TUGAS AKHIR - ME184834

ANALISA PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN MODIFIKASI DAN REDESIGN TATA LETAK KOMPONEN DI SUMBER BUNYI KAPAL NATUNA EXPRESS

RIAN SAPUTRA
NRP. 04211640000020

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

SKRIPSI – ME184834

ANALISA PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN MODIFIKASI DAN REDESIGN TATA LETAK KOMPONEN DI SUMBER BUNYI KAPAL NATUNA EXPRESS

Rian Saputra
NRP. 04211640000020

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BACHELOR THESIS – ME184834

NOISE REDUCTION IN SHIP ENGINE ROOM BY MODIFICATION & REDESIGN COMPONENT LAYOUR AT NOISE SOURCE NATUNA EXPRESS VESSEL

Rian Saputra
NRP. 04211640000020

Surpervisor
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN MODIFIKASI DAN REDESIGN TATA LETAK KOMPONEN DI SUMBER BUNYI KAPAL NATUNA EXPRESS

SKRIPSI
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery and Systems* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:
Rian Saputra
NRP. 04211540000020

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc. ((.....))

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENURUNAN KEBISINGAN DI KAMAR MESIN KAPAL DENGAN MODIFIKASI DAN REDESIGN TATA LETAK KOMPONEN DI SUMBER BUNYI KAPAL NATUNA EXPRESS

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Marine Machinery Fluid and System (MMS)*
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Rian Saputra
NRP 04211640000020

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :

Beny Cahyono, ST, MT, Ph.D.
NIP 197903192008011008

SURABAYA
AGUSTUS 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Analisa Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin Kapal dengan Modifikasi dan *Redesign* Tata Letak Komponen di Sumber Bunyi Kapal Natuna Express

Nama Mahasiswa : Rian Saputra
NRP : 04211640000020
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

Abstrak

Kebisingan adalah berbagai macam suara yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga menggangu kenyamanan dan merusak kesehatan manusia. Pengukuran tingkat kebisingan bertujuan untuk mengetahui kebisingan yang terjadi di kapal khusunya ruang kamar mesin yang merupakan sumber kebisingan tertinggi yang terdapat dari semua bagian di kapal. Maka dari itu diperlukan adanya sebuah terobosan yang tepat apabila tingkat kebisingan yang terjadi belebihi batas yang ditetapkan oleh peraturan yang berlaku seperti IMO, ABS dan LR. Pada modifikasi ini digunakan software yang pertama untuk redesign tata letak dan kedua untuk menganalisa tingkat kebisingan setelah diberikan beberapa modifikasi.

Dari haril pengukuran sebelumnya yang dilakukan oleh (Mirfak,2019) tingkat kebisingan di kamar mesin melebihi batas yang ditetapkan oleh IMO, LR dan ABS sebesar 110 dB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dan sebelum dimodifikasi mengalami penurunan kebisingan di kamar mesin. Setelah melakukan modifikasi pada tata letak pada kamar mesin diperoleh 2 modifikasi. Pada modifikasi I diperoleh hasil dengan kondisi kamar mesin saat *main engine* ON dan *generator* ON adalah sebesar 106,5 dB dan mengalami penurunan kebisingan sebesar 8,9 dB dengan batas maksimal 107,7 dB dan batas minimal 105,3 dB. Sementara itu pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 88,6 dB dan mengalami penurunan sebesar 10,9 dB dengan batas maksimal 108,7 dB dan batas minimal sebesar 89,2 dB. Hasil dari pengukuran kebisingan sudah sesuai dengan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh standar internasional maupun *class*, yaitu sebesar 110 dB. Pada modifikasi II dengan kondisi kamar mesin saat *main engine* ON dan *generator* ON adalah sebesar 105,2 dB dan mengalami penurunan kebisingan sebesar 10,2 dB dengan batas maksimal 107 dB dan batas minimal 103,4 dB. Sementara itu pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 88,4 dB dan mengalami penurunan sebesar 11,1 dB dengan batas maksimal 90,2 dB dan batas minimal sebesar 86,5 dB. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kebisingan juga dapat diakibatkan dari posisi komponen yang saling berdekatan yang menyebabkan kebisingan total lalu dengan memodifikasi tata letak dengan memperlebar jarak antar sumber kebisingan terbesar dapat mengurangi sumber kebisingan itu sendiri.

Kata kunci: Kebisingan, Kamar Mesin, Tata Letak

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Noise Reduction in Ship Engine Room by Redesign & Modification Component Layout at Noise Source Natuna Express Vessel

Nama of Student : Rian Saputra
NRP : 04211640000020
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor 1 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

Abstract

Noise is a variety of unwanted sounds because it is not in accordance with the context of space and time so that it disrupts comfort and damages human health.Noise level measurement aims to determine the noise that occurs on the ship especially the engine room which is the highest source of noise found in all parts of the ship. Therefore an appropriate alternative system is planned if the noise level that occurs exceeds the limits set by applicable regulations such as IMO, ABS and LR. In this modification, the first software is used to redesign the layout and secondly to analyze the noise level after some modifications are given.

From the previous measurement results carried out by (Mirfak, 2019) the noise level in the engine room exceeds the limits set by IMO, LR and ABS by 110 dB.The results showed that after and before modification experienced a decrease in noise in the engine room. After making modifications to the layout in the engine room obtained 2 modifications. In modification I, the results obtained with the engine room conditions when the main engine ON and generator ON is 106.5 dB and decreased noise by 8.9 dB with a maximum limit of 107.7 dB and a minimum limit of 105.3 dB. Meanwhile, when the main engine condition is OFF and the generator is ON is 88.6 dB and has decreased by 10.9 dB with a maximum limit of 108.7 dB and a minimum limit of 89.2 dB. The results of noise measurements are in accordance with the threshold value set by international and class standards, which is 110 dB. In modification II, the engine room condition when main engine is ON and generator ON is 105.2 dB and noise reduction is 10.2 dB with a maximum limit of 107 dB and a minimum limit of 103.4 dB. Meanwhile, when the main engine condition is OFF and the generator is ON is 88.4 dB and has decreased by 11.1 dB with a maximum limit of 90.2 dB and a minimum limit of 86.5 dB From these results it can be concluded that noise can also be caused by the position of the components that are close together which causes total noise then by modifying the layout by widening the distance between the largest noise sources it can reduce the noise source itself.

Keywords: Noise, Engine Room, Layout

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul **Analisa Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin Kapal dengan Modifikasi dan *Redesign* Tata Letak Komponen di Sumber Bunyi Kapal Natuna Express** dengan baik dan tepat waktu. Skripsi tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam proses penyelesaian skripsi dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu:

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Tri Rahayu dan Bapak Yanuar yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis setiap kegiatan dan aktivitas hingga saat ini serta mengingatkan untuk taat beribadah.
2. Bapak Ir. Amiadji, M.Sc. selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pendidikan baik akademik maupun non akademik sehingga kami sebagai mahasiswa perwalian dapat belajar bekerja keras, pantang menyerah, kritis, dan bekerjasama.
3. Bapak Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian skripsi dan memberikan motivasi untuk terus belajar, memperbaiki skripsi dan mengembangkan diri.
4. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. yang telah memberikan saya masukan serta saran yang sangat bermanfaat untuk tugas akhir yang sudah saya laksanakan.
5. Mas Yunan selaku kakak tingkat yang memberikan saya masukan dan saran setiap kali saya meminta pertolongan.
6. Feizar selaku teman mengantarkan saya ke Gresik dan mengirimkan surat permohonan pengambilan data untuk tugas akhir saya.
7. Seluruh kawan-kawan pejuang skripsi yaitu Rendy, Endah, Marfen, Agnia, Rizqi, Oscar dan teman-teman MMS lainnya yang telah saling menyemangati dan berjuang bersama untuk menyelesaikan tugas akhir.
8. Kawan seperjuangan angkatan VOYAGE’16 yang telah menjadi teman dan bagian dari pengalaman penulis.
9. Teman-teman dari UKM Badminton ITS yang selalu memberikan perhatiaan akan pentingnya menyelesaikan tugas akhir ini
10. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatan. Penulis berharap bahwa karya skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

“*Halaman sengaja dikosongkan*”

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....xiv
DAFTAR ISI.....xvi
DAFTAR GAMBAR.....i
DAFTAR TABEL.....ii
DAFTAR GRAFIK.....iii
BAB I PENDAHULUAN.....1
1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Rumusan Masalah.....2
1.3 Tujuan Penelitian.....2
1.4 Batasan Penelitian.....2
1.5 Manfaat Penelitian.....3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....23
2.1 Pengertian Kebisingan.....23
2.2 Sumber Kebisingan.....23
2.3 Jenis-jenis Kebisingan.....24
2.4 Dampak Kebisingan.....26
2.5 Faktor Kebisingan di Kamar Mesin.....27
2.6 Reduksi Bising dari Dinding.....29
2.7 Pengendalian Kebisingan.....29
2.8 Standar Kebisingan.....29
2.9 Penelitian Terdahulu tentang Kebisingan.....31
BAB III METODE PENELITIAN.....34
3.1 Pendahuluan.....34
3.2 Diagram Alir.....35
3.3 Data Kapal.....36
3.4 Pengukuran Pengambilan Data.....38
3.5 Pengukuran Kebisingan.....39
3.6 *Erorr Analysis*.....43
3.7 Penentuan Kebisingan Berdasarkan IMO.....44
3.8 Pemetaan Kebisingan Awal.....44
3.9 Permodelan Tata Letak Komponen.....44
3.10 Pemetaan Kebisingan Akhir.....46

3.11 Perbandingan Hasil Pemetaan Kebisingan Awal dan Akhir 47
3.12 Analisa Data dan Pembahasan 47
3.13 Kesimpulan dan Saran 47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....39
4.1 Pendahuluan 39
4.2 Keakuratan Data Pengukuran.....39
4.3 Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Berdasarkan Klasifkasi Internasional 48
4.4 Analisa Kontur Kebisingan di Kamar Mesin.....49
4.5 Analisa Kontur Kebisingan Modifikasi Tata Letak Komponen 51
55
4.6 Perbandingan Kebisingan Sebelum dan Sesudah Modifikasi Tata Letak Komponen 59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 57
5.1. Kesimpulan 57
5.2. Saran 57
DAFTAR PUSTAKA.....60
LAMPIRAN A General Arrangement Natuna Express 62
LAMPIRAN B Safety Plan Natuna Express 63
LAMPIRAN C Layout Engine Room Natuna Express 64
LAMPIRAN D Kontur Kebisingan di Kamar Mesin.....65
Kondisi Main Engine ON & Generator ON 65
BIODATA PENULIS.....68

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Hasil Pengukuran Kebisingan oleh Mirfak tahun 2019.....1

Gambar 2. 1 Nilai Ambang Batas Kebisingan 25
Gambar 2. 2 Kerapatan Material 28
Gambar 2. 3 Ketentuan Kebisingan menurut IMO 30

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....35
Gambar 3. 2 Kapal Natuna Express 36
Gambar 3. 3 Mesin Utama 37
Gambar 3. 4 Ruang Generator.....38
Gambar 3. 5 Titik Pengukuran di Kamar Mesin 39
Gambar 3. 6 Pemetaan Kebisingan Awal di Kamar Mesin.....44
Gambar 3. 7 Bagian yang di Modifikasi 45
Gambar 3. 8 Modifikasi Tata Letak I 45
Gambar 3. 9 Modifikasi Tata Letak II.....46
Gambar 3. 10 Pemetaan Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON 46
Gambar 3. 11 Pemetaan Kebisingan Kondisi ME OFF dan Generator ON 47

Gambar 4. 1 Kontur Kebisingan pada Kondisi Main Engine ON; Generator ON 49
Gambar 4. 2 Kontur Kebisingan pada Kondisi Main Engine OFF; Generator ON.....50
Gambar 4. 3 Kontur Map Modifikasi I (ME ON & Generator ON) 51
Gambar 4. 4 Kontur Map Modifikasi I (ME OFF & Generator ON).....53
Gambar 4. 5 Kontur Map Modifikasi II (ME ON & Generator ON) 55
Gambar 4. 6 Kontur Map Modifikasi II (ME OFF & Generator ON).....57

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Utama Kapal 36
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mesin Utama Kapal 37
Tabel 3. 3 Spesifikasi Mesin Bantu.....37
Tabel 3. 4 Kebisingan Kamar Mesin Kondisi ME ON & Generator ON.....41
Tabel 3. 5 Kebisingan Kamar Mesin Kondisi ME OFF & Generator ON 42
Tabel 3. 6 Inputan Data Pengukuran Kebisingan.....43

Tabel 4. 1 Data Keakuratan Kebisingan Kondisi Main Engine ON & Generator ON ...39
Tabel 4. 2 Data Keakuratan Kebisingan Kondisi Main Engine OFF & Generator ON .44
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar Internasional 48
Tabel 4. 4 Kebisingan setelah Modifikasi I (ME ON & Gen. ON).....52
Tabel 4. 5 Kebisingan setelah Modifikasi I (ME OFF & Gen. ON) 54
Tabel 4. 6 Kebisingan setelah Modifikasi II (ME ON & Gen. ON).....56
Tabel 4. 7 Kebisingan setelah Modifikasi I (ME OFF & Gen. ON) 58
Tabel 4. 8 Perbandingan hasil kebisingan sebelum dan sesudah modifikasi 59

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,0) 40
Grafik 4. 2 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,1) 41
Grafik 4. 3 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,2) 41
Grafik 4. 4 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,3) 41
Grafik 4. 5 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,4) 42
Grafik 4. 6 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,0) 42
Grafik 4. 7 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,1) 42
Grafik 4. 8 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,2) 43
Grafik 4. 9 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,3) 43
Grafik 4. 10 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,4) 43
Grafik 4. 11 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,0) 45
Grafik 4. 12 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,1) 45
Grafik 4. 13 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,2) 46
Grafik 4. 14 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,3) 46
Grafik 4. 15 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,4) 46
Grafik 4. 16 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,0) 47
Grafik 4. 17 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,1) 47
Grafik 4. 18 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,2) 47
Grafik 4. 19 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,3) 48
Grafik 4. 20 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,4) 48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada pengoperasiannya, sebuah kapal banyak menggunakan mesin dan peralatan yang menimbulkan intensitas kebisingan tinggi. Kebisingan dengan tingkat intensitas tinggi itu dapat menyebabkan dampak serius bagi awak kapal atau penumpang serta menimbulkan rasa tidak nyaman yang dapat menggangu pendengaran. Kerusakan pada alat pendengaran merupakan salah satu dampak dari segi kesehatan yang sangat berbahaya dan juga secara psikologis dampak yang dapat ditimbulkan yaitu gangguan emosional sedangkan dari teknis kebisingan dapat menjadi indikasi adanya permasalahan pada peralatan yang ada (Jenny, 2015).Sumber kebisingan suara terbesar di kapal terletak di ruang kamar mesin. Kebisingan dengan tingkat intesitas tinggi di ruang mesin tanpa disadari dapat menyebabkan dampak yang sangat serius terhadap awak kapal serta tidak memberikan kenyamanan untuk setiap penumpang (Mirfak, 2019)

Kebisingan yang berpengaruh langsung pada kenyamanan awak kapal dan seluruh penumpang antara lain berasal dari *main engine room* itu sendiri yang merupakan sumber kebisingan terbesar. Hal ini didapatkan karena tidak memakai penutup telinga ketika kapal sedang beroperasi dan awak kapal sedang berada di *engine room*. Getaran pada kapal menghasilkan tingkat kebisingan sangat bervariasi sesuai dengan jarak dari sumber getaran itu sendiri. Ditambah lagi dengan ruang kamar mesin yang terbatas serta berbagai macam komponen pendukung selain *main engine* seperti *auxilliary engine*, kompressor, motor listrik, pompa-pompa dan lain-lainnya yang semua nya merupakan sumber bising, maka akan menimbulkan kebisingan suara yang tinggi (Haryanto, 2012).

