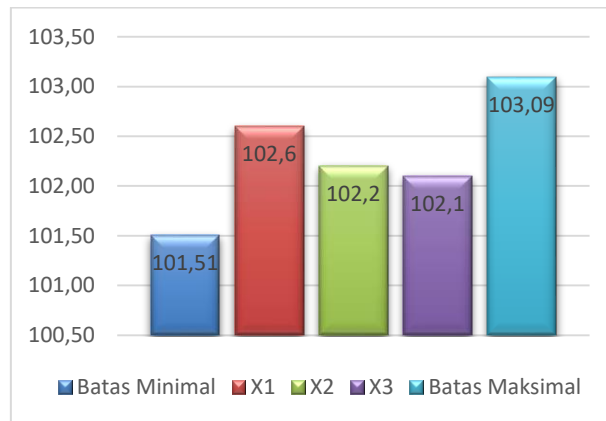
R (x, y)		Tingkat Kebisingan			σ	X-3 σ	X+3 σ	Memenuhi
x	Y	X ₁	X ₂	X ₃				
0	0	102,1	102,2	102,3	0,100	101,90	102,50	√
	1	102,6	102,2	102,1	0,265	101,51	103,09	
	2	103,3	103,6	103,6	0,173	102,98	104,02	
	3	107,2	107,1	107,3	0,100	106,90	107,50	
	4	107,1	107,7	106,9	0,416	105,98	108,48	
1	0	106	110	110,2	2,369	101,63	115,84	√
	1	105	107	107	1,155	102,87	109,80	
	2	108	108	110	1,155	105,20	112,13	
	3	108,1	108,2	107,8	0,208	107,41	108,66	
	4	107,2	106,7	106,5	0,361	105,72	107,88	

2	0	101,2	101,3	101,3	0,058	101,09	101,44	√
	1	98,8	98,8	98,7	0,058	98,59	98,94	
	2	94,2	94,1	100,1	3,436	85,83	106,44	
	3	105,5	105,5	105,3	0,115	105,09	105,78	
	4	108	107,8	107,7	0,361	105,72	107,88	
3	0	101,7	101,6	102,1	0,265	101,01	102,59	√
	1	94,5	94,6	100,1	3,205	86,79	106,01	
	2	94,2	94,6	100,1	3,297	86,41	106,19	
	3	101,5	101,8	102,9	0,737	99,86	104,28	
	4	104,8	105,1	104,8	0,173	104,38	105,42	
4	0	97,6	97,7	97,5	0,100	97,30	97,90	√
	1	90,6	90,4	90,5	0,100	90,20	90,80	
	2	88,8	88,5	88,8	0,173	88,18	89,22	
	3	94,4	94,3	93,8	0,321	93,20	95,13	
	4	96,5	96,2	96,4	0,153	95,91	96,82	
5	0	98,6	97,8	98,3	0,404	97,02	99,45	√
	1	90,8	90,7	90,6	0,100	90,40	91,00	
	2	89,1	89,2	89,1	0,058	88,96	89,31	
	3	91,8	91,2	91,5	0,300	90,60	92,40	
	4	95,3	94	94,2	0,700	92,40	96,60	
6	0	101,4	101	101,6	0,306	100,42	102,25	√
	1	93	92,5	92,5	0,289	91,80	93,53	
	2	89,7	89,6	89,7	0,058	89,49	89,84	
	3	96,3	96,4	96	0,208	95,61	96,86	
	4	100,7	101	101	0,173	100,38	101,42	

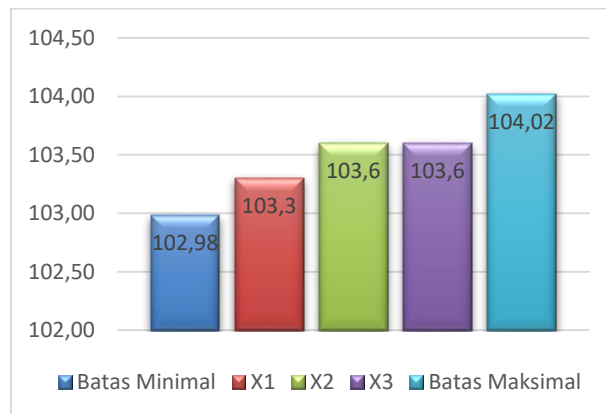
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine OFF dan generator ON, apakah memenuhi standarnya atukah tidak, maka dilakukan pembuatan grafik apakah rata-rata dari pengambilan kebisingan tersebut berada di batas minimum sampai batas maksimum pada kebisingan. Dan diambil beberapa contoh kebisingan sebagai berikut :



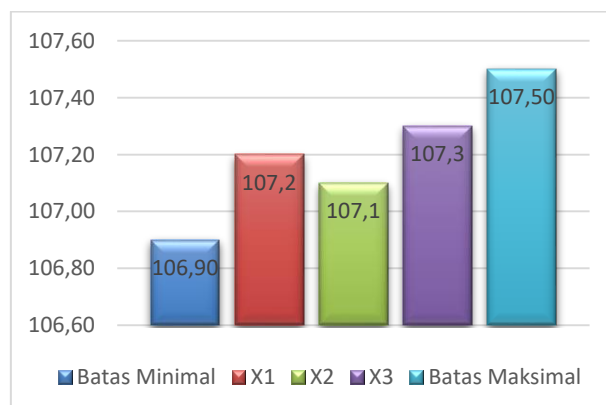
Grafik 4.11 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisingan pada titik (0,0)



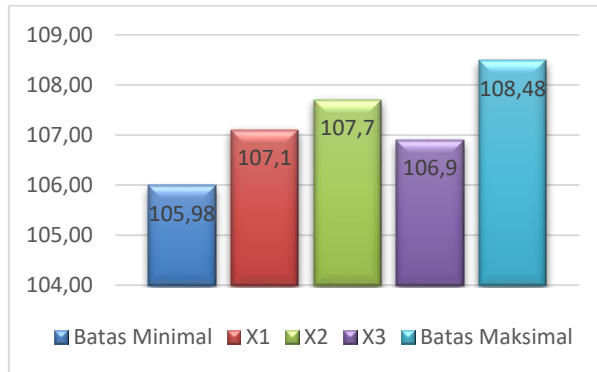
Grafik 4.12 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik Titik (0,1)



Grafik 4.13 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (0,2)

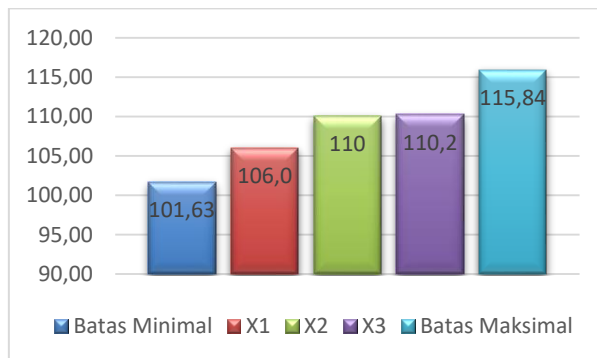


Grafik 4.14 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (0,3)

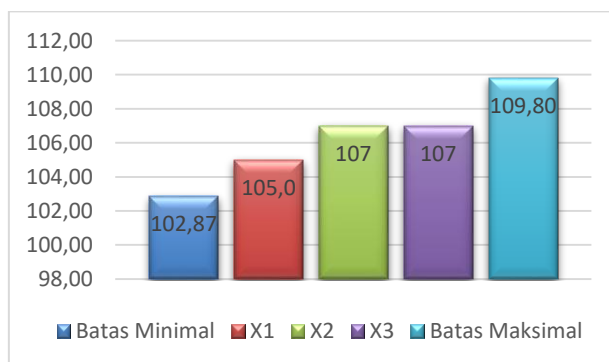


Grafik 4.15 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik Titik (0,4)