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

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

Gambar 1. 1 Hasil Pengukuran Kebisingan oleh Mirfak tahun 2019

Komponen pendukung lainnya ini merupakan salah satu sumber kebisingan di kamar mesin. Meskipun kebisingan yang dihasilkan lebih kecil jika dibandingkan dengan kebisingan main engine, namun jika kebisingan komponen pendukung itu beresonansi dengan peralatan mesin lainya, maka akan menyebabkan kebisingan total dikamar mesin menjadi lebih tinggi (Didik, 1999). Berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Mirfak tahun 2019 menunjukan bahwa kebisingan melebihi dari standar yang telah ditetapkan oleh IMO maupun class sehingga diketahui bahwa tingkat kebisingan di kamar mesin kapal tersebut tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Karena alasan itulah diperlukan suatu analisa untuk mengetahui seberapa besar tingkat kebisingan yang ditimbulkan oleh komponen pendukung tersebut serta desain tata letak komponen pendukung yang paling tepat untuk menurunkan kebisingan di kamar mesin kamar tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut, 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 serta akan menganalisa bagaimana caranya untuk menurunkan kebisingan tersebut dengan merekomendasikan solusi untuk menurunkan kebisingan yang effisien dan optimal dengan beberapa macam permodelan *redesign* dan modifikasi tata letak komponen pendukung yang terdapat pada *engine room*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana modifikasi tata letak komponen di kamar mesin dengan opsi permodelan untuk menurunkan kebisingan di sumber bunyi.
2. Bagaimana hasil mapping ulang dari kebisingan di kamar mesin sebelum dan sesudah modifikasi tata letak komponen di kamar mesin.

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui rekomendasi beberapa opsi modifikasi tata letak komponen di mesin kamar kapal untuk menurunkan kebisingan pada sumber bunyi.
2. Mengetahui hasil mapping ulang dari kebisingan di kamar mesin sebelum dan sesudah modifikasi tata letak komponen di kamar mesin kapal.

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. Pembanding Standart Internasional yang dipakai untuk acuan dalam pengukuran kebisingan adalah peraturan IMO.

3. Pengukuran tingkat kebisingan hanya dilakukan di engine room karena itu merupakan sumber getaran dan bunyi yang menyebabkan kenyamanan terganggu.
4. Rekomendasi modifikasi tata letak komponen yang lebih effisien dan optimal dibandingkan dengan permodelan lainnya berupa tabel dan grafk dengan beberapa parameter yang digunakan untuk permodelan analisa ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Kontribusi atau manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut sebagai berikut :

1. Mengetahui tata letak komponen pendukung yang paling tepat dan optimal agar dapat menurunkan kebisingan akibat beresonansi dengan komponen ainnya yang menyebabkan kebisingan total pada engine room sesuai dengan standar IMO.
2. Tugas Akhir ini dapat dijadikan referensi bagi pemilik kapal ataupun orang yang akan mengerjakan suatu tugas yang berkaitan dengan kebisingan kapal.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kebisingan

Bising merupakan bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga menimbulkan gangguan kenyamanan dan kesehatan manusia (Gadung, 2017). Bunyi ditimbulkan oleh sumber suara yang bergetar misal getaran objek padat, gerakan turbulensi cairan, dan ekspansi gas yang mendadak. 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 sebgai berikut.

1. **Struktur-Borne Noise**, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh perambatan getaran struktur komponen dari suatusystem struktur atau bagian yang bergetar tersebutakan meradiasikan atau merambatkan nergi akustik dalam bentuk gelombang longitudinal. Sumber energy tersebut diperoleh dari adanya kerusakan atau tidak seimbangnya bagian 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.

2.2 Sumber Kebisingan

Sumber kebisingan adalah sumber bunyi yang kehadirannya dianggap menggangu pendengaran baik dari sumber gerak maupun tidak bergerak. Berdasarkan sifat sumber kebisingan terdapat dua macam sumber kebisingan :

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

Untuk menentukan besarnya daya mesin sebagai sumber suara digunakan persamaan :

$$P = Fn \times Pm$$

Keterangan :

P : Suara daya mesin (W)

Pm : Daya mesin (W)

Fn : Faktor konversi

2.3 Jenis-jenis Kebisingan

Jenis-jenis kebisingan dibagi menjadi dua, yaitu kebiingan tetap (*steady noise*) dan kebisingan tidak tetap (*non-steady noise*). Berikut adalah jenis-jenis kebisingan.

a. Kebisingan Tetap (*steady noise*) dibagi menjadi dua jenis, yaitu :
   1. Kebisingan dengan frekusensi terputus (*discrete frequency noise*) adalah kebisingan berupa nada-nada murni pada frekuensi yang beragam seperti suara mesin, suara kipas dan sebagainya.
   2. *Broad band noise* adalah kebisingan dengan frekuensi yang lebih bervariasi bukan pada nada murni seperti *dicrete frequency noise*.

b. Kebisingan Tidak Tetap (*non-steady noise*)
   1. Kebisingan fluktuatif adalah kebisingan dimana fluktuasi dari intensitasnya tidak lebih dari 6 dB dan tidak terputus-putus.
   2. Kebisingan terputus-putus (*Intermittet noise*) adalah kebisingan yang berlangsung secara tidak terus-menerus melainkan terdapat periode relatif tenang seperti suara lalu lintas, kendaraan pesawat terbang kereta api dan sebagainya.
   3. Kebisingan implusif (*Impuls noise*) dibagi menjadi dua, yaitu kebisingan impulsive dan kebisingan impulsive berulang. Kebisingan impulsive memiliki perubahan intensitas suara melebihi 40 dB dalam waktu sangat cepat dan biasanya mengejutkan pendengarnya, contohnya suara tembakan, suara ledakan petasan, suara meriam dan sebagainya. Kebisingan impulsive berulang hampir sama dengan kebisingan impulsive akan tetapi kebisingan ini terjadi berulang-ulang, misalnya mesin tempa.

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, bising dibagi menjadi tiga jenis sebagai berikut.

1. Bising yang menggangu (***irritating noise***), yaitu intensitas yang tidak terlalu keras.
2. Bising yang menutupi (***masking noise***), yaitu bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Kebisingan ini secara tidiak langsung bunyi ini akan membahayakan keselamatan tenaga kerja karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam dalam bising dari sumber lain.
3. Bising yang merusak (***damaging / injuriois noise***), yaitu bunyi yang intensitasnya melebihi nilai ambang batas kebisingan. Bunyi jenis ini akan merusak atau menurunkan fungsi pendengaran.

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

Gambar 2. 1 Nilai Ambang Batas Kebisingan
Sumber : (*https://zuhdiismail.blog.uns.ac.id*)

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

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

Keterangan :

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

$$P(1) <<< Pa$$

- **Daya Puncak – Daya Rerata**
  Rentang tekanan manusia : 2×10^5 Pa – 200 Pa
  Frekuensi : 16 – 30.000 Hz

- **Tingkat Tekanan Suara dinyatakan**

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

Po : Tekanan suara acuan (2×10^{-5} Pa)

- **Intensitas Suara**

Laju energi merupakan daya suara yang menembus suatu luasan tertentu.

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r2}$$

Keterangan :

I : Intensitas Suara (w/m^2)

W : Daya Suara (w)

S : Luas Permukaan yang ditembus (m^3)

R : Jarak antara Reseptor dan Sumber Suara (m)

2.4 Dampak Kebisingan

Bising merupakan suara atau bunyi yang menggangu dan dapat menimbulkan gangguan. Dampak dari kebisingan adalah sebagai berikut.

- Gangguan Fisiologis

  Pada umumnya bising bernada tinggi sangat mengganggu dan gangguan ini dapat meningkatkan tekanan darah, peningkatan nadi, kontriksi pembuluh darah perifer terutama pada tangan dan kaki serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensoris. Bising dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan sakit kepala dan hal ini karena bising dapat merangsang situasi reseptor vestibular dalam telinga yang akan menimbulkan sakit kelapa atau vertigo.

- Gangguan Psikologis

  Gangguang psikologis dapat berupa rasa tidak nyaman, kurang adanya konsentrasi, susah tidur dan cepat marah. Bila kebisingan ini diterima dalam waktu lama maka dapat menyebabkan penyakit psikosomaticberupa gastritis, jantung, stress, kelelahan dan sebagainya.

- Gangguan Komunikasi

  Gangguan komunikasi biasanya disebabkan masking effect (bunyi yang menutupi pendengaran kurang begitu jelas) atau gangguan kejelasan suara. Komunikasi pembicaraan harus dilakukan dengan cara berteriak, gangguan ini menyebabkan terganggunya pekerjaan dan dapat menimbulkan kesalahan karena tidak terdengar isyarat atau tanda bahaya dan hal ini dapat membahayakan keselamatan seseorang.

- Efek pada Pendengaran

  Pengaruh utama dari bising bagi kesehatan adalah kerusakan pada indera pendengaran yang dapat menyebabkan tuli. Mula-mula efek kebisingan pada pendengaran yang diterima sementara dan pemulihan terjadi secara bertahap sesudah pekerjaan di area bising berhenti akan tetapi apabila pekerja secara terus-menerus berkerja di area bising makan akan terjadi tuli menetap dan tidak dapat kembali normal. Hal ini terjadi biasanya pada frekuensi 4000 Hz dan semakin meluas kefrekuensi sekitarnya dan akhirnya mengenai frekuensi yang biasa dugunakan untuk percakapan.

2.5 Faktor Kebisingan di Kamar Mesin

Motor diesel sebagai penggerak pada kapal menimbulkan kebisingan yang disebabkan karena beroperasiya 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. 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 barier :

a. Jarak

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

$$Lp = Lw - 10Log\ (R_2/\ R_1)$$

Keterangan :

Lp : Nilai tingkat kebisingan pada R2 (dB)
Lw : Nilai tingkat kebisingan yang jaraknya 1 m dari sumber atau R1 (dB)
R1 : Jarak Lw (titik pengukuran) dengan sumber (m)
R2 : Jarak antara titik dengan sumber (m)
R3 : Titik Tengah (m)

b. Suhu dan Kelembapan

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. *Barier* (penghalang) atau *Muffler* (peredam gas buang)

- *Barier* (penghalang)

  Barier merupakan sekat penghalang sumber bunyi dengan penerimaan bunyi sehingga material barrier dapat mempengaruhi besaran bunyi yang ada pada area yang terhalang. Material barier dapat menggunakan vegetasi atau tanaman maupun bangunan peredam bising yang masing-masing memiliki besaran reduksi yang berbeda. Sebaran bunyi dapat terpotong dengan adanya barier. Karakteristik massa jenis material berpengaruh terhadap kesempurnaan pemantualan 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.

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).

Gambar 2. 2 Kerapatan Material

Sumber : (*www.researchgate.net*)

- *Muffler* (peredam suara gas buang)

Muffler atau peredam gas buang 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 atmosfir 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 :

- Dengan membiarkan gas mengembang didalam suatu ruangan
- Dengan mengubah arah alirannya
- Dengan mendinginkan menggunakan injeksi air

2.6 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. Berikut adalah rumus yang digunakan :

$$NR = Lp1 - Lp2$$

atau

$$NR = TL - 10 \log [(1/4) + (Sw/R2)$$

Keterangan :

NR : Noise Reduction (dB)
TL : Transmission Loss (dB)
Sw : Luas Dinding (m^2)
R2 : Konstanta Ruan ($m^{2)}$

2.7 Pengendalian Kebisingan

Secara umum, pengendalian bising dapat dilakukan dengan tiga cara.

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 melakukan penelitiannya.

2. **Pengendalian kebisingan yang ditransmisikan**

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

3. **Pengendalian kebisingan 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.

2.8 Standar Kebisingan

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 Maritime Organization (IMO) merupakan salah satu standar yang telah ada sejak 1982 mengenai standar internasional dari level kebisingan pada kapal. Pada standar IMO terdapat ketentuan-ketentuan kondisi pengukuran antara berlabuh dan berlayar bebeda 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 di operasikan 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. Ruangan 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 standar IMO sebagai berikut.

1. Sumber bunyi atau bising dari luar kapal yang dapat terdengar di kapal seperti suara orang dapat diabaikan.
2. Pengukuran juga dilakukan pada ruang mesin dimana mesin pembantu beroperasi disaat berlabuh dan apabila tingkat kebisingan melebihi standar IMO, yaitu 90 dB maka diharuskan menggunakan *ear protection.*

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

Gambar 2. 3 Ketentuan Kebisingan menurut IMO
Sumber : (*https://e.journal3.undip.ac.id*)

2.9 Penelitian Terdahulu tentang Kebisingan

No.	Penelitian	Judul	Hasil
1.	Mirfak Yunan Navyazka; S-1 Teknik Sistem Perkapalan ITS; 2019	*Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin Kapal dengan Optimalisasi Muffler pada Sumber Bunyi*	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa bentu kontur tergantung dari kondisi dan letak dari komponen-komponen yang mempengaruhi tingkat kebisingan pada tiap ruangan tersebut. Secara keseluruhan tingkat kebisingan kamar mesin dan ruangan akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang-Gilimanuk sesuai dengan standar MSC 91 annex 1 tahun 2012 yang merupakan adopsi dari IMO. Setelah melakukan proses perhitungan transmission loss serta modifikasi *muffler* yang optimal dihasilkan penurunan kebisingan pada kamar mesin tersebut.
2.	Jenny Rosha Susanti; D-3 Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal PPNS; 2015	*Desain Crew Room pada Kapal S-22 Utility Vessel untuk Mengoptimalkan Kenyamanan terhadap Kebisingan di PT. Orella Shipyard*	Dalam menentukan tata ruang dan upaya mengurangi nilai kebisingan dibutuhkan beberapa data sehingga dapat membuat ulang crew room dan upaya pengurangan nilai kebisingan. Dengan menggunakan single gasket material *glasswol* memiliki noise level 36,75 dB dengan transmission loss 63,25 dB dan hasil ini memenuhi standar kebisingan yang terdapat pada *Lloyd's Register Rules* sebesar 52 – 58 dB.
3.	Nono Triyanto; S-1 Teknik Sistem Perkapalan; 2005	*Studi eksperimen Peredaman Kebisingan Gas Buang Motor Diesel Dengan Metode Peredaman Basah.*	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
4.	Gabriel Yusian Gadung; S-1 Teknik Sistem	*Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi*	Hasil pengukuran dan perhitungan terlihat jelas kontur mengatakan bahwa tingkat kebisingan sesuai dengan standar yang telah

	Perkapaln ITS; 2017	*kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk*	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 ako
5.	Hartono Yudo, Sarjito Jokosisworo; S-1 Teknik Perkapalan UNDIP	*Standar Kebisingan Suara di Kapal*	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
6.	Syaiful Arif ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 2004	*Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Jelantah Ethyl Ester*	Biodisel menjadi energi alternatif karena krisi 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.
7.	Dodi Apri Haryanto ; S-1 Teknik Sistem Perkapalan ; 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)*	Awak Kapal Jaya Niaga mengalami keluhan karena suara bising di kamar mesin dimana kebisingan terjadi 112 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.
8.	Didik Kristiawan ; S-1 Teknik Sistem Perkapaln ITS ; 1999	*Model Analitik Muffler Absorptive Pada Ventilasi Udara*	Dari hasil perhitungan diatas, maka dapat ditentukan apakah tingkat kebisingan pada sistem ventilasi tersebut berpengaruh terhadap tingkat kebtsmgan total dt kamar mesin. Menurut IMO tingkat kebisingan total yang du;inkan dt kamar mesin adalah sebesar 90 dB pada kondisi operasi kontinyu 8am dan I /0 dB untuk kondtsi operasi non kontinyu.
9.	Mirfak Yunan Navyazka; S-1 Teknik Sistem Perkapalan ITS; 2019	*Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin Kapal dengan Optimalisasi Muffler pada Sumber Bunyi*	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa bentu kontur tergantung dari kondisi dan letak dari komponen-komponen yang mempengaruhi tingkat kebisingan pada tiap ruangan tersebut. Secara keseluruhan tingkat kebisingan kamar mesin dan ruangan akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang-Gilimanuk sesuai dengan standar MSC 91 annex 1 tahun 2012 yang merupakan adopsi dari IMO. Setelah melakukan proses perhitungan transmission loss serta modifikasi *muffler* yang optimal dihasilkan penurunan kebisingan pada kamar mesin tersebut.
10.	Jenny Rosha Susanti; D-3 Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal PPNS; 2015	*Desain Crew Room pada Kapal S-22 Utility Vessel untuk Mengoptimalkan Kenyamanan terhadap Kebisingan di PT. Orella Shipyard*	Dalam menentukan tata ruang dan upaya mengurangi nilai kebisingan dibutuhkan beberapa data sehingga dapat membuat ulang crew room dan upaya pengurangan nilai kebisingan. Dengan menggunakan single gasket material *glasswol* memiliki noise level 36,75 dB dengan transmission loss 63,25 dB dan hasil ini memenuhi standar kebisingan yang terdapat pada *Lloyd's Register Rules* sebesar 52 – 58 dB.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

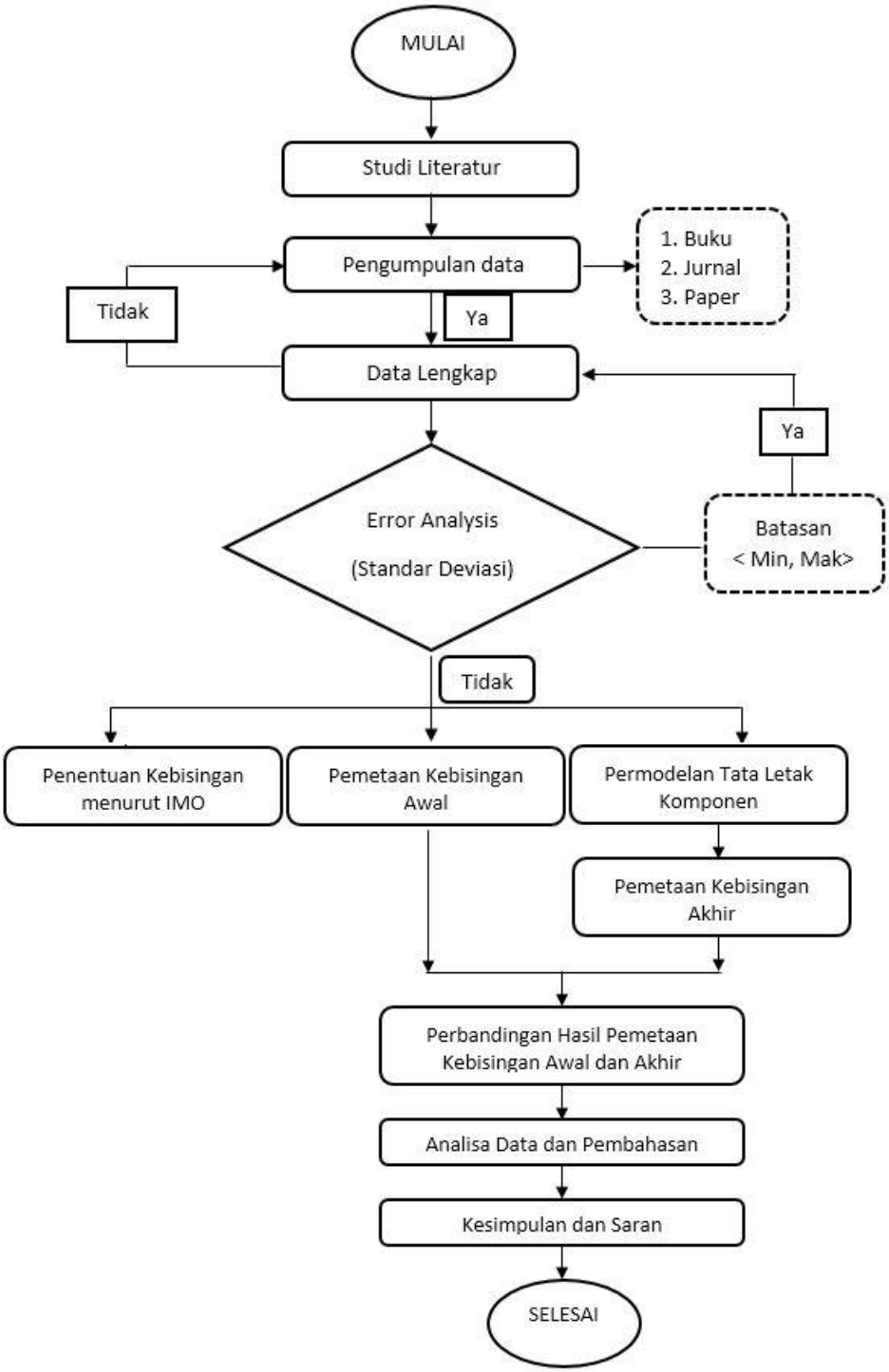
Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan penelitian. Dalam penelitian ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai modifikasi tata letak komponen paling optimal untuk menurunkan kebisingan di kamar mesin Kapal Natuna Express.

Studi literatur dibutuhkan guna mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada penelitian ini sehingga jelas apa yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara memahami isi penelitian atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan. Adapun tema seperti, getaran, sistem propulsi, kelelahan dan simulasi *software* merupakan perihal yang memiliki hubungan erat dengan penelitian ini.

Pengerjaan penelitian ini dibutuhkan proses pengerjaan yang terstruktur. Adanya proses yang terstruktur membuat pengerjaan penelitian lebih terarah dan lebih sistematis. Pengerjaan penelitian ini menggunakan metode pengambilan data dan analisis data dari hasil simulasi menggunakan *software* SURFER 13 dan AUTOCAD 2017 untuk modifikasi tata letak nya. Berikut merupakan bagian-bagian pengerjaan yang terdapat pada penelitian ini,

1. Pengumpulan data kapal.
2. Pengolahan data pengukuran.
3. Perhitungan dari data pengukuran.
4. Membandingkan kebisingan dengan peraturan IMO.
5. Permodelan redesign tata letak komponen
6. Permodelan modifikasi tata letak komponen
7. Hasil mapping ulang dari modifikasi
8. Perbandingan hasil perhitungan
9. Analisa data dan pembahasan
10. Kesimpulan, saran dan rekomendasi.

3.2 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 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.

Tabel 3. 1 Data Utama Kapal

Nama Kapal		CB. Natuna Express
Pemilik Kapal		PT. Mitra Kalindo Samudera
Tipe Kapal		*Crew Boat*
LOA	m	43
LBP	m	38.64
Beam Moulded	m	4,73
Depth Moulded	m	2,3
Draft	m	1,5
Main Engine		Yuchai YC6C925C 1350 RPM 2x680 kW
Gearbox		NICO MGN90-1 Ratio 1,75:1
Generator Set	kW	2x50
Jumlah penumpang	orang	247
Awak kapal	orang	10
Kecepatan desain	knot	28
GT	ton	118

Gambar 3. 2 Kapal Natuna Express

Tabel 3. 2 Spesifikasi Mesin Utama Kapal

Manufacturer		Yuchai Diesel Engine
Name		YC6C925C
BHP	HP	2 x 925
Continous Power	kW	680
Rated Speed	RPM	1350

Tabel 3. 3 Spesifikasi Mesin Bantu

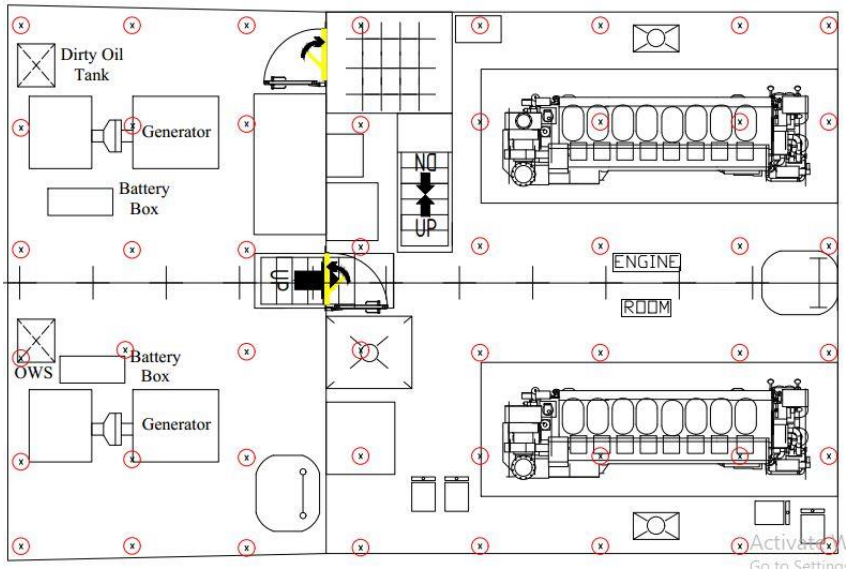
Manufacturer		Tianjin Lovol
Name		1004MGM12
BHP	HP	2 x 82
Continous Power	kW	50
Rated Speed	RPM	350

Gambar 3. 3 Mesin Utama

Gambar 3. 4 Ruang Generator

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.



Gambar 3. 5 Titik Pengukuran di Kamar Mesin
Sumber : (*digilib.its.ac.id*)

3.5 Pengukuran Kebisingan

Pada tabel 3.4 merupakan alat dan bahan pengukuran untuk melakukan pengambilan data kebisingan di kamar mesin Kapal Natuna Express

Tabel 3. 4 Alat dan bahan pengukuran

No	Nama Alat	Gambar Alat	Fungsi
1	Sound Level Mater		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 sebelumnya oleh Mirfak tahun 2019 di lapangan dengan kondsi kapal berlabuh menggunakan 2 main engine dalam kondisi ON dan Generator dalam kondisi ON menghasilkan kebisingan seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 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 oleh sebelumnya oleh Mirfak tahun 2019 di lapangan dengan kondsi kapal berlabuh menggunakan 2 main engine dalam kondisi OFF dan Generator dalam kondisi ON menghasilkan kebisingan seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 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 *Erorr Analysis*

Stabilitas, ketepatan dan keakuratan hasil pengujian diperiksa melalui analisis kesahalan dari hasil uji reliabilitas. Dua nilai yang memainkan peran penting untuk mengukur kesalahan dari hasil tes yang digunakan yaitu mean ($\bar{X}$) dan standar 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)

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 (Kothari, 2004). Untuk contoh tabel mengenai input-an data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.7.

$$s = \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_1)^2}{n(n-1)}}$$

Keterangan :