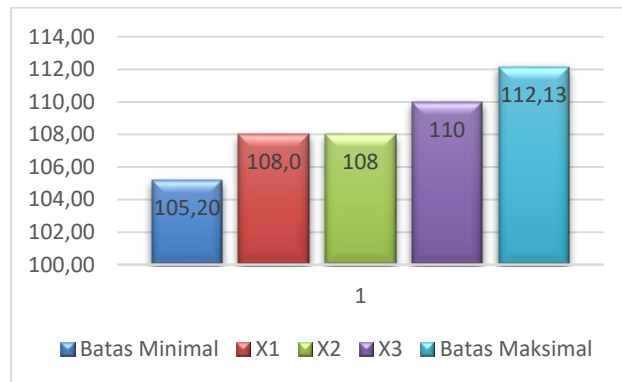
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine OFF dan generator ON, apakah memenuhi standarnya ataukah tidak, maka dilakukan pembuatan grafik apakah rata-rata dari pengambilan kebisingan tersebut berada di batas minimum sampai batas maksimum pada kebisingan. Dan diambil beberapa contoh kebisingan menghasilkan hasil sebagai berikut :



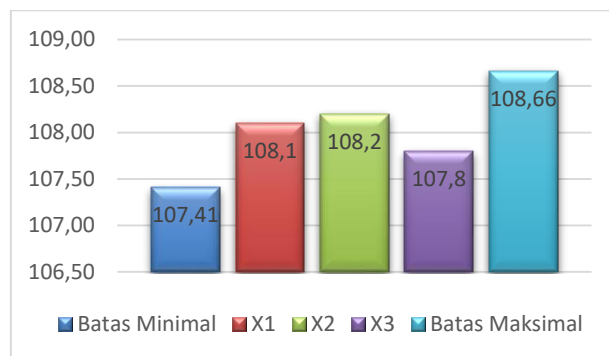
Grafik 4.16 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,0)



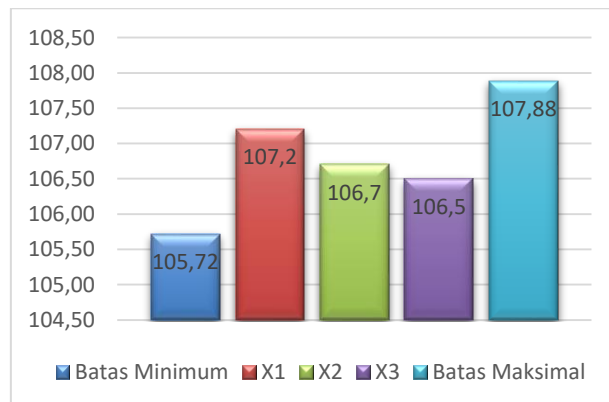
Grafik 4.17 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,1)



Grafik 4.18 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,2)



Grafik 4.19 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik Titik (1,3)



Grafik 4.20 Profil keakuratan hasil pengukuran pebisngan pada titik (1,4)

4.3 Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Berdasarkan Klasifikasi Internasional

Hasil pengukuran tingkat kebisingan dengan menggunakan Sound Level Meter dan melakukan pengecekan ulang Nilai Ambang Batas sesuai dengan standart yang telah ditentukan oleh peraturan Internasional seperti IMO, LR dan ABS seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan

Titik Pengukuran	Hasil Pengukuran	Standar IMO	Standar LR	Standard ABS
Engine Room	115,4	110	110	100

Besarnya tingkat kebisingan yang terjadi di kamar mesin tersebut, sehingga melampaui Batas Ambang Kebisingan yang diizinkan oleh beberapa Klasifikasi Internasional dapat dikarenakan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Pada ruang kamar mesin, kebisingan yang berlebihan tersebut dapat terjadi karena kondisi peredaman yang sudah tidak layak.
2. Ruang kamar mesin yang sempit dan terbuka, sehingga membuat sumber suara tidak hanya berasal dari kamar mesin saja, tetapi juga suara dari luar seperti kecepatan angin ataupun suara penumpang yang berada di passengers deck karena kondisi jendela dan pintu di kamar mesin yang terbuka.
3. Pada peredam '*Muffler*' *exhaust gas Main Engine* yang sudah tidak layak dan menipis.

Sumber kebisingan beberapa komponen yang berada di kamar mesin kapal :

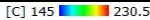



Tabel 4.4 Sumber suara di Kapal

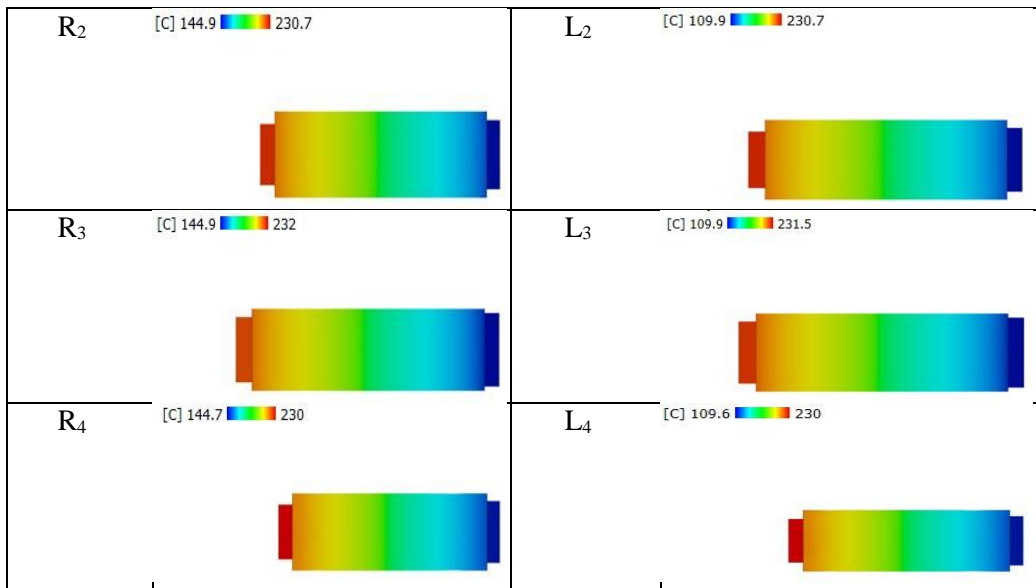
Sumber Kebisingan	Total	Power
Main Engine	2	500 kW
Generator	2	50 kW

4.4 Rekomendasi Model Muffler

Untuk gambar mengenai rekomendasi beberapa alternatif pemodelan Muffler yang efisien untuk mengurangi Transmission Loss pada metode komputasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 untuk rekomendasi Muffler sebelah kanan dan sebelah kiri. Berdasarkan analisa TL, Muffler R₃ dan L₃ adalah Muffler yang paling efisien untuk mengurangi kebisingan pada mesin utama di kamar mesin kapal.

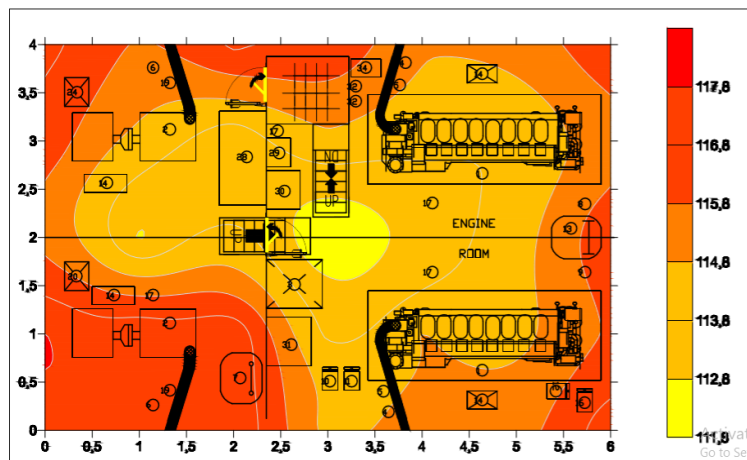
Tabel 4.5 Rekomendasi Pemodelan Muffler

Rekomendasi Muffler			
Kode Muffler	Muffler Sebelah Kanan	Kode Muffler	Muffler Sebelah Kiri
R ₁	[C] 145  230.5	L ₁	[C] 110  230.5
			



4.5 Analisa Kontur Kebisingan Kamar Mesin

Kapal dalam kondisi berlayar dengan kondisi Main Engine ON dan Generator ON menghasilkan kebisingan seperti ditunjukkan pada gambar 4.9. Dimana menggunakan kecepatan putaran 110 RPM pada Main Engine sebelah kiri dan kecepatan 145 RPM pada Main Engine sebelah kanan. Pada gambar 4.9 menjelaskan pemetaan kebisingan pada kamar mesin dengan kondisi tersebut.