N : Ukuran sampel
S : Standar deviasi
x : Rata-rata
xi : Nilai x ke-i

Tabel 3. 7 Inputan Data Pengukuran Kebisingan

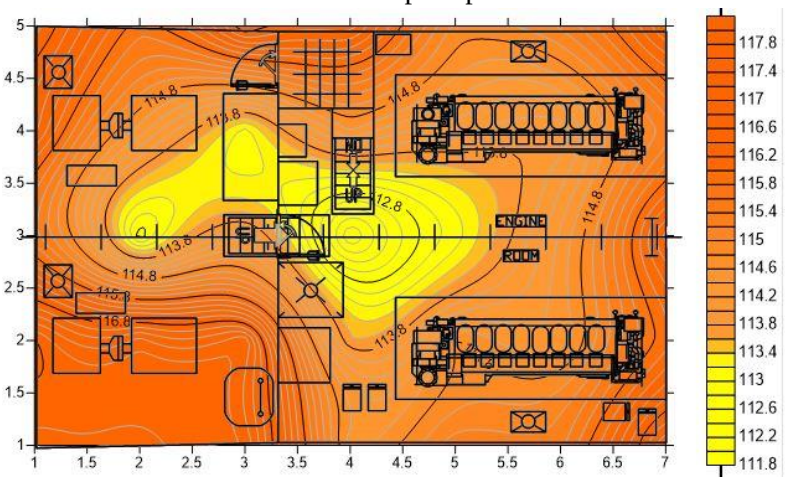
x	y	Noise Level			Jumlah	Rata-rata
1	1	117.7	117.4	117.4	352.5	117.5
1	2	117.7	117.9	117.9	353.5	117.8
1	3	115.7	115.6	115.1	346.4	115.5
1	4	116.2	116.5	116.7	349.4	116.5
1	5	117.5	116.6	117.2	351.3	117.1
2	1	117.2	117.7	117.5	352.4	117.5
2	2	117.7	117.4	117.4	352.5	117.5
2	3	113.2	112.6	112.2	338	112.7
2	4	114.2	114.3	115	343.5	114.5
2	5	115.6	116.2	115.2	347	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	5	118	116	116.7	351	117

3.7 Penentuan Kebisingan Berdasarkan 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 2.3.

3.8 Pemetaan Kebisingan Awal

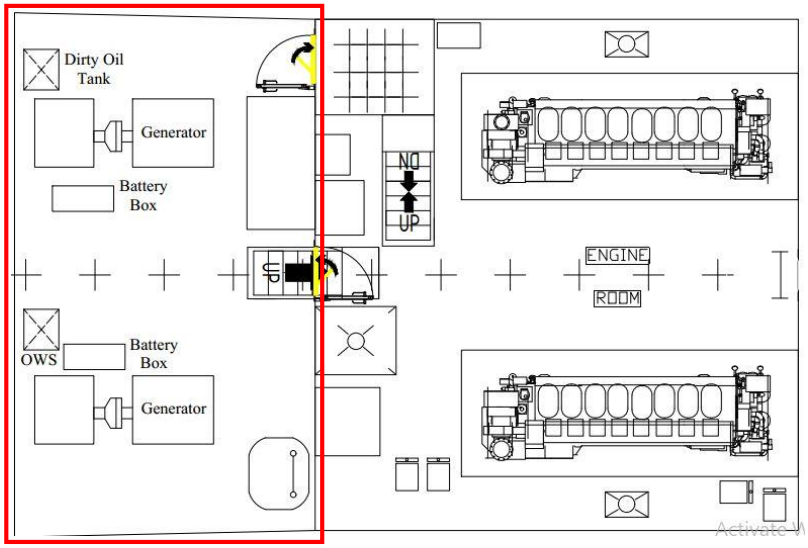
Pemetaan kebisingan awal pada penelitian ini adalah dimana pemetaan tersebut dilakukan sebelum pemodelan modifikasi tata letak komponen. Jadi sebelum dilakukan permodelan beberapa opsi modifikasi pada muffler, dilakukan pengukuran kebisingan di kapal Natuna Express untuk mengetahui kebisingan di kamar mesin tersebut dengan menggunakan alat Sound Level Meter dan setelah itu hasil kebisingan tersebut dimasukan kedalam software SURFER 13 seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Pemetaan Kebisingan Awal di Kamar Mesin

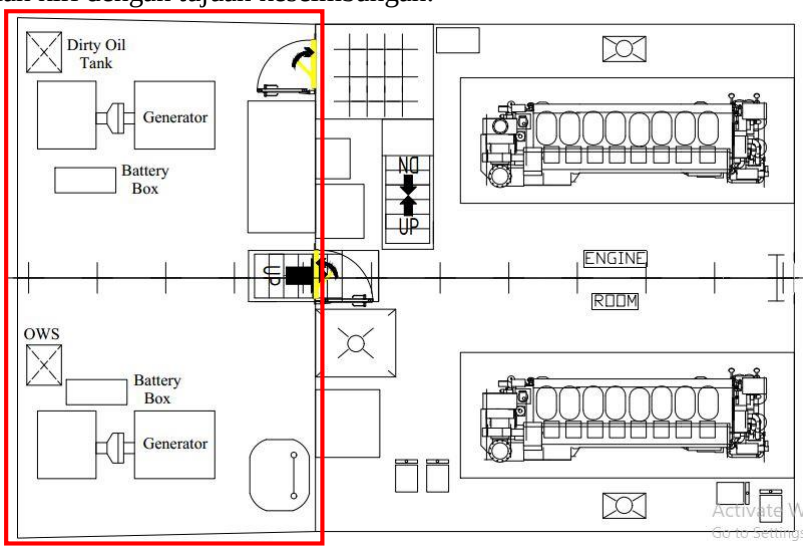
3.9 Permodelan Tata Letak Komponen

Analisa kebisingan ini menggunakan 2 sumber kebisingan terbesar, yaitu main engine dan generator dengan mengabaikan sumber kebisingan komponen lainnya dikarenakan komponen lainnya tidak terlalu sering dipakai pada saat pelayaran. Kemudian dilakukan redesign tata letak komponen menggunakan aplikasi AUTOCAD lalu memasukan data main engine dan generator ke aplikasi SURFER sehingga didapatkan data kebisingan yang akhirnya menghasilkan kontur map dari permodelan tata letak komponen tersebut. Pada permodelan tata letak komponen hanya bagian belakang saja yg di redesign karena space yang masih lebar serta dimensi dari generator yang bisa diubah-ubah perletakannya. Pada bagian main engine tidak memiliki space yang cukup luas serta keadaan main engine yang tidak memungkinkan untuk diubah tata letak nya.

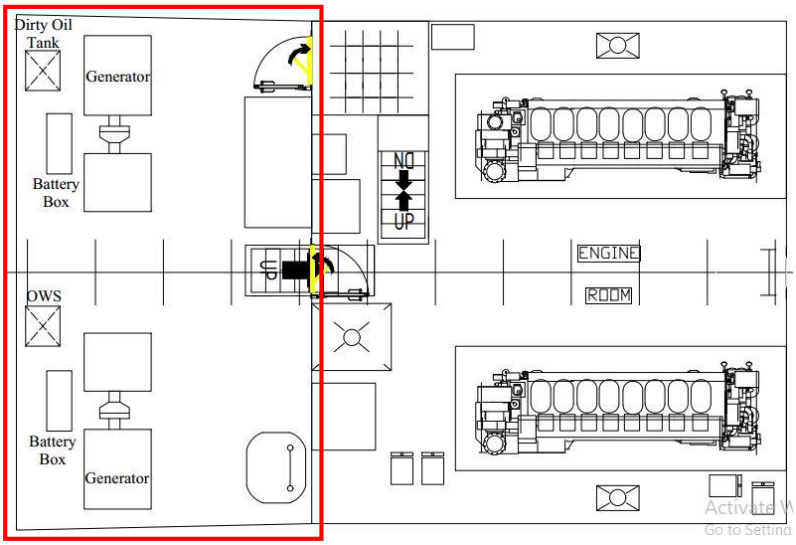


Gambar 3. 7 Bagian yang di Modifikasi

Permodelan yang direncanakan ada 2 macam, pertama menjauhkan posisi generator satu sama lain kemudia yang kedua mengubahan posisi generator menjadi vertikal sehingga posisi generator menjauhi main engine. Pada kamar mesin bagian yang di redesign adalah bagian belakang nya saja. Pada modifikasi I, dimulai dari generator sebelah kiri maupun kanan digeser 25 cm pada AUTOCAD dan pada kenyataan nya digeser 0,25 m dari tempat asli nya. Komponen lain seperti battery box, ows, dirty oil tank mengalami pergeseran serupa seperti pada generator. Pada modifikasi II, posisi generator berubah menjadi melintang. Posisi dari dirty oil tank tidak berubah seperti desain asli sementara posisi dari battery box mengalami perubahan melintang juga. Sementara ows dan battery box sebelah kanan memiliki posisi yang sama seperti pada bagian sebelah kiri dengan tujuan keseimbangan.



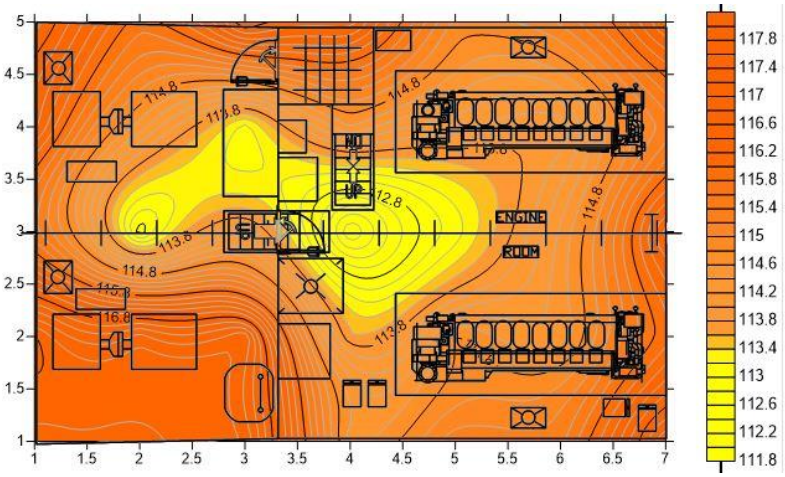
Gambar 3. 8 Modifikasi Tata Letak I



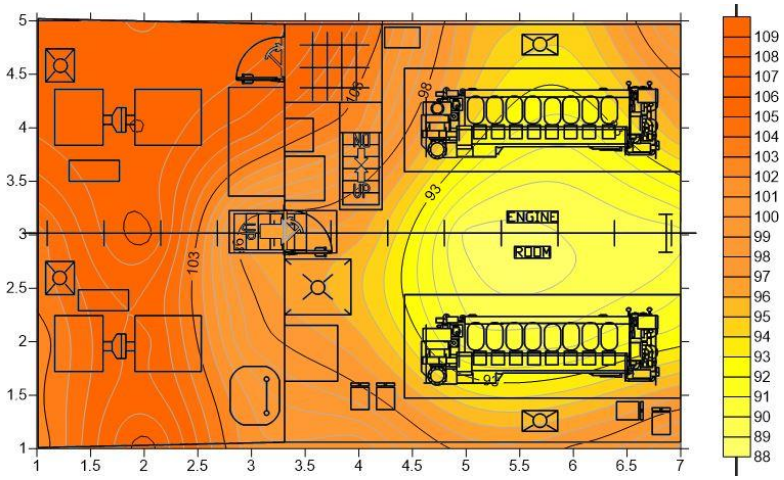
Gambar 3. 9 Modifikasi Tata Letak II

3.10 Pemetaan Kebisingan Akhir

Pemetaan kebisingan awal pada penelitian ini adalah dimana pemetaan tersebut dilakukan sebelum pemodelan modifikasi pada tata letak komponen. Jadi sebelum dilakukan permodelan beberapa opsi redesign tata letak komponen, 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 SURFER 13.



Gambar 3. 10 Pemetaan Kebisingan Kondisi ME ON & Generator ON



Gambar 3. 11 Pemetaan Kebisingan Kondisi ME OFF dan Generator ON

3.11 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 tata letak komponen dapat dilihat pada bab IV untuk analisa perbandingannya.

3.12 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 di kamar mesin karena sumber getaran tertinggi dan merekomendasikan tata letak komponen yang lebih effisien 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*.

3.13 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 ini 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 tata letak komponen yang terdapat pada ruang kamar mesin Kapal Natuna Express.

4.2 Keakuratan Data Pengukuran

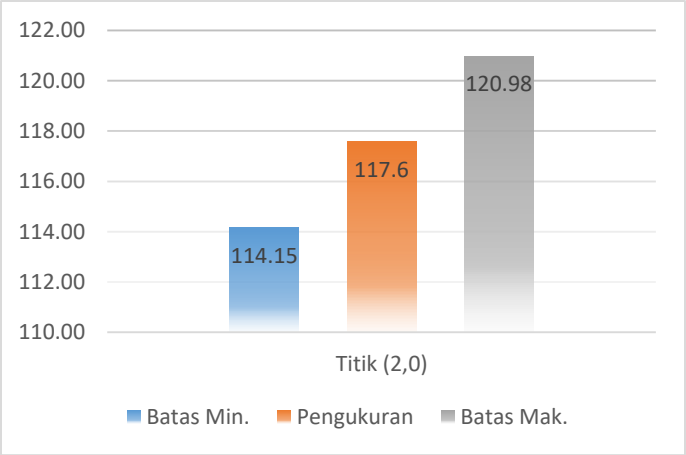
Hasil dari perhitungan secara manual untuk mencari keakuratan dalam pengukuran kebisingan di ruang kamar mesin kapal. Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari data keakuratan kebisingan, lalu menghasilkan grafik keakuratan data pengukuran kebisingan dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main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

Tabel 4. 1 Data Keakuratan Kebisingan Kondisi Main Engine ON & Generator ON

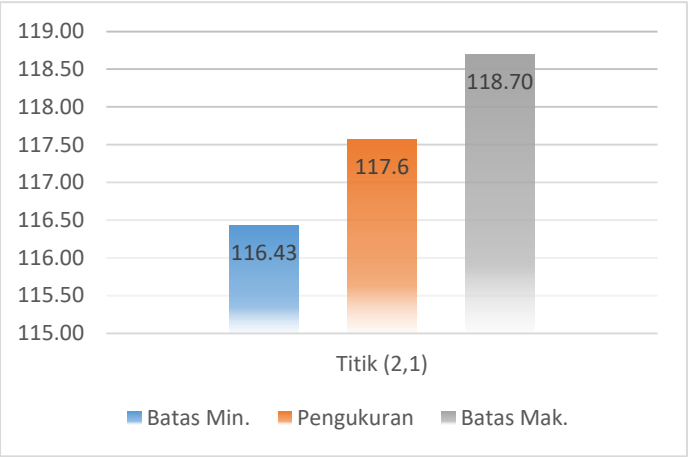
x	y	Tingkat Kebisingan			Rata (x)	Batas Min.	Batas Mak.	Ket.
		I	II	III				
0	0	117,7	117,4	117,4	117,5	116,98	118,02	√
	1	117,7	117,9	117,9	117,8	116,98	118,18	√
	2	115,7	115,6	115,1	115,5	114,50	116,43	√
	3	116,2	116,5	116,7	116,5	115,71	117,22	√
	4	117,5	116,6	117,2	117,1	116,98	118,47	√
1	0	117,2	117,7	117,5	117,5	116,71	118,22	√
	1	117,7	117,4	117,4	117,5	116,98	118,02	√
	2	113,2	112,6	112,2	112,7	111,16	114,18	√
	3	114,2	114,3	115,0	114,5	113,19	115,81	√
	4	115,6	116,2	115,2	115,7	114,16	117,18	√
2	0	116,3	117,9	118,5	117,6	114,15	120,98	√
	1	118,0	117,4	117,3	117,6	116,43	118,70	√
	2	114,5	114,1	113,8	114,1	113,08	115,19	√
	3	112,8	113,1	113,4	113,1	112,20	114,00	√
	4	118,3	116,0	116,7	117,0	113,46	120,54	√
3	0	115,0	113,5	115,0	114,5	111,90	117,10	√
	1	113,5	113,9	113,5	1136	112,94	114,33	√
	2	112,1	111,8	111,5	111,8	110,90	112,70	√
	3	113,9	114,9	115,0	114,6	112,78	116,42	√
	4	117,1	116,0	117,0	116,7	114,88	118,52	√

4	0	115,5	115,3	115,2	115,3	114,88	115,79	√
	1	114,2	115,3	115,0	114,8	113,13	116,54	√
	2	113,1	113,0	113,2	113,1	112,80	113,40	√
	3	114,1	114,2	114,0	114,1	113,80	114,40	√
	4	115,0	114,6	115,2	114,9	114,02	115,85	√
5	0	114,3	114,9	116,8	115,3	111,42	119,25	√
	1	114,3	114,5	114,5	114,4	114,09	114,78	√
	2	114,7	114,1	114,5	114,4	113,52	115,35	√
	3	114,1	113,7	113,8	113,9	113,24	114,49	√
	4	115,3	115,1	115,3	115,2	114,89	115,58	√
6	0	117,7	116,8	117,7	117,4	115,84	118,96	√
	1	115,6	116,4	115,7	115,9	114,59	117,21	√
	2	116,7	116,4	116,9	116,7	115,91	117,42	√
	3	115,3	115,5	115,0	115,3	114,51	116,02	√
	4	116,4	116,5	117,0	116,6	115,67	117,60	√

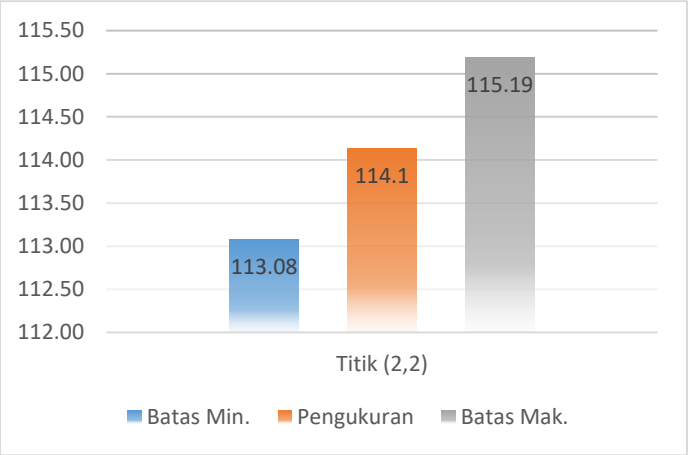
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine ON dan generator ON, apakah memenuhi standarnya ataukah tidak, maka dilakukan pembuatan grafik apakah rata-rata dari pengambilan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



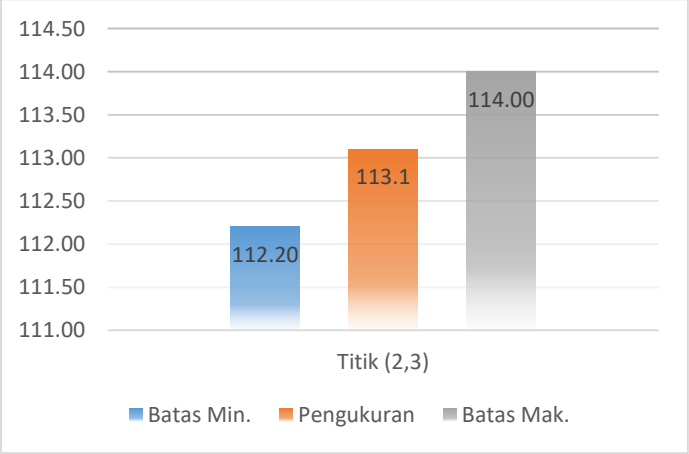
Grafik 4. 1 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,0)



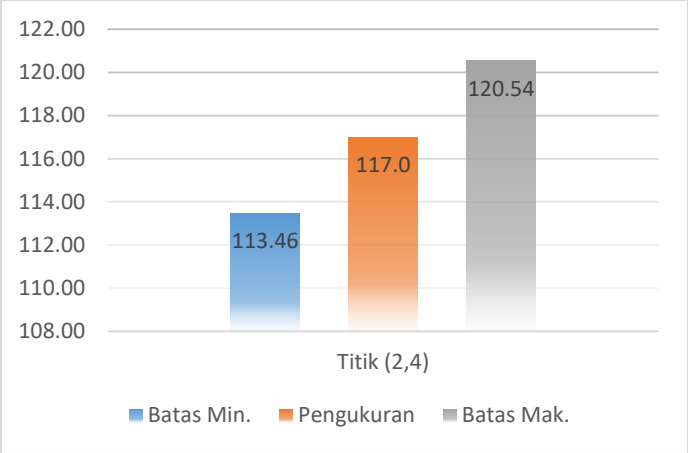
Grafik 4. 2 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,1)



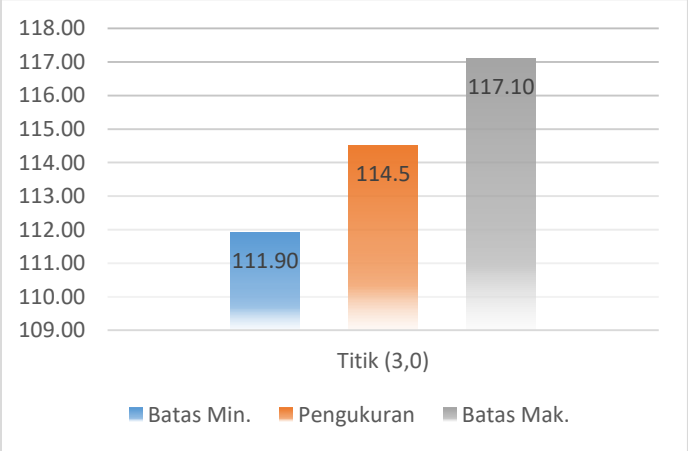
Grafik 4. 3 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,2)



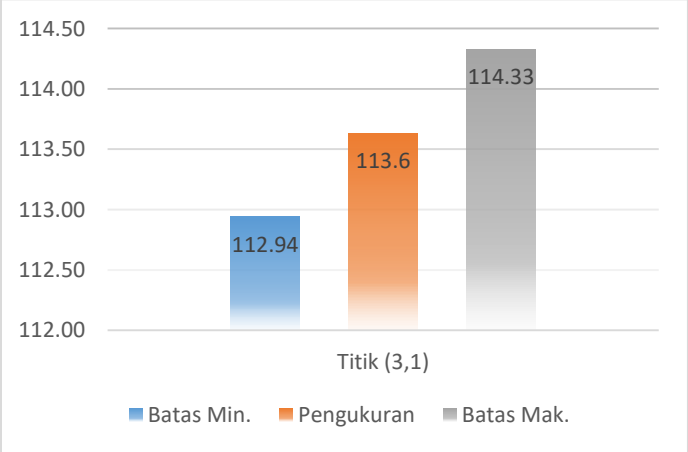
Grafik 4. 4 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,3)



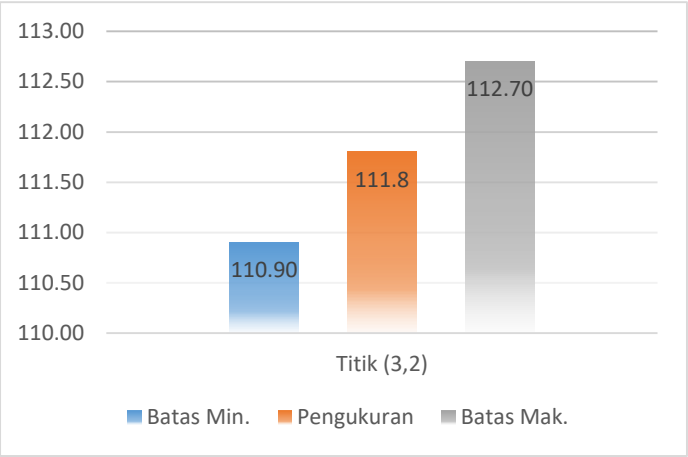
Grafik 4. 5 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,4)



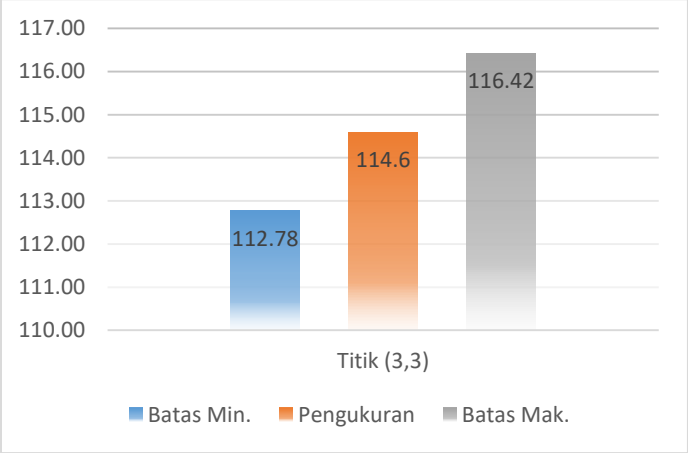
Grafik 4. 6 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,0)



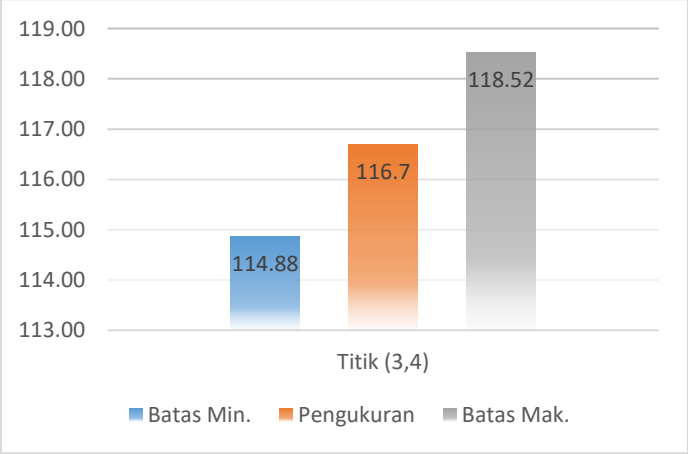
Grafik 4. 7 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,1)



Grafik 4. 8 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,2)



Grafik 4. 9 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,3)



Grafik 4. 10 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,4)

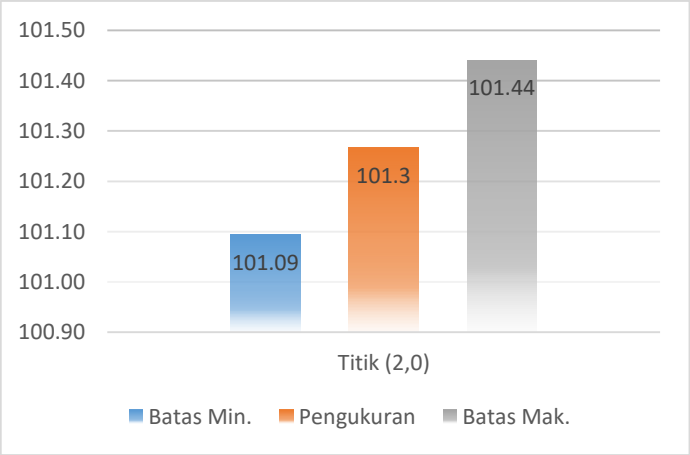
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine OFF dan generator ON, apakah memenuhi standarnya ataukah tidak, maka menghasilkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Data Keakuratan Kebisingan Kondisi Main Engine OFF & Generator ON

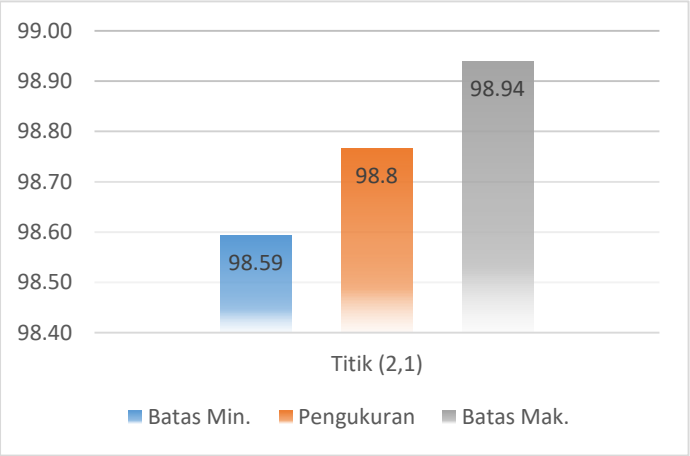
x	y	Tingkat Kebisingan			Rata (x)	Batas Min.	Batas Mak.	Ket.
		I	II	III				
0	0	102,1	102,2	102,3	102,2	101,90	102,50	√
	1	102,6	102,2	102,1	102,3	101,51	103,09	√
	2	103,3	103,6	103,6	103,5	102,98	104,02	√
	3	107,2	107,1	107,3	107,2	106,90	107,50	√
	4	107,1	107,7	106,9	107,2	105,98	108,48	√
1	0	106	110	110,2	108,7	101,63	115,84	√
	1	105	107	107	106,3	102,87	109,80	√
	2	108	108	110	108,7	105,20	112,13	√
	3	108,1	108,2	107,8	108,0	107,41	108,66	√
	4	107,2	106,7	106,5	106,8	105,72	107,88	√
2	0	101,2	101,3	101,3	101,3	101,09	101,44	√
	1	98,8	98,8	98,7	98,8	98,59	98,94	√
	2	94,2	94,1	100,1	96,1	85,83	106,44	√
	3	105,5	105,5	105,3	105,4	105,09	105,78	√
	4	108	107,8	107,7	107,8	105,72	107,88	√
3	0	101,7	101,6	102,1	101,8	101,01	102,59	√
	1	94,5	94,6	100,1	96,4	86,79	106,01	√
	2	94,2	94,6	100,1	96,3	86,41	106,19	√
	3	101,5	101,8	102,9	102,1	99,86	104,28	√
	4	104,8	105,1	104,8	104,9	104,38	105,42	√
4	0	97,6	97,7	97,5	97,6	97,30	97,90	√
	1	90,6	90,4	90,5	90,5	90,20	90,80	√
	2	88,8	88,5	88,8	88,7	88,18	89,22	√
	3	94,4	94,3	93,8	94,2	93,20	95,13	√
	4	96,5	96,2	96,4	96,4	95,91	96,82	√
5	0	98,6	97,8	98,3	98,2	97,02	99,45	√
	1	90,8	90,7	90,6	90,7	90,40	91,00	√
	2	89,1	89,2	89,1	89,1	88,96	89,31	√
	3	91,8	91,2	91,5	91,5	90,60	92,40	√
	4	95,3	94	94,2	94,5	92,40	96,60	√
6	0	101,4	101	101,6	101,3	100,42	102,25	√