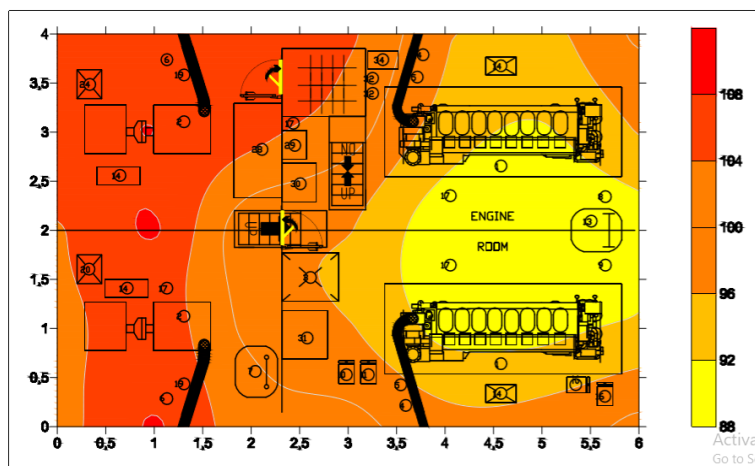


Gambar 4.1 Kontur Kebisingan Kamar Mesin ketika ME ON Generator OFF

Analisa kontur untuk kamar mesin pada pagi hari, ketika kapal akan berlayar dengan kondisi Main Engine hidup dan Generator hidup. Dimana awal putaran pada Main Engine dengan kecepatan tidak penuh pada Main Engine (1) bagian kiri yaitu : 110 RPM dan Main Engine (2) bagian kanan yaitu : 145 RPM rata-rata. Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main

Engine 2 yaitu : 1200 RPM. Generator set menyala hanya satu yaitu genset sebelah kanan (1) saja. Pada ME 1 dan ME 2 memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata.. Pada kamar mesin dihitung dari koordinat $(x,y)=(4,1)$ hingga $(7,5)$ menggunakan perhitungan 3 sumber yaitu 2 ME ON dan 1 genset ON yang bernomor 1. Kerapatan udara juga mempengaruhi cepat rambatnya kebisingan. Pada kondisi pagi hari udara dingin dan cepat menghantarkan kebisingan. Pada Main Engine 1 (sebelah kiri) memiliki tingkat kebisingan yang sedikit lebih tinggi dikarenakan mesin bekerja lebih keras daripada Main Engine 2. Warna merah ke oren-orenan terdapat pada sekitar genset kanan karena merupakan sumber bising yang dimana di sekitar genset sebelah kanan dilakukan pengukuran 10 cm dari genset dan hasilnya ialah sebesar 117,8 dB. Nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik. Main Engine memiliki warna orange karena di kamar mesin tersebut memiliki range 116 – 114,2 dB. Hal ini disebabkan karena di kamar mesin terdapat beberapa jendela (*side Schuttle*) dan manhole posisi terbuka yang berada di koordinat $(x,y)=(7,3)$. Penyebaran pada koordinat $(6,2)$ seperti pada gambar karena perhitungan menggunakan 3 sumber dan memiliki hasil yang berbeda sedikit jauh dari hasil pengukuran titik tersebut sehingga hasil kontur yang didapatkan seperti itu. Secara keseluruhan kamar mesin memiliki rata-rata tingkat kebisingan sebesar 111 sampai 117 dB. Secara keseluruhan kamar mesin tidak sesuai dengan standard IMO dimana untuk kamar mesin untuk noise limit sebesar 110 dB sedangkan kondisi dilapangan untuk noise limit rata-rata diatas 111 dB.

Sedangkan untuk kapal dalam kondisi berlabuh dengan kondisi Main Engine OFF dan Generator ON menghasilkan kebisingan seperti gambar dibawah ini. Dimana menggunakan kecepatan putaran 110 RPM pada Main Engine sebelah kiri dan kecepatan 145 RPM pada Main Engine sebelah kanan. Setelah itu kecepatan meningkat dan menjadi 1160 RPM dan 1200 RPM. Pada gambar 4.2 menjelaskan pemetaan kebisingan pada kamar mesin dengan kondisi tersebut.



Gambar 4.2 Kontur Kebisingan Kamar Mesin ketika ME OFF Generator ON

Analisa kontur untuk kamar mesin pada pagi hari, kondisi awal putaran dengan kecepatan tidak penuh pada Main Engine (1) bagian Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM rata-rata. Generator set menyala hanya satu yaitu genset sebelah kiri (1) saja. Warna merah pekat terdapat pada sekitar genset kiri karena merupakan sumber bising yang dimana di sekitar genset sebelah kiri dilakukan pengukuran 10 cm dari genset dan hasilnya ialah sebesar 108 dB. Nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik. Main Engine memiliki warna kuning dengan range kebisingan sebesar 88 – 92 dB. Hal ini disebabkan karena kondisi Main Engine dalam keadaan mati dan di kamar mesin terdapat beberapa jendela (*side Schuttle*) dan manhole posisi terbuka yang berada di koordinat $(x,y)=(7,3)$. Sehingga suara kebisingan hanya berasal dari suara genset sebelah kanan.

Pada ME 1 dan ME 2 memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata. Kontur kebisingan membentuk seperti gelombang laut yang dimana sesuai dengan sifat dari kebisingan yang dirambatkan melalui udara sehingga penyebarannya meluas dan merata. Kerapatan udara juga mempengaruhi cepat rambatnya kebisingan. Pada kondisi pagi hari udara dingin dan cepat menghantarkan kebisingan. Secara keseluruhan kebisingan kamar mesin sesuai dengan standard IMO jika keadaan Main Engine OFF dan Generator ON dan dimana untuk kamar mesin untuk noise limit sebesar 110 dB berdasarkan standar Internasional sedangkan kondisi dilapangan untuk noise limit maksimal sebesar 108,7 dB.

4.6. Kontur Modifikasi Kebisingan Kamar Mesin Setelah Modif. Muffler

Setelah dilakukan pengukuran kebisingan kamar mesin kapal, dilakukan modifikasi Muffler dekat Main Engine dan dekat Tail Pipe maka menghasilkan seperti Tabel 4.6 untuk Muffler dekat Main Engine dan Tabel 4.8 untuk Muffler dekat Tail Pipe.

4.6.1. Modifikasi Muffler Dekat Main Engine

Dari hasil pengukuran kebisingan di lapangan dengan kondisi kapal berlayar menggunakan 2 *Main Engine* dalam kondisi ON dan Generator dalam kondisi ON menghasilkan kebisingan seperti pada tabel 4.6, lalu dilakukan modifikasi pada Muffler pada Main Engine menghasilkan kebisingan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Kebisingan Setelah Modifikasi (ME ON Generator ON)

R (x, y)		Rata-rata	Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Main Engine
x	Y		
0	0	117,5	92,6
	1	117,8	92,9
	2	115,5	90,5
	3	116,5	91,5
	4	117,1	92,2

1	0	117,5	92,5
	1	117,5	92,6
	2	112,7	87,7
	3	114,5	89,6
	4	115,7	90,7
2	0	117,6	92,6
	1	117,6	92,6
	2	114,1	89,2
	3	113,1	88,2
	4	117	92,1
3	0	114,5	89,6
	1	113,6	88,7
	2	111,8	86,9
	3	114,6	89,7
	4	116,7	91,8
4	0	115,3	90,4
	1	115,3	89,9
	2	113,1	88,2
	3	114,1	89,2
	4	114,1	90
5	0	115,3	90,4
	1	115,3	89,5
	2	114,4	89,5
	3	113,9	88,9
	4	115,2	90,3
6	0	117,4	92,5
	1	115,9	91
	2	116,7	91,7
	3	115,3	90,3
	4	116,6	91,7

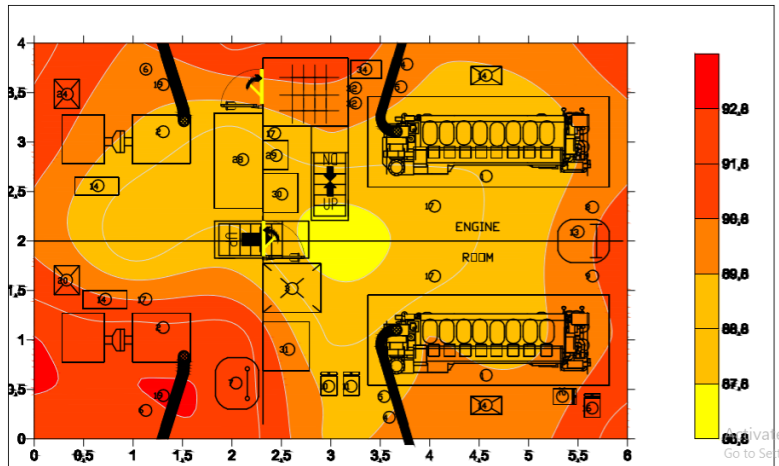
Dari hasil pengukuran kebisingan di lapangan dengan kondisi kapal berlabuh menggunakan 2 *Main Engine* dalam kondisi OFF dan Generator dalam kondisi ON menghasilkan kebisingan seperti pada tabel 4.7, lalu dilakukan modifikasi pada Muffler pada Main Engine menghasilkan kebisingan sebagai berikut :

Tabel 4.7 Kebisingan Setelah Modifikasi (ME OFF Generator ON)

R (x , y)		Rata-rata	Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Main Engine
x	Y		
0	0	102,2	77,3
	1	102,3	77,4
	2	103,5	78,6
	3	107,2	82,3
	4	107,2	82,3

1	0	108,7	83,8
	1	106,3	81,4
	2	108,7	83,7
	3	108	83,1
	4	106,8	81,9
2	0	101,3	76,3
	1	98,8	73,8
	2	96,1	71,2
	3	105,4	80,5
	4	107,8	82,9
3	0	101,8	76,9
	1	96,4	71,5
	2	96,3	71,4
	3	102,1	77,1
	4	104,9	80
4	0	97,6	72,7
	1	90,5	65,6
	2	88,7	63,8
	3	94,2	69,2
	4	96,4	71,4
5	0	98,2	73,3
	1	90,7	65,8
	2	89,1	64,2
	3	91,5	66,6
	4	94,5	69,6
6	0	101,3	76,4
	1	92,7	67,7
	2	89,7	64,7
	3	96,2	71,3
	4	100,9	76

Pada gambar dibawah ini merupakan hasil pemetaan kebisingan ketika kapal dalam kondisi berlayar dengan Main Engine ON dan Generator ON dan juga dengan direkomendasikan Muffler dengan ketentuan seperti pada tabel 4.3 dengan alasan Transmission Loss lebih tinggi untuk mengurangi kebisingan daripada rekomendasi lainnya. Dengan begitu, menghasilkan pemetaan kebisingan seperti gambar 4.11.

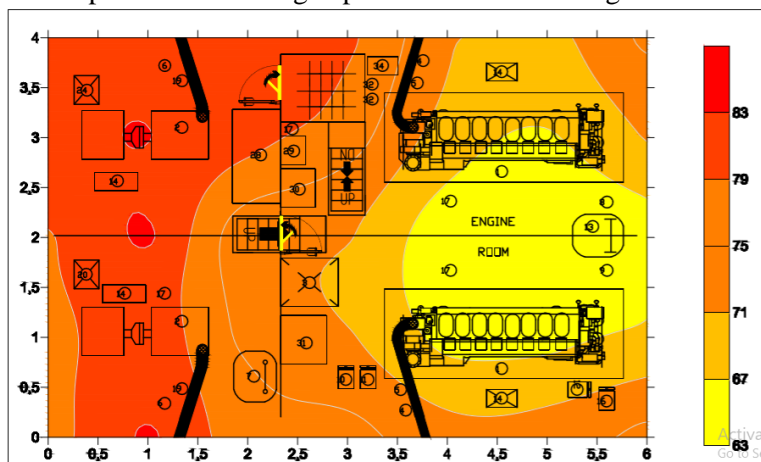


Gambar 4.3 Kontur Kebisingan Kamar Mesin ketika ME ON Generator ON

Analisa kontur untuk kamar mesin pada pagi hari, Kondisi awal putaran dengan kecepatan tidak penuh pada Main Engine (1) bagian kiri yaitu : 110 RPM dan Main Engine (2) bagian kanan yaitu : 145 RPM rata-rata. Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM. Generator set menyala hanya satu yaitu genset sebelah kanan (1) saja. Pada ME 1 dan ME 2 memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata. Pada kamar mesin dihitung dari koordinat $(x,y)=(4,1)$ hingga $(7,5)$ menggunakan perhitungan 3 sumber yaitu 2 ME ON dan 1 genset ON. Kerapatan udara juga mempengaruhi cepat rambatnya kebisingan.

Pada kondisi pagi hari udara dingin dan cepat menghantarkan kebisingan. Main Engine 1 dan 2 memiliki tingkat kebisingan yang sama karena RPM yang sama. Namun engine 1 memiliki tingkat kebisingan yang sedikit lebih tinggi dikarenakan mesin bekerja lebih keras daripada Main Engine 2. Warna merah ke oren-orenan terdapat pada sekitar genset kanan karena merupakan sumber bising yang dimana di sekitar genset sebelah kanan dilakukan pengukuran 10 cm dari genset dan hasilnya ialah sebesar 92,9 dB. Nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik. Main Engine memiliki warna merah ke oren-orenan karena di kamar mesin tersebut memiliki range 86,9 – 92,5 dB setelah mengalami modifikasi Muffler pada Main Engine. Hal ini disebabkan karena di kamar mesin terdapat beberapa jendela (*side Schuttle*) dan manhole posisi terbuka yang berada di koordinat $(x,y)=(7,3)$. Penyebaran pada koordinat $(6,2)$ seperti pada gambar karena perhitungan menggunakan 3 sumber dan memiliki hasil yang berbeda sedikit jauh dari hasil pengukuran dititik tersebut sehingga hasil kontur yang didapatkan seperti itu. Setelah mengalami modifikasi Muffler pada Main Engine untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standard IMO dimana untuk kamar mesin untuk noise limit sebesar 110 dB sedangkan kondisi dilapangan untuk noise limit rata-rata dibawah 92,9 dB.

Sedangkan untuk kapal dalam kondisi berlabuh dengan kondisi Main Engine OFF dan Generator ON menghasilkan kebisingan seperti gambar dibawah ini. Pada gambar 4.12 menjelaskan pemetaan kebisingan pada kamar mesin dengan kondisi tersebut.



Gambar 4.4 Kontur Kebisingan Kamar Mesin ketika ME OFF Generator ON

Analisa kontur untuk kamar mesin pada pagi hari, kondisi awal putaran dengan kecepatan tidak penuh pada Main Engine (1) bagian kiri yaitu : 110 RPM dan Main Engine (2) bagian kanan yaitu : 145 RPM rata-rata. Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM rata-rata. Generator set menyala hanya satu yaitu genset sebelah kiri (1) saja. Warna orange pekat terdapat pada sekitar genset kiri karena merupakan sumber bising yang dimana di sekitar genset sebelah kiri dilakukan pengukuran 10 cm dari genset dan hasilnya ialah sebesar 83,1 dB. Nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik. Main Engine memiliki warna ke oren-orenan dengan range kebisingan sebesar 63,8 – 80 dB. setelah mengalami modifikasi Muffler pada Main Engine. Hal ini disebabkan karena di kamar mesin terdapat beberapa jendela (*side Schuttle*) dan manhole posisi terbuka yang berada di koordinat $(x,y)=(7,3)$.