	1	93	92,5	92,5	92,7	91,80	93,53	√
	2	89,7	89,6	89,7	89,7	89,49	89,84	√
	3	96,3	96,4	96	96,2	95,61	96,86	√
	4	100,7	101	101	100,9	100,38	101,42	√

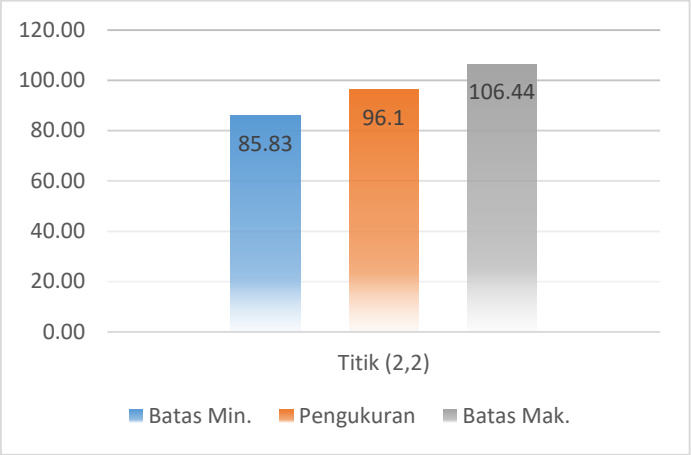
Setelah dilakukan perhitungan untuk mencari standar deviasi, lalu menghasilkan standar kebisingan pada pengukuran dilapangan dengan kondisi kapal dalam keadaan Main Engine OFF dan generator ON, apakah memenuhi standarnya ataukah tidak, maka dilakukan pembuatan grafik apakah rata-rata dari pengambilan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



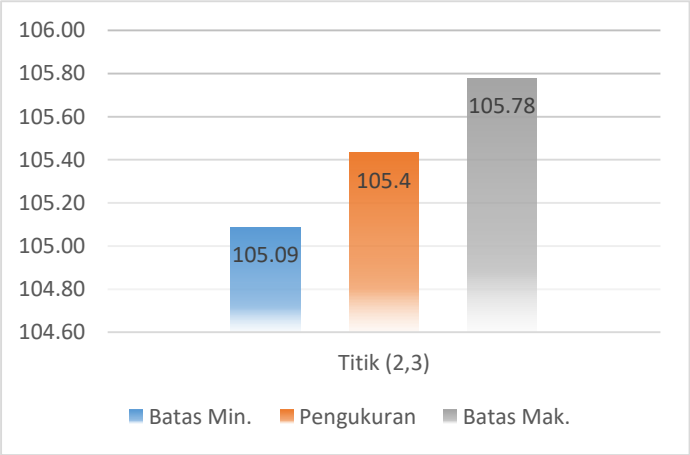
Grafik 4. 11 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,0)



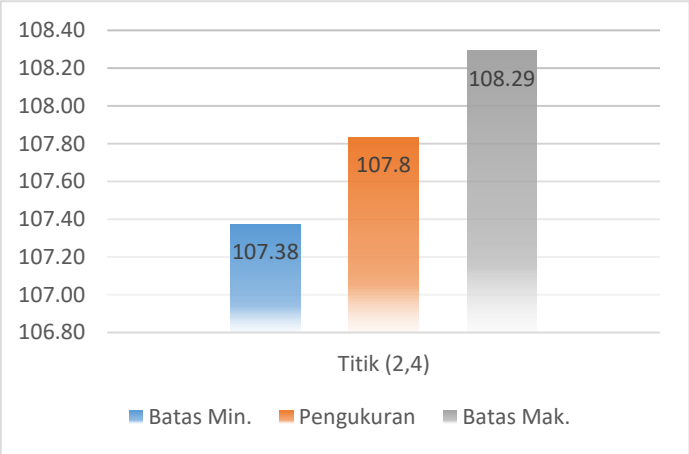
Grafik 4. 12 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,1)



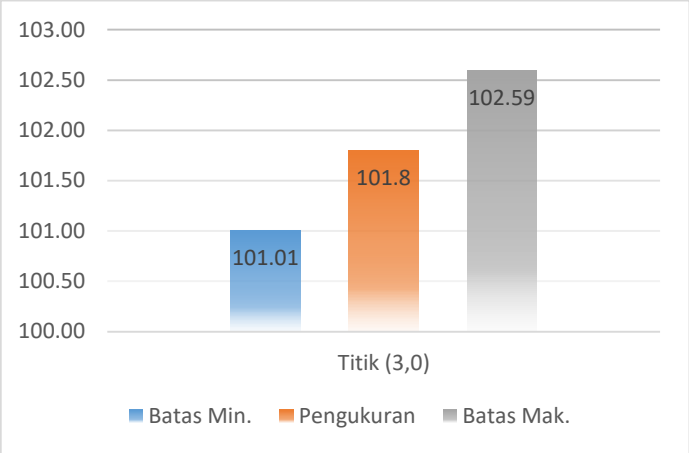
Grafik 4. 13 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,2)



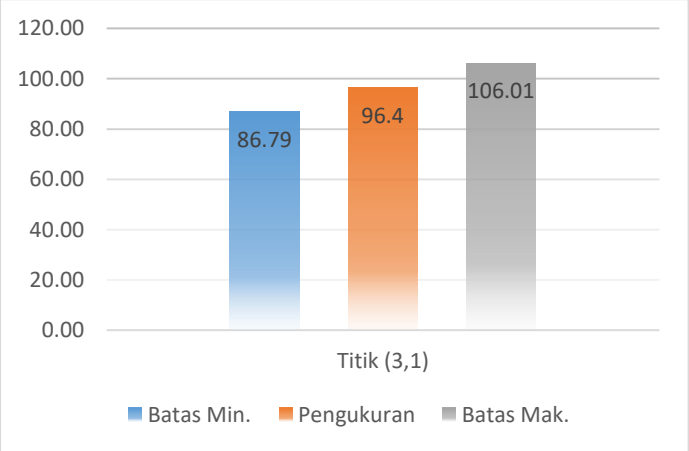
Grafik 4. 14 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,3)



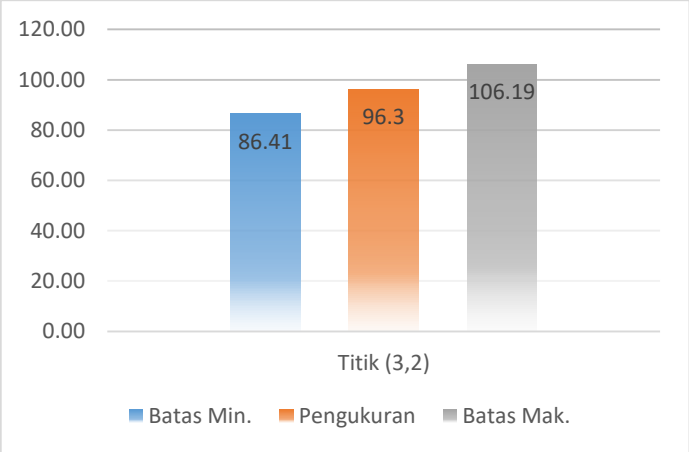
Grafik 4. 15 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (2,4)



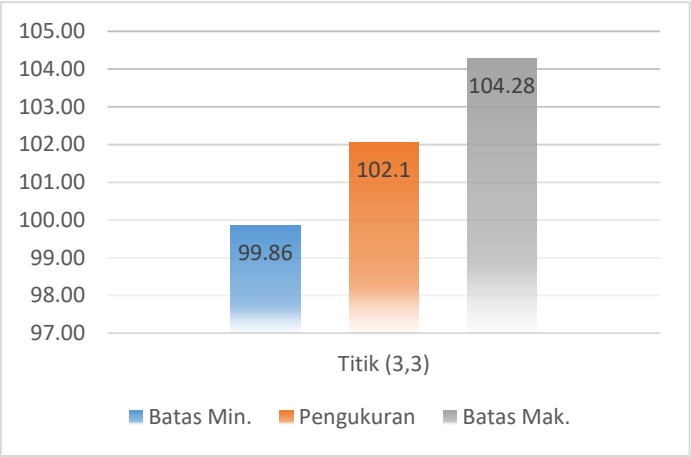
Grafik 4. 16 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,0)



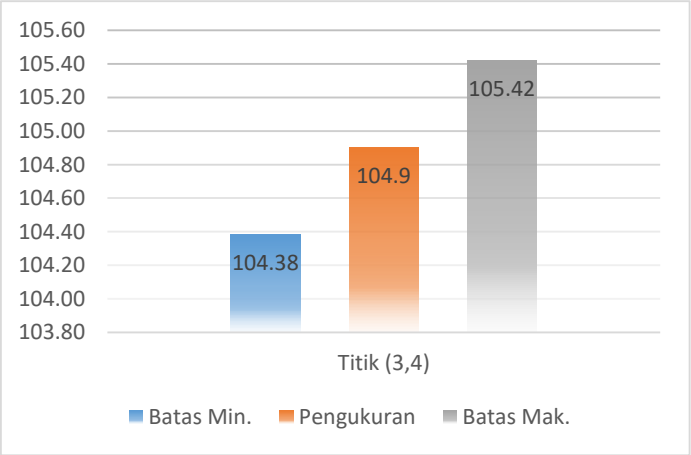
Grafik 4. 17 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,1)



Grafik 4. 18 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,2)



Grafik 4. 19 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,3)



Grafik 4. 20 Profil Keakuratan Kebisingan pada Titik (3,4)

4.3 Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Berdasarkan Klasifkasi 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 4.3.

Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar Internasional

	Hasil Pengukuran	Standar IMO	Standar LR	Standar ABS
M.E ON; Generator ON	115,4 dB	110 dB	110 dB	100 dB
ME OFF; Genrator ON	99,5 dB	110 dB	110 dB	100 dB

Menurut (Mirfak, 2019) Besarnya tingkat kebisingan yang terjadi di kamar mesin pada saat kondisi main engine ON dan generator ON melampaui Ambang Batas Kebisingan yang diizinkan oleh beberapa Klasifikasi Internasional dapat dikarenakan oleh beberapa faktor, diantaranya :

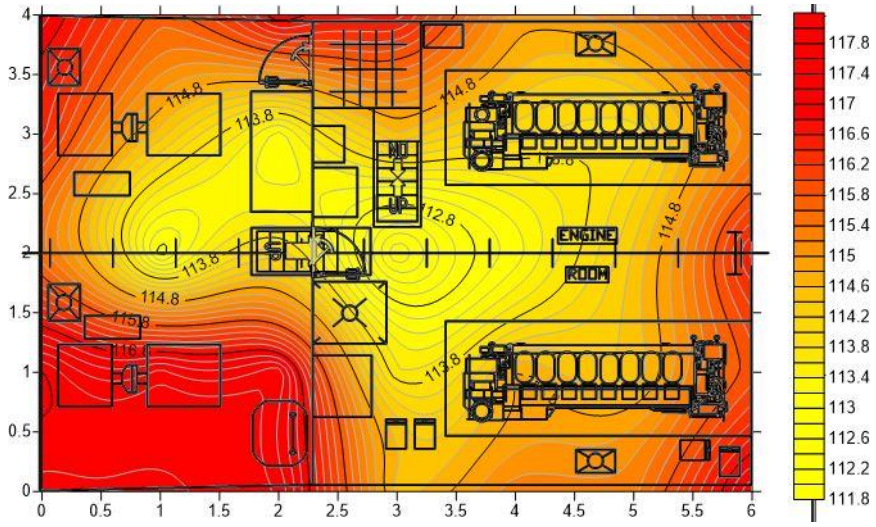
1. Ruang kamar mesin yang terbuka, sehingga membuat sumber suara tidak hanya berasal dari kamar mesin saja tetapi juga suara dari luar seperti kecepatan angin ataupun suara penumpang yang berada di passangers deck karena kondisi jendela dan pintu di kamar mesin yang terbuka.
2. Pada ruang kamar mesin, kebisingan yang berlebihan tersebut dapat terjadi karena kondisi peredaman yang sudah tidak layak.
3. Posisi komponen-komponen mesin yang berdekatan sehingga bunyi yang beresonansi menghasilkan kebisingan yang besar.

Sumber kebisingan beberapa komponen yang berada di kamar mesin kapal :

Sumber Kebisingan	Total	Power
Main Engine	2	680 kW
Generator	2	50 kW

4.4 Analisa Kontur Kebisingan di Kamar Mesin

Berikut adalah kontur kebisingan dengan kondisi Main Engine ON; Generator ON.



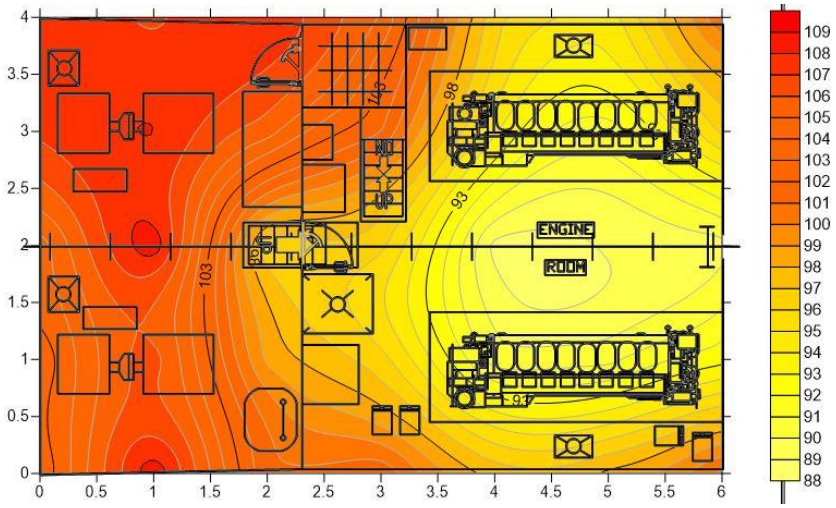
Gambar 4. 1 Kontur Kebisingan pada Kondisi Main Engine ON; Generator ON

Analisa kontur pada gambar 4.1 adalah sebagai berikut.