Pada ME 1 dan ME 2 memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata. Kontur kebisingan membentuk seperti gelombang laut yang dimana sesuai dengan sifat dari kebisingan yang dirambatkan melalui udara sehingga penyebarannya meluas dan merata. Kerapatan udara juga mempengaruhi cepat rambatnya kebisingan. Pada kondisi pagi hari udara dingin dan cepat menghantarkan kebisingan. Setelah mengalami modifikasi Muffler pada Main Engine untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standard IMO dimana untuk kamar mesin untuk noise limit sebesar 110 dB sedangkan kondisi dilapangan untuk noise limit rata-rata dibawah 83,8 dB.

4.6.2. Modifikasi Muffler pada Tail Pipe

Dari hasil pengukuran kebisingan di lapangan dengan kondisi kapal berlabuh menggunakan 2 Main Engine dalam kondisi ON dan Generator dalam kondisi ON

menghasilkan kebisingan seperti pada tabel 4.8, lalu dilakukan modifikasi pada Muffler pada Tail Pipe, menghasilkan kebisingan sebagai berikut :

Tabel 4.8 Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Pada Tail Pipe (ME ON & Generator ON)

R (x, y)		Rata-rata	Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Tail Pipe
x	Y		
0	0	117,5	107
	1	117,8	107,3
	2	115,5	105
	3	116,5	106
	4	117,1	106,6
1	0	117,5	107
	1	117,5	107
	2	112,7	102,2
	3	114,5	104
	4	115,7	105,2
2	0	117,6	107,1
	1	117,6	107,1
	2	114,1	103,6
	3	113,1	102,6
	4	117	106,5
3	0	114,5	104
	1	113,6	103,1
	2	111,8	101,3
	3	114,6	104,1
	4	116,7	106,2
4	0	115,3	104,8
	1	115,3	104,3
	2	113,1	102,6
	3	114,1	103,6
	4	114,1	104,4
5	0	115,3	104,8
	1	115,3	103,9
	2	114,4	103,9
	3	113,9	103,4
	4	115,2	104,7
6	0	117,4	106,9
	1	115,9	105,4
	2	116,7	106,2
	3	115,3	104,8
	4	116,6	106,1

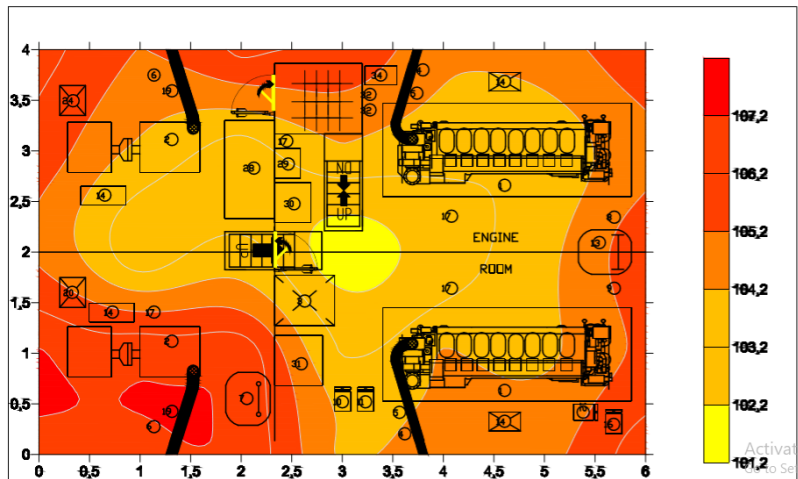
Dari hasil pengukuran kebisingan di lapangan dengan kondisi kapal berlabuh menggunakan 2 *Main Engine* dalam kondisi OFF dan Generator dalam kondisi ON

menghasilkan kebisingan seperti pada tabel 4.9, lalu dilakukan modifikasi pada Muffler pada Tail Pipe, menghasilkan kebisingan sebagai berikut :

Tabel 4.9 Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Pada Tail Pipe (ME OFF & Generator ON)

R (x, y)		Rata-rata	Kebisingan Setelah Modifikasi Muffler Dekat Tail Pipe
x	Y		
0	0	102,2	91,7
	1	102,3	91,8
	2	103,5	93
	3	107,2	96,7
	4	107,2	96,7
1	0	108,7	98,2
	1	106,3	95,8
	2	108,7	98,2
	3	108	97,5
	4	106,8	96,3
2	0	101,3	90,8
	1	98,8	88,3
	2	96,1	85,6
	3	105,4	94,9
	4	107,8	97,3
3	0	101,8	91,3
	1	96,4	85,9
	2	96,3	85,8
	3	102,1	91,6
	4	104,9	94,4
4	0	97,6	87,1
	1	90,5	80
	2	88,7	78,2
	3	94,2	83,7
	4	96,4	85,9
5	0	98,2	87,7
	1	90,7	80,2
	2	89,1	78,6
	3	91,5	81
	4	94,5	84
6	0	101,3	90,8
	1	92,7	82,2
	2	89,7	79,2
	3	96,2	85,7
	4	100,9	90,4

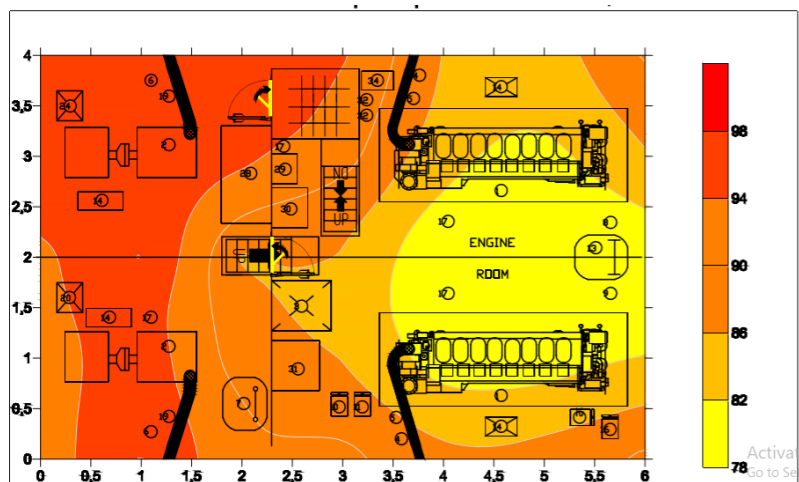
Setelah dilakukan modifikasi pada Muffler pada Tail Pipe menghasilkan pemetaan kebisingan pada ruang kamar mesin di kapal seperti Gambar 4.21, sebagai berikut :



Gambar 4.5 Kontur Kebisingan Kamar Mesin ketika ME ON Generator ON

Analisa kontur untuk kamar mesin pada pagi hari, kondisi awal putaran dengan kecepatan tidak penuh pada Main Engine (1) bagian kiri yaitu : 110 RPM dan Main Engine (2) bagian kanan yaitu : 145 RPM rata-rata. Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM. Generator set menyala hanya satu yaitu genset sebelah kanan (1) saja. Pada ME 1 dan ME 2 memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata. Pada kamar mesin dihitung dari koordinat $(x,y)=(4,1)$ hingga $(7,5)$ menggunakan perhitungan 3 sumber yaitu 2 ME ON dan 1 genset ON. Kerapatan udara juga mempengaruhi cepat rambatnya kebisingan. Pada kondisi pagi hari udara dingin dan cepat menghantarkan kebisingan.

Main Engine 1 dan 2 memiliki tingkat kebisingan yang sama karena RPM yang sama. Namun engine 1 memiliki tingkat kebisingan yang sedikit lebih tinggi dikarenakan mesin bekerja lebih keras daripada Main Engine 2. Warna merah keoren-orenan terdapat pada sekitar genset kanan karena merupakan sumber bising yang dimana di sekitar genset sebelah kanan dilakukan pengukuran 10 cm dari genset dan hasilnya ialah sebesar 107,1 dB. Nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik. Main Engine memiliki warna ke oren-orenan karena di kamar mesin tersebut memiliki range 101,3 – 107,3 dB setelah mengalami modifikasi Muffler pada Tail Pipe. Hal ini disebabkan karena di kamar mesin terdapat beberapa jendela (*side Schuttle*) dan manhole posisi terbuka yang berada di koordinat $(x,y)=(7,3)$. Penyebaran pada koordinat $(6,2)$ seperti pada gambar karena perhitungan menggunakan 3 sumber dan memiliki hasil yang berbeda sedikit jauh dari hasil pengukuran titik tersebut sehingga hasil kontur yang didapatkan seperti itu. Setelah mengalami modifikasi Muffler pada Main Engine untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standard IMO dimana untuk kamar mesin untuk ketentuan noise sebesar 110 dB sedangkan kondisi dilapangan untuk noise limit rata-rata dibawah 107,3 dB.



Gambar 4.6 Kontur Kebisingan Kamar Mesin ketika ME OFF Generator ON

Analisa kontur untuk kamar mesin pada pagi hari, kondisi awal putaran dengan kecepatan tidak penuh pada Main Engine (1) bagian kiri yaitu : 110 RPM dan Main Engine (2) bagian kanan yaitu : 145 RPM rata-rata. Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM rata-rata. Generator set menyala hanya satu yaitu genset sebelah kiri (1) saja. Warna merah keorange-oranye terdapat pada sekitar genset kiri karena merupakan sumber bising yang dimana di sekitar genset sebelah kiri dilakukan pengukuran 10 cm dari genset dan hasilnya ialah sebesar 97,5 dB. Nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik. Main Engine memiliki warna ke oren-orenan dengan range kebisingan sebesar 78,2 – 82,2 dB. setelah mengalami modifikasi Muffler pada Tail Pipe. Hal ini disebabkan karena di kamar mesin terdapat beberapa jendela (*side Schuttle*) dan manhole posisi terbuka yang berada di koordinat $(x,y)=(7,3)$.

Pada ME 1 dan ME 2 memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata. Kontur kebisingan membentuk seperti gelombang laut yang dimana sesuai dengan sifat dari kebisingan yang dirambatkan melalui udara sehingga penyebarannya meluas dan merata. Kerapatan udara juga mempengaruhi cepat rambatnya kebisingan. Pada kondisi pagi hari udara dingin dan cepat menghantarkan kebisingan. Setelah mengalami modifikasi Muffler pada Main Engine untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standard IMO dimana untuk kamar mesin untuk ketentua noise sebesar 110 dB sedangkan kondisi dilapangan untuk noise limit rata-rata dibawah 98,2 dB.

4.7 Perbandingan Kebisingan Sebelum dan Sesudah Modifikasi Muffler

Hasil pengukuran tingkat kebisingan dengan menggunakan Sound Level Meter dan melakukan pengecekan ulang Nilai Ambang Batas sesuai dengan standart yang telah ditentukan oleh peraturan Internasional seperti IMO pada Tabel 2.5. Untuk

perbandingan kontur pemetaan kebisingan bisa dilihat pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.14 sedangkan untuk perbandingan kebisingan sebelum dan sesudah di modifikasi bisa dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Kebisingan Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Titik Pengukuran	Kondisi	Di Kamar Mesin	Dekat Main Engine	Dekat Tail Pipe
Engine Room	ME ON Generator ON	Max : 117,8 dB Min : 112,7 dB Rata2 : 115,4 dB	Max : 92,9 dB Min : 88,2 dB Rata2 : 90,5 dB	Max : 107,3 dB Min : 101,3 dB Rata2 : 104,9 dB
	ME OFF Generator ON	Max : 108,7 dB Min : 89,2 dB Rata2 : 99,5 dB	Max : 83,8 dB Min : 63,8 dB Rata2 : 74,6 dB	Max : 98,2 dB Min : 78,2 dB Rata2 : 89 dB

Berdasarkan perbandingan kebisingan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Setelah melakukan pengukuran kebisingan yang menghasilkan kebisingan terbesar 117,8 dB, maka dilakukan modifikasi pada Muffler pada Main Engine dengan alternative Barrier bahan Plywood. Dimana bahan tersebut dapat menurunkan *Transmission Loss* sebesar 24,94 dB. Dimana mengasilkan kebisingan terbesar 92,9 dB. Dimana Muffler dengan bahan Plywood merupakan bahan yang dapat mengurangi kebisingan terbaik diantara yang lain dengan modifikasi pada ruang ekspansi yang awalnya 310 cm menjadi 320 cm dan memodifikasi pada diameter ruang ekspansi yang awalnya 98 menjadi 110 cm. Dimana *Transmission Loss* yang awanya dapat mengurangi kebisingan sebesar 24,727 , setelah dimodifikasi dapat menurunkan hingga 24,94 dB. Dan terjadi perubahan kontur pemetaan kebisingan jika dibandingkan dengan kondisi *Existing* (di lapangan). Semakin besar modifikasinya, semakin besar pula *Transmission Loss* yang dihasilkan untuk mengurangi kebisingan pada *Muffler*.
2. Ketika kapal dalam keadaan *Main Engine OFF* dan *Generator ON* juga dapat mengurangi kebisingan hingga 24,94 dB. Dimana kebisingan mencapai 108,7 dB, maka dilakukan modifikasi *Muffler* pada *Main Engine* dengan bahan Plywood dapat menurunkan kebisingan hingga 83,8 dB. Untuk parameter *Muffler* sendiri semuanya sama, yang membedakan hanyalah kondisi kapal saja. Tetapi untuk kontur pemetaan kebisingan terdapat perbedaan dengan kondisi *Main Engine ON* dan *Generator ON*. Untuk kontur kebisingan sendiri terdapat perbedaan jika dibandingkan dengan kondisi *Existing*.
3. Lalu untuk Muffler yang diletakkan pada Tail pipe menghasilkan kebisingan terbesar 107,3 dB. Ketika dilakukan modifikasi pada Tail Pipe ini, kebisingan dapat diturunkan hingga 10,507 dB. Kondisi kapal ketika Main Engine ON dan Generator ON dimana setelah kondisi dimodifikasi menghasilkan kebisingan hingga 107,3 dB dimana yang sebelumnya kebisingan tersebut mencapai 117,8 dB dan ketika kapal dalam kondisi Main Engine OFF dan Generator ON, dimana kebisingan terbesar 98,2 dB yang sebelumnya 108,7 dB. Untuk kontur kebisingan sendiri terdapat perbedaan jika dibandingkan dengan kondisi *Existing*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian yang telah dilakukan dalam penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi kebisingan pada kapal Natuna Express *Passanger High Speed Express* pada alur pelayaran Gresik – Bawean memiliki sumber kebisingan yaitu 2 set mesin utama kapal dan 2 generator set dengan kondisi Main Engine ON memiliki rata-rata kebisingan sebesar 115,4 dB dan Generator ON ketika berlayar dan kondisi Main Engine OFF dan Generator ON ketika berlabuh memiliki rata-rata kebisingan sebesar 99,5 dB. Padahal standar Internasional untuk kebisingan pada Engine Room seperti IMO, LR dan ABS sebesar 110 dan 100 (ABS). Dengan hasil kebisingan tersebut seharusnya tidak diperbolehkan, dikarenakan akan mengganggu kebisingan pada crew kapal karena dibawah standar yang telah ditentukan.
2. Setelah melakukan rekomendasi pemodelan Muffler dekat Main Engine dan dekat Tail Pipe menghasilkan rekomendasi Muffler yang efisien untuk mengurangi Transmission Loss. Dimana pada gambar R_3 dan L_3 dapat mengurangi kebisingan sebesar 24,94 dB untuk Muffler dekat Main Engine sedangkan untuk Muffler dekat Tail Pipe dapat mengurangi sebesar 10,507 dB.
3. Pada modifikasi Muffler menggunakan Barrier dengan bahan Plywood. Dimana parameter yang digunakan hanya panjang ruang ekspansi dan diameter ruang ekspansinya. Dimana modifikasi panjang ruang ekspansi sebesar 310 menjadi 320 cm dan diameter ruang ekspansi sebesar 98 menjadi 110 cm dan menghasilkan Transmission Loss sebesar 24,727 dB menjadi 24,94 Pipe menghasilkan Transmission Loss sebesar 10,507 dB. Dengan data sebagai dB karena semakin panjang dan besar diameter pada Barrier maka semakin besar Transmission Loss untuk mengurangi kebisingan.