- Kondisi kapal pada gambar diatas yaitu main engine ON dan generator OFF dengan kecepatan putaran 110 RPM pada main engine sebelah kiri dan kecepatan putaran 145 RPM pada main engine sebelah kanan;
- Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM;

- Generator set yang menyala hanya 1 saja, yaitu generator sebelah kanan saja;
- Warna *orange* terang 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 adalah nilai kebisingan tersebut yang tertinggi diantara semua nilai kebisingan karena putaran yang tinggi dan bunyi yang dihasilkan juga sangat berisik;
- *Main Engine* memiliki warna *light orange* karena di kamar mesin tersebut memiliki kebisingan sekitar 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)=(6,2);
- 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;
- Pada *main engine* I dan *main engine* II memiliki penyebaran kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan rata;
- Pada kamar mesin dihitung dari koordinat (x,y)=(3,0) hingga (6,4) menggunakan perhitungan 3 sumber yaitu 2 ME ON dan 1 genset ON yang bernomor 1.

Berikut adalah kontur kebisingan dengan kondisi Main Engine OFF; Generator ON.



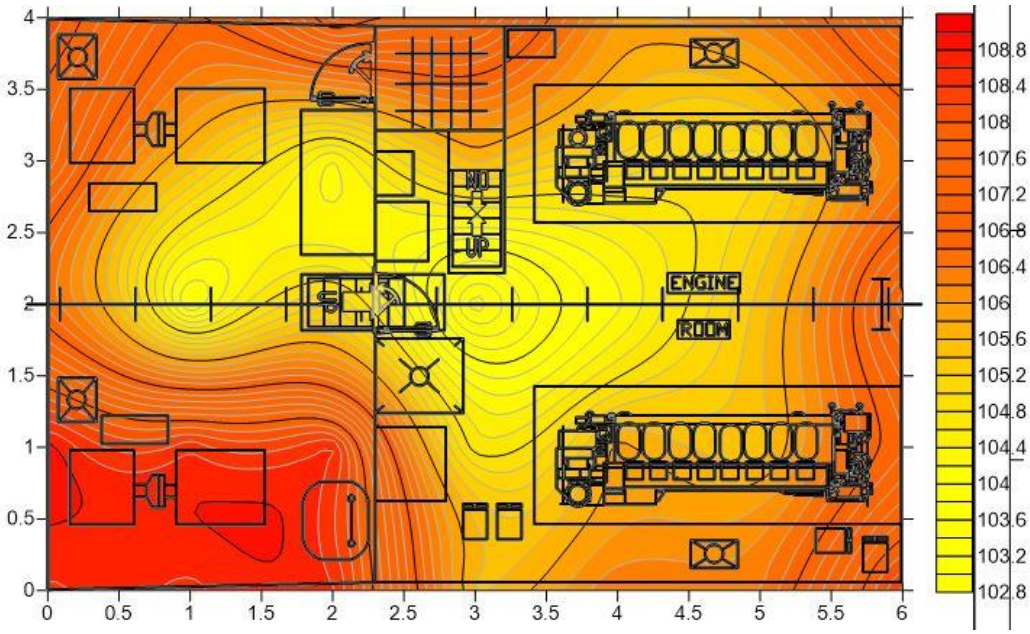
Gambar 4. 2 Kontur Kebisingan pada Kondisi Main Engine OFF; Generator ON

Analisa kontur pada gambar 4.2 adalah sebagai berikut.

- Kondisi kapal pada gambar diatas yaitu main engine ON dan generator OFF dengan kecepatan putaran 110 RPM pada main engine sebelah kiri dan kecepatan putaran 145 RPM pada main engine sebelah kanan;
- Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM;
- Generator set yang menyala hanya 1 saja, yaitu generator sebelah kanan saja;

- Warna *orange* terang 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 adalah 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)=(6,2) sehingga suara kebisingan hanya berasal dari suara genset sebalah kanan;
- Pada *main engine* I dan *main engine* II 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.

4.5 Analisa Kontur Kebisingan Modifikasi Tata Letak Komponen



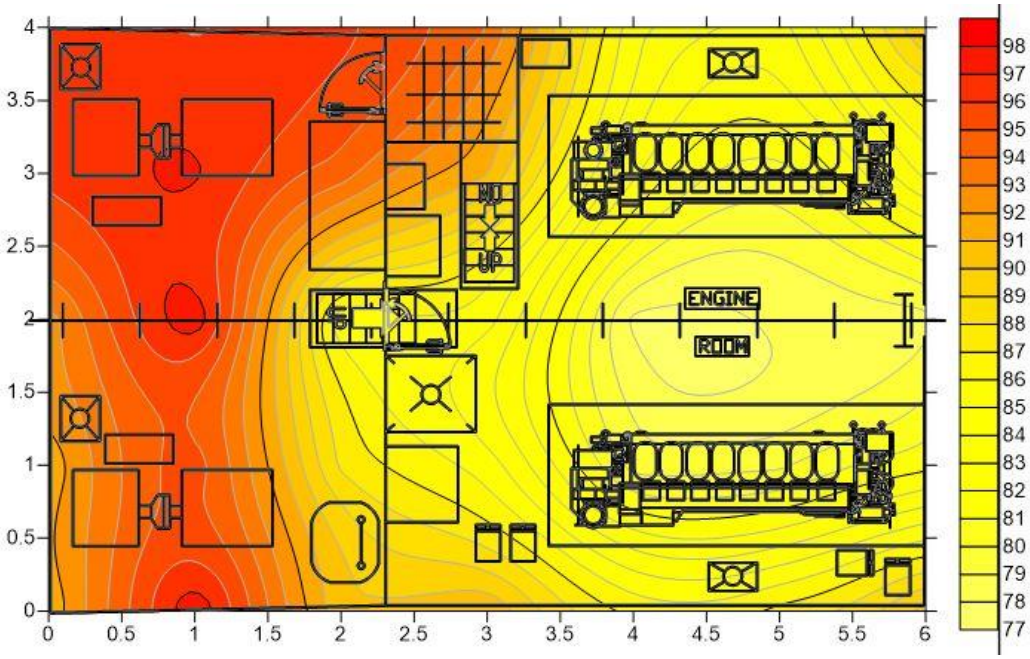
Gambar 4. 3 Kontur Map Modifikasi I (ME ON & Generator ON)

Tabel 4. 4 Kebisingan setelah Modifikasi I (ME ON & Gen. ON)

R (x,y)		*Noise Level* sebelum dimodifikasi	*Noise Level* setelah dimodifikasi
x	y		
0	0	117,5	108,6
	1	117,8	108,7
	2	115,5	106,5
	3	116,5	107,5
	4	117,1	108,1
1	0	117,5	108,5
	1	117,5	108,9
	2	112,7	103,7
	3	114,5	105,5
	4	115,7	106,7
2	0	117,6	108,6
	1	117,6	108,6
	2	114,1	105,2
	3	113,1	104,2
	4	117,0	108,0
3	0	114,5	105,6
	1	1136	104,7
	2	111,8	102,9
	3	114,6	105,7
	4	116,7	107,8
4	0	115,3	106,4
	1	114,8	105,9
	2	113,1	104,2
	3	114,1	105,2
	4	114,9	105,9
5	0	115,3	106,4
	1	114,4	105,5
	2	114,4	105,5
	3	113,9	104,9
	4	115,2	106,3
6	0	117,4	108,4
	1	115,9	106,9
	2	116,7	107,7
	3	115,3	106,3
	4	116,6	107,7

Analisa kontur pada gambar 4.3 adalah sebagai berikut.

- Kondisi kapal pada gambar diatas yaitu main engine ON dan generator ON dengan kecepatan putaran 110 RPM pada main engine sebelah kiri dan kecepatan putaran 145 RPM pada main engine sebelah kanan;
- Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM;
- Generator set yang menyala hanya 1 saja, yaitu generator sebelah kanan saja;
- Pada *main engine* I dan *main engine* II memiliki penyeberan kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan merata.
- Pada kamar mesin dari koordinat (x,y) = (3,0) hingga (6,4) menggunakan perhitungan 3 sumber, yaitu 2 *main engine* ON dan 1 *generator* ON.
- Warna merah ke oren-orenan terdapat pada sekitar genset kanan karena merupakan sumber bising tertinggi dengan nilai kebisingan sebesar 108,8 dB merupakan sumber kebisingan tertinggi sesuai analisa pada aplikasi;
- Main Engine memiliki warna oren kekuningan karena di kamar mesin tersebut memiliki range 102,8 – 108,4 dB setelah mengalami modifikasi tata letak pada bagian generator yang berjauhan;
- Pada koordinat (x,y)=(3,2) yang memiliki warna kuning dengan linkaran kecil merupakan sumber kebisingan terendah dengan nilai 102,8 dB;
- Setelah mengalami modifikasi tata letak komponen untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standar IMO dimana untuk noise limit 110 dB sedangkan pada aplikasi noise limit dibawah rata-rata sebesar 106,5 dB.



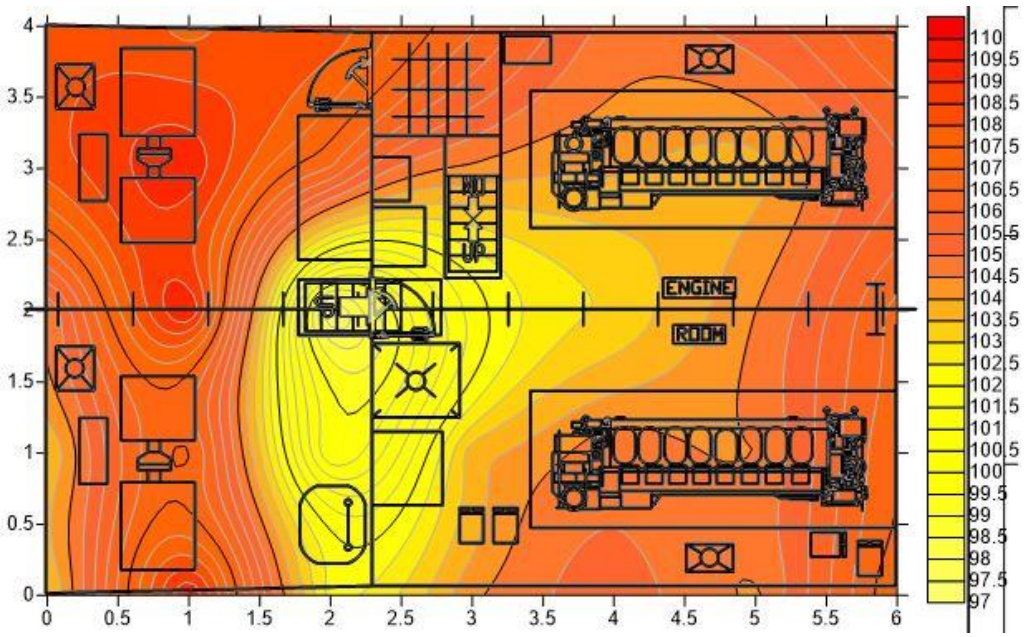
Gambar 4. 4 Kontur Map Modifikasi I (ME OFF & Generator ON)

Tabel 4. 5 Kebisingan setelah Modifikasi I (ME OFF & Gen. ON)

R (x,y)		*Noise Level* sebelum dimodifikasi	*Noise Level* setelah dimodifikasi
x	y		
0	0	102,2	91,3
	1	102,3	91,4
	2	103,5	92,6
	3	107,2	96,3
	4	107,2	96,3
1	0	108,7	97,0
	1	106,3	95,4
	2	108,7	97,2
	3	108,0	97,7
	4	106,8	95,9
2	0	101,3	90,3
	1	98,8	87,8
	2	96,1	85,2
	3	105,4	94,5
	4	107,8	96,2
3	0	101,8	90,9
	1	96,4	85,5
	2	96,3	85,4
	3	102,1	91,1
	4	104,9	94,0
4	0	97,6	86,7
	1	90,5	79,6
	2	88,7	77,8
	3	94,2	83,2
	4	96,4	85,4
5	0	98,2	87,3
	1	90,7	79,8
	2	89,1	78,2
	3	91,5	80,6
	4	94,5	83,6
6	0	101,3	90,4
	1	92,7	81,7
	2	89,7	78,7
	3	96,2	85,3
	4	100,9	90,0

Analisa kontur pada gambar 4.4 adalah sebagai berikut.

- Kondisi kapal pada gambar diatas yaitu main engine ON dan generator OFF dengan kecepatan putaran 110 RPM pada main engine sebelah kiri dan kecepatan putaran 145 RPM pada main engine sebelah kanan;
- Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM;
- Generator set yang menyala hanya 1 saja, yaitu generator sebelah kiri saja;
- Pada *main engine* I dan *main engine* II memiliki penyeberan kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan merata.
- Pada kamar mesin dari koordinat (x,y) = (0,2) hingga (4,2) menggunakan perhitungan 1 sumber, yaitu 1 *generator* ON sebelah kiri saja;
- Warna merah ke oren-orenan terdapat pada sekitar genset kiri karena merupakan sumber bising tertinggi dengan nilai kebisingan sebesar 97,7 dB merupakan sumber kebisingan tertinggi sesuai analisa pada aplikasi;
- Sekitaran *main engine* memiliki warna dominasi kuning karena kondisi main engine tersebut OFF serta memiliki range 77,8 – 96,2 dB;
- Pada koordinat (x,y)=(5,2) yang memiliki warna kuning dengan linkaran kecil merupakan sumber kebisingan terendah dengan nilai 77,8 dB;
- Setelah mengalami modifikasi tata letak komponen untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standar IMO dimana untuk noise limit 110 dB sedangkan pada aplikasi noise limit dibawah rata-rata sebesar 88,5 dB.