5.2 Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

1. Pengembangan model *Muffler* yang lebih efisien agar dapat menghasilkan nilai *Transmission Loss* yang lebih tinggi untuk mengurangi kebisingan yang paling akurat dan efektif dengan cara simulasi.
2. Untuk penelitian lebih lanjut penulis menyarankan untuk memperhatikan sumber bising lainnya selain mesin utama seperti sumber kebisingan generator, atau suara kebisingan diluar kamar mesin, agar dijadikan sebagai sumber bising yang juga berpengaruh dalam proses pengukuran.
3. Penggunaan *software* yang lebih baik untuk kontur dalam bidang 3 dimensi seperti software ACTRAN, ANSYS ataupun software pendukung lainnya agar terlihat lebih jelas penyebaran kebisingan dari kamar mesin hingga ruang akomodasi.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

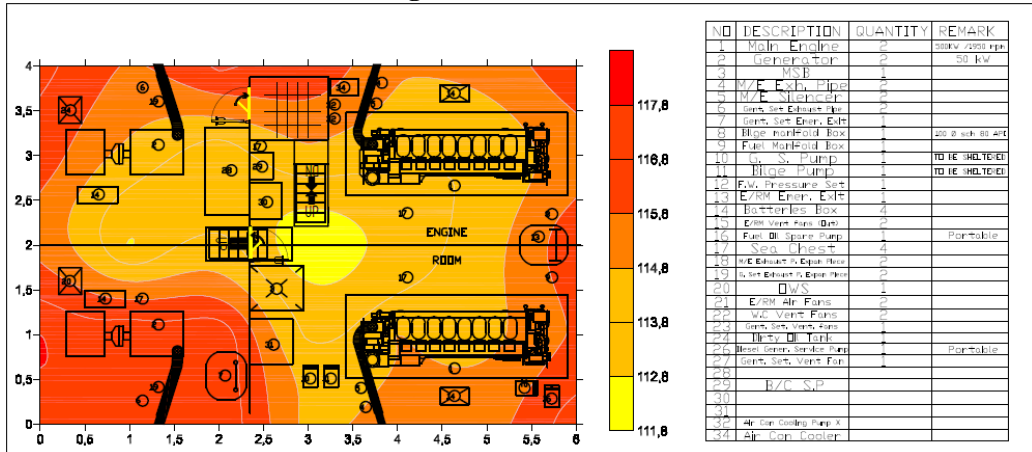
- A.P. Peterson. 9th Edition. *Handbook of Noise Measurements*. General Radion Inc.1980
- Arif, Syaiful. (2004). *Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Jelantah Ethyl Ester*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ahmad, Rilwanu. (2015). *Model Analitik Muffler Absorptive Pada Ventilasi Udara*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- B.J Smith et al. 1996. *Acoustics and Noise Control 2nd Edition*. London: Longman Group UK.
- Cahyono, Beny. (2002). *Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Jelantah Ethyl Ester*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dwilestari, Ratih. (2014). *Pengendalian tingkat kebisingan di cabin ABK KNP 329 akibat mesin*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Enisa, Risna Dewi. (2016). *INTENSITAS KEBISINGAN PADA KAPAL GILLNET DI PANGKALAN PENDARATAN IKAN (PPI) BINUANGEUN LEBAK BANTEN*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Fachrul, Melati Ferinanti. (2011). *Desain Penyusunan Peredam Kebisingan Menggunakan Plywood, Busa, Tray, Dan Sabut Pada Sumber Statis*. Jakarta: Universitas Trisakti
- Gadung, Gabriel Yusian. (2017). *Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Haryanto, Dodi Apri. (2012). *Analisa Tingkat Kebisingan Di Kamar Mesin Pada Kapal Cargo KM. Caraka Jaya Niaga III-17 Terhadap Kondisi Kerja Karyawan Dan Anak Buah Kapal (ABK)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- <http://dokumen.tips/documents/sni-7231-2009kebisingan.html>
- Kristiawan, Didik. (1999). *Analisa Kebisingan sistem Ventilasi Kamar Mesin KR. Baruna Jaya VII*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

MSC 91/22/Add.1 Annex I. (2012). “Code On Noise Levels On Board Ships”.

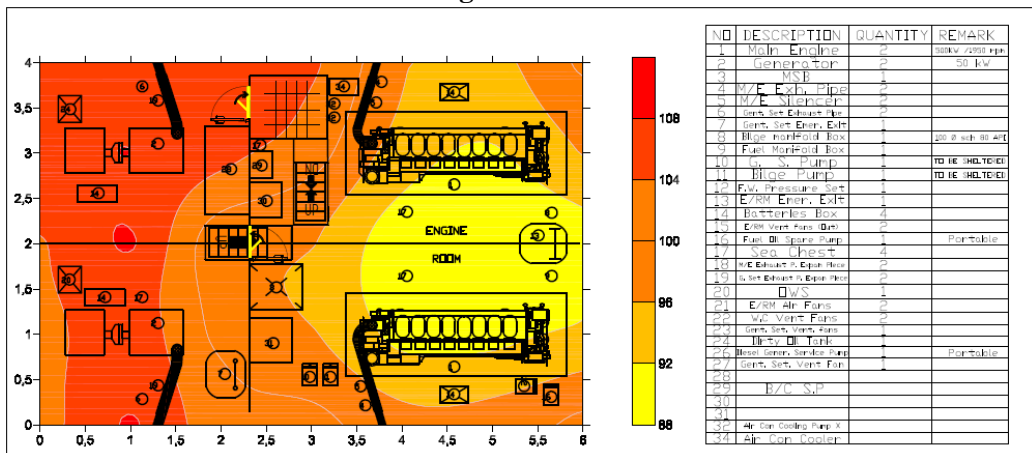
NOISE PROBLEM ANALYSIS PART 2.pdf

- Oktavianto, Ananda Pudi. (2016). *Pengaruh Penggunaan Dual Fuel Terhadap Kinerja Mesin dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiyo Huboyo, Haryono, ST, MT dan Sri Sumiyati, ST, M.Si. (2008). *Buku Ajar Pengendalian Bising dan Bau*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Setyawan, Odio. (2015). *Analisa Estimasi Tingkat Kebisingan di Kamar Mesin dan Ruang Akomodasi pada Kapal Riset dengan Penggerak Motor Listrik*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Sasono, Eko Julianto. (2007). *Pengukuran Tingkat Kebisingan pada Kapal Coaster*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Syawaluddin. (2004). *Pengujian Desain Muffler Untuk Mengurangi Emisi Suara Pada Mesin Diesel*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suandika, Mastria. (2007). *Studi Awal Emisi Kebisingan Knalpot Dengan Profil Silinder Yang Dibuat Dari Material Titanium Dengan Menggunakan Simulasi Metode Elemen Hingga*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Somantri, Gun Gumelar. (2014). *Tingkat Kebisingan Pada Kapal Penangkap Ikan (Studi Kasus Pada Modern Boat Lift Net KM Omega Jaya Di Pulo Ampel Serang, Banten)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Triyanto, Nono. (2005). *Studi Eksperimen Peredaman Kebisingan Gas Buang Motor Diesel Dengan Metode Peredaman Basah*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wibowo, Rindianti. (2014). *Analisa Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Pada Kapal KMP. Muria*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yahya, Iwan. (2002). *Dasar-dasar Pengukuran Bising*. Surakarta: Jurusan Fisika FMIPA UNS.
- Yudo, Hartono, Sarjito Jokosisworo. (2006). *Standar Kebisingan Suara di Kapal*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Yudo, Haartono. (2006). *Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk*. Semarang: Universitas Diponegoro.

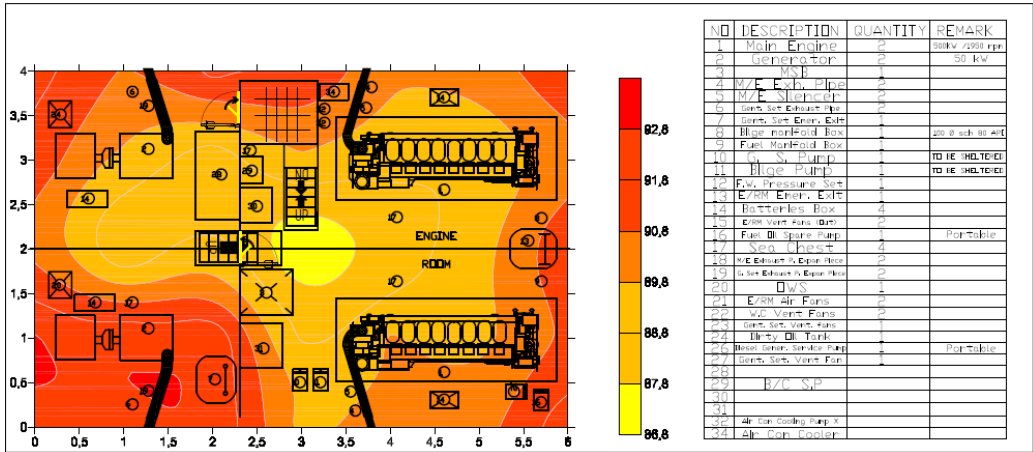
Lampiran D : Kontur kebisingan untuk komponen di kamar mesin & generator Kondisi Main Engine On & Generator ON



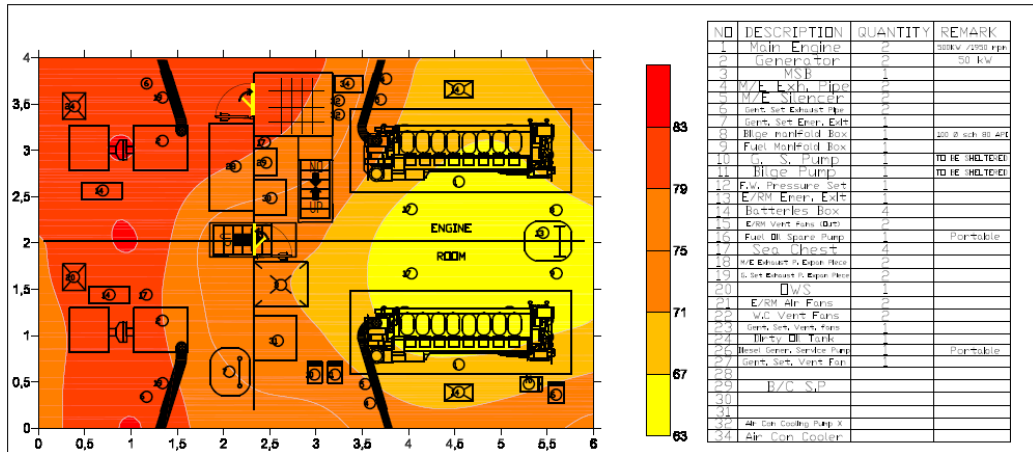
Kondisi Main Engine OFF & Generator ON



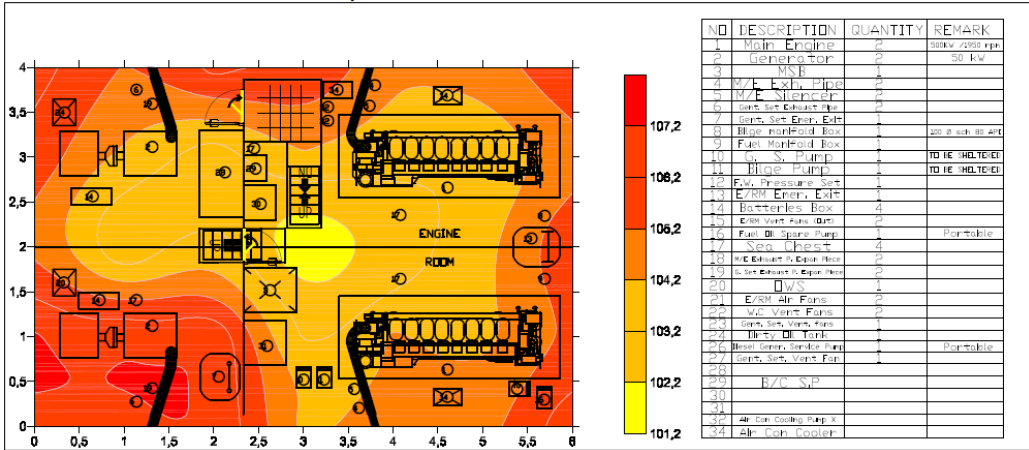
Kondisi Main Engine ON & Generator ON untuk Muffler dekat Main Engine



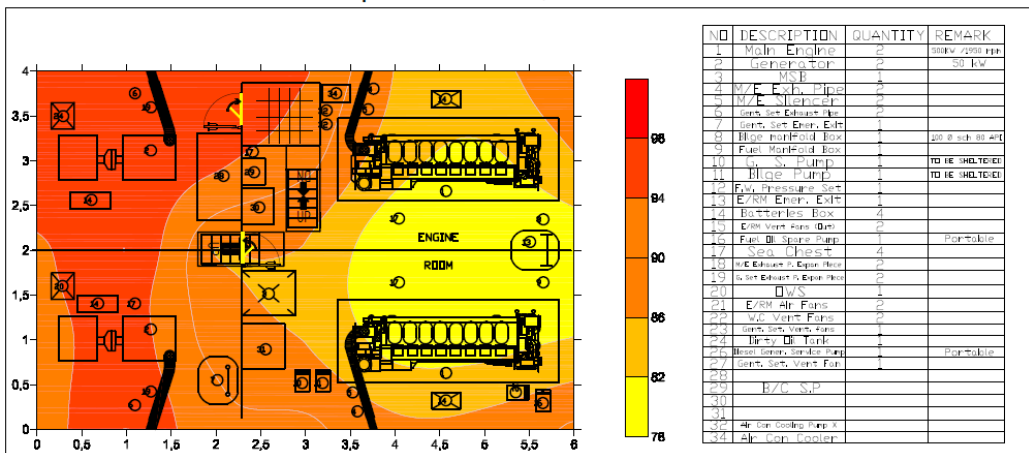
Kondisi Main Engine OFF & Generator ON untuk Muffler dekat Main Engine



Kondisi Main Engine ON & Generator ON untuk Muffler dekat Tail Pipe



Kondisi Main Engine OFF & Generator ON untuk Muffler dekat Tail Pipe



BIODATA PENULIS



Penulis bernama Mirfak Yunan Navyazka, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Ayah dari penulis bernama Capt. H. Aristo Haryono, M.Mar dan Ibu dari penulis bernama Hj. Maryudiani, SE. Lahir pada tanggal 15 April 1997, di Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SD Negeri 1 Getas Pejaten, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 2 Kudus, jenjang menengah atas di SMA Negeri 1 Kudus, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di bidang *Marine Machinery System* (MMS). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Samudera Marine Indonesia Cilegon, Banten dan PT. Pertamina

TBBM MOR V Surabaya – Jawa Timur. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) Badan Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan periode 2016/2017 sebagai Staf. Panitia Marine Icon 2017 dan 2018 HIMASISKAL ITS, serta Panitia ITS Basketball League 2k16 dan 2k17, panitia Gerigi ITS 2017 dan 2018. Selain itu, penulis juga pernah aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar, Tingkat Dasar, dan beberapa kegiatan lainnya baik di dalam maupun di luar kampus. Penulis juga pernah menjadi bagian dari LKTI tingkat nasional yang terdantai pada tahun 2017-2018. Penulis dapat dihubungi melalui email mirfakyunannavyazka@yahoo.co.id