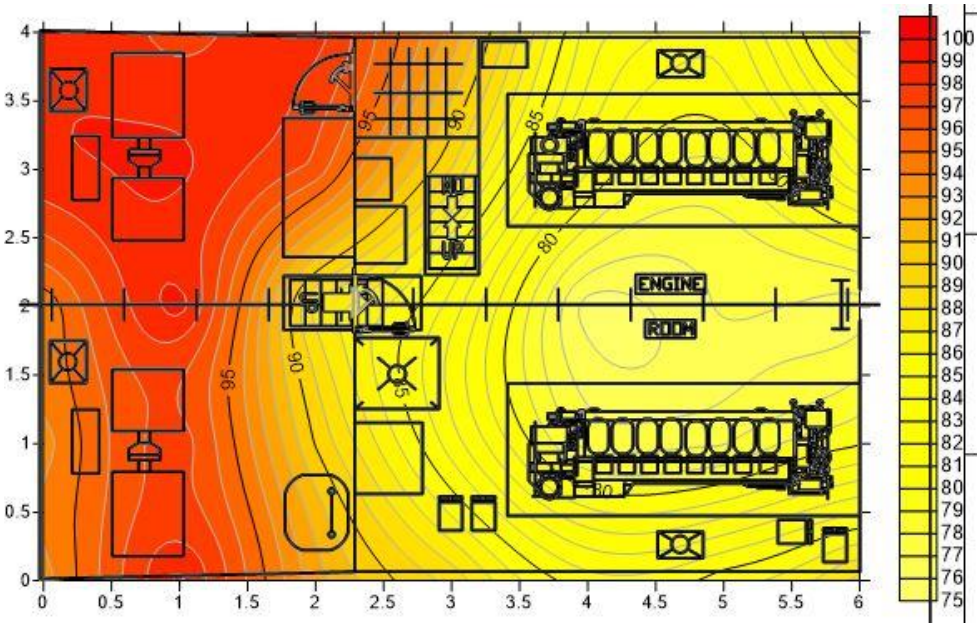
Gambar 4. 5 Kontur Map Modifikasi II (ME ON & Generator ON)

Tabel 4. 6 Kebisingan setelah Modifikasi II (ME ON & Gen. ON)

R (x,y)		*Noise Level* sebelum dimodifikasi	*Noise Level* setelah dimodifikasi
x	y		
0	0	117,5	103,4
	1	117,8	103,5
	2	115,5	104,5
	3	116,5	108,2
	4	117,1	108,2
1	0	117,5	109,1
	1	117,5	107,1
	2	112,7	109,4
	3	114,5	109,6
	4	115,7	107,8
2	0	117,6	102,3
	1	117,6	99,5
	2	114,1	97,4
	3	113,1	106,5
	4	117,0	108,3
3	0	114,5	104,4
	1	1136	103,8
	2	111,8	101,7
	3	114,6	104,4
	4	116,7	106,6
4	0	115,3	105,3
	1	114,8	104,9
	2	113,1	103,5
	3	114,1	104,1
	4	114,9	104,8
5	0	115,3	104,4
	1	114,4	104,5
	2	114,4	104,5
	3	113,9	103,8
	4	115,2	105,3
6	0	117,4	107,5
	1	115,9	107,0
	2	116,7	106,7
	3	115,3	105,4
	4	116,6	106,7

Analisa kontur pada gambar 4.5 adalah sebagai berikut.

- Kondisi kapal pada gambar diatas yaitu main engine ON dan generator OFF dengan kecepatan putaran 110 RPM pada main engine sebelah kiri dan kecepatan putaran 145 RPM pada main engine sebelah kanan;
- Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM;
- Generator set yang menyala hanya 1 saja, yaitu generator sebelah kiri saja;
- Pada *main engine* I dan *main engine* II memiliki penyeberan kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan merata.
- Pada kamar mesin dari koordinat (x,y) = (3,0) hingga (6,4) menggunakan perhitungan 3 sumber, yaitu 2 *main engine* ON dan 1 *generator* ON.
- Warna merah ke oren-orenan terdapat pada sekitar genset kiri karena merupakan sumber bising tertinggi dengan nilai kebisingan sebesar 109,6 dB merupakan sumber kebisingan tertinggi sesuai analisa pada aplikasi;
- Sekitaran *main engine* memiliki warna oren karena di kamar mesin tersebut memiliki range 101,7 – 108,3 dB setelah mengalami modifikasi tata letak pada bagian generator yang dibuat melintang;
- Pada koordinat (x,y)=(2,2) yang memiliki warna kuning dengan linkaran kecil merupakan sumber kebisingan terendah dengan nilai 97,4 dB;
- Pada warna kuning yang menjalar kesebelah kanan merupakan akibat posisi generator sebelah kanan yang vertikal dan dalam keadaan OFF sehingga membuat kebisingan menurun;
- Setelah mengalami modifikasi tata letak komponen untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standar IMO dimana untuk noise limit 110 dB sedangkan pada aplikasi noise limit dibawah rata-rata sebesar 105,2 dB.



Gambar 4. 6 Kontur Map Modifikasi II (ME OFF & Generator ON)

Tabel 4. 7 Kebisingan setelah Modifikasi I (ME OFF & Gen. ON)

R (x,y)		*Noise Level* sebelum dimodifikasi	*Noise Level* setelah dimodifikasi
x	y		
0	0	102,2	93,6
	1	102,3	93,6
	2	103,5	94,2
	3	107,2	98,8
	4	107,2	98,9
1	0	108,7	99,2
	1	106,3	97,5
	2	108,7	99,1
	3	108,0	99,5
	4	106,8	97,5
2	0	101,3	92,4
	1	98,8	89,9
	2	96,1	87,5
	3	105,4	86,7
	4	107,8	98,4
3	0	101,8	88,7
	1	96,4	83,5
	2	96,3	83,6
	3	102,1	89,0
	4	104,9	92,7
4	0	97,6	84,4
	1	90,5	77,6
	2	88,7	75,5
	3	94,2	81,1
	4	96,4	83,6
5	0	98,2	85,6
	1	90,7	77,9
	2	89,1	77,2
	3	91,5	78,7
	4	94,5	81,3
6	0	101,3	88,4
	1	92,7	79,9
	2	89,7	76,5
	3	96,2	83,4
	4	100,9	88,0

Analisa kontur pada gambar 4.6 adalah sebagai berikut.

- Kondisi kapal pada gambar diatas yaitu main engine ON dan generator OFF dengan kecepatan putaran 110 RPM pada main engine sebelah kiri dan kecepatan putaran 145 RPM pada main engine sebelah kanan;
- Kondisi awal putaran dengan kecepatan penuh pada Main Engine 1 yaitu : 1160 RPM dan Main Engine 2 yaitu : 1200 RPM;
- Generator set yang menyala hanya 1 saja, yaitu generator sebelah kiri saja;
- Pada *main engine* I dan *main engine* II memiliki penyeberan kebisingan melingkar karena diasumsikan bahwa penyebaran kebisingan merata.
- Pada kamar mesin dari koordinat (x,y) = (0,2) hingga (2,4) menggunakan perhitungan 1 sumber, yaitu 1 *generator* ON sebelah kiri saja;
- Warna merah ke oren-orenan terdapat pada sekitar genset kiri karena merupakan sumber bising tertinggi dengan nilai kebisingan sebesar 99,5 dB merupakan sumber kebisingan tertinggi sesuai analisa pada aplikasi;
- Sekitaran *main engine* memiliki warna dominasi kuning karena kondisi main engine tersebut OFF serta memiliki range 75,5 – 98,4 dB;
- Pada koordinat (x,y)=(4,2) yang memiliki warna kuning dengan lingkaran kecil merupakan sumber kebisingan terendah dengan nilai 75,5 dB;
- Setelah mengalami modifikasi tata letak komponen untuk keseluruhan kebisingan pada kamar mesin sesuai dengan standar IMO dimana untuk noise limit 110 dB sedangkan pada aplikasi noise limit dibawah rata-rata sebesar 88,3 dB.

4.6 Perbandingan Kebisingan Sebelum dan Sesudah Modifikasi Tata Letak Komponen

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 2.3 Untuk perbandingan kontur pemetaan kebisingan bisa dilihat pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.6 sedangkan untuk perbandingan kebisingan sebelum dan sesudah di modifikasi bisa dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Perbandingan hasil kebisingan sebelum dan sesudah modifikasi

Titik Pengukuran	Kondisi	Kamar Mesin	Modifikasi I	Modifikasi II
Kamar Mesin	ME ON Generator ON	Max : 117,8 dB Min : 112,7 dB Hasil : 115,4 dB	Max : 107,7 dB Min : 105,3 dB Hasil : 106,5 dB	Max : 107 dB Min : 103,4 dB Hasil : 105,2 dB
	ME OFF Generator ON	Max : 108,7 dB Min : 89,2 dB Hasil : 99,5 dB	Max : 90,4 dB Min : 86,6 dB Hasil : 88,6 dB	Max : 90,2 dB Min : 86,5 dB Hasil : 88,4 dB

Berdasarkan perbandingan kebisingan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Setelah melakukan pengukuran kebisingan diperoleh bahwa kondisi kamar mesin saat *main engine* ON dan *generator* ON adalah sebesar 115,4 dB dengan batas

maksimal 117,8 dB dan batas minimal 112,7 dB. Sementara itu, hasil dari pengukuran kebisingan dengan kondisi saat *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 99,5 dB dengan batas maksimal 108,7 dB dan batas minimal sebesar 89,2 dB. Hasil dari pengukuran kebisingan pada saat kondisi *main engine* ON dan *generator* ON melebihi dari nilai ambang batas yang sudah ditetapkan oleh standar internasional maupun *class*, yaitu sebesar 110 dB.

2. Pada modifikasi I dengan kondisi kamar mesin saat *main engine* ON dan *generator* ON adalah sebesar 106,5 dB dan mengalami penurunan kebisingan sebesar 8,9 dB dengan batas maksimal 107,7 dB dan batas minimal 105,3 dB. Sementara itu pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 88,6 dB dan mengalami penurunan sebesar 10,9 dB dengan batas maksimal 108,7 dB dan batas minimal sebesar 89,2 dB. Hasil dari pengukuran kebisingan sudah sesuai dengan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh standar internasional maupun *class*, yaitu sebesar 110 dB.
3. Pada modifikasi II dengan kondisi kamar mesin saat *main engine* ON dan *generator* ON adalah sebesar 105,2 dB dan mengalami penurunan kebisingan sebesar 10,2 dB dengan batas maksimal 107 dB dan batas minimal 103,4 dB. Sementara itu pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 88,4 dB dan mengalami penurunan sebesar 11,1 dB dengan batas maksimal 90,2 dB dan batas minimal sebesar 86,5 dB.
4. Aplikasi SURFER 13 ini memiliki kelebihan, yaitu dalam menjalankan programnya sangat mudah, mudah dimegerti oleh pembaca hasil kontur nya, dan tidak memerlukan rumus-rumus dalam menjalankan aplikasinya. Kekurangan dari aplikasi ini adalah tidak dapat memasukan faktor lain yg mempengaruhi kebisingan itu sendiri.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.Kesimpulan

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

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 dan *generator* ON memiliki rata-rata kebisingan sebesar 115,4 dB ketika berlayar dan ketika kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON ketika berlabuh memiliki rata-rata kebisingan sebesar 99,5 dB. Berdasarkan standar internasional untuk kebisingan pada kamar mesin 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 kebisingannya dibawah standar yang telah ditentukan.
2. Setelah melakukan modifikasi pada tata letak pada kamar mesin didapatkan 2 opsi modifikasi pada kamar mesin kapal Natuna Express. Pada modifikasi I dilakukan pergeseran pada generator sebelah kiri dan kanan sejauh 0,25 m ke arah dinding sejauh 25 cm pada gambar hal tersebut bertujuan untuk memberikan jarak antar generator sehingga mengurangi benturan suara yang menyebabkan kebisingan total. Pada modifikasi II dilakukan berubahan tata letak generator menjadi melintang sehingga terlihat digambar terdapat jarak yang lebar antara generator dan main engine. Hal tersebut dapat mereduksi kebisingan itu sendiri karena tidak beresonansi dengan kuat antara generator dan main engine yang memiliki sumber kebisingan terbesar.
3. Pada hasil mapping ulang dari kebisingan di kamar mesin sebelum dan sesudah dimodifikasi sangat terlihat berbeda. Sebelum dimodifikasi pada kondisi *main engine* ON dan *generator* ON adalah sebesar 115,4 dB dan pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON sebesar 99,5 dB. Setelah dimodifikasi, pada modifikasi I dengan kondisi *main engine* ON dan *generator* OFF kebisingan sebesar 106,5 dB dan mengalami penurunan kebisingan sebesar 8,9 dB. Sementara itu pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 88,6 dB dan mengalami penurunan sebesar 10,9 dB. Pada Modifikasi II dengan kondisi *main engine* ON dan *generator* OFF kebisingan sebesar 105,2 dB dan mengalami penurunan kebisingan sebesar 10,2 dB. Sementara itu pada saat kondisi *main engine* OFF dan *generator* ON adalah sebesar 88,4 dB dan mengalami penurunan sebesar 11,1 dB. Hasil dari pengukuran kebisingan sudah sesuai dengan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh standar internasional maupun *class*, yaitu sebesar 110 dB.

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. Permodelan tata letak kamar mesin yang lebih baik serta efesien agar dapat menghasilkan nilai kebisingan yang lebih tepat sesuai dengan standar internasional ataupun *class*.
2. Penggunaan *software* yang lebih baik untuk kontur dalam bidang 3 dimensi ataupun yang analisa kebisingan yang lebih akurat seperti software ACTRAN, AMS EMERSON ataupun software pendukung lainnya agar terlihat lebih jelas penyebaran kebisingan dari kamar mesin hingga ruang akomodasi.
3. 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.

"Halaman Sengaja Dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

.J Smith et al. 1996. ***Acoustics and Noise Control 2nd Edition***. London: Longman Group UK.

A.P. Peterson. 9th Edition. ***Handbook of Noise Measurements***. General Radion

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

Kristiawan, Didik. (1999). ***Analisa Kebisingan sistem Ventilasi Kamar Mesin KR. Baruna Jaya VII.*** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Arif, Syaiful. (2004). ***Analisis Getaran dan Kebisingan Pada Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Jelantah Ethyl Ester.*** 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

Wibowo, Rindianti. (2014). ***Analisa Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Pada Kapal KMP. Muria.*** Semarang: Universitas Diponegoro.

Susanti, Haryono, Jenny Rosha (2015). ***Desain Crew Room pada Kapal S-22 Utility Vessel untuk Mengoptimalkan Kenyamanan terhadap Kebisingan di PT.Orella Shipyard.*** Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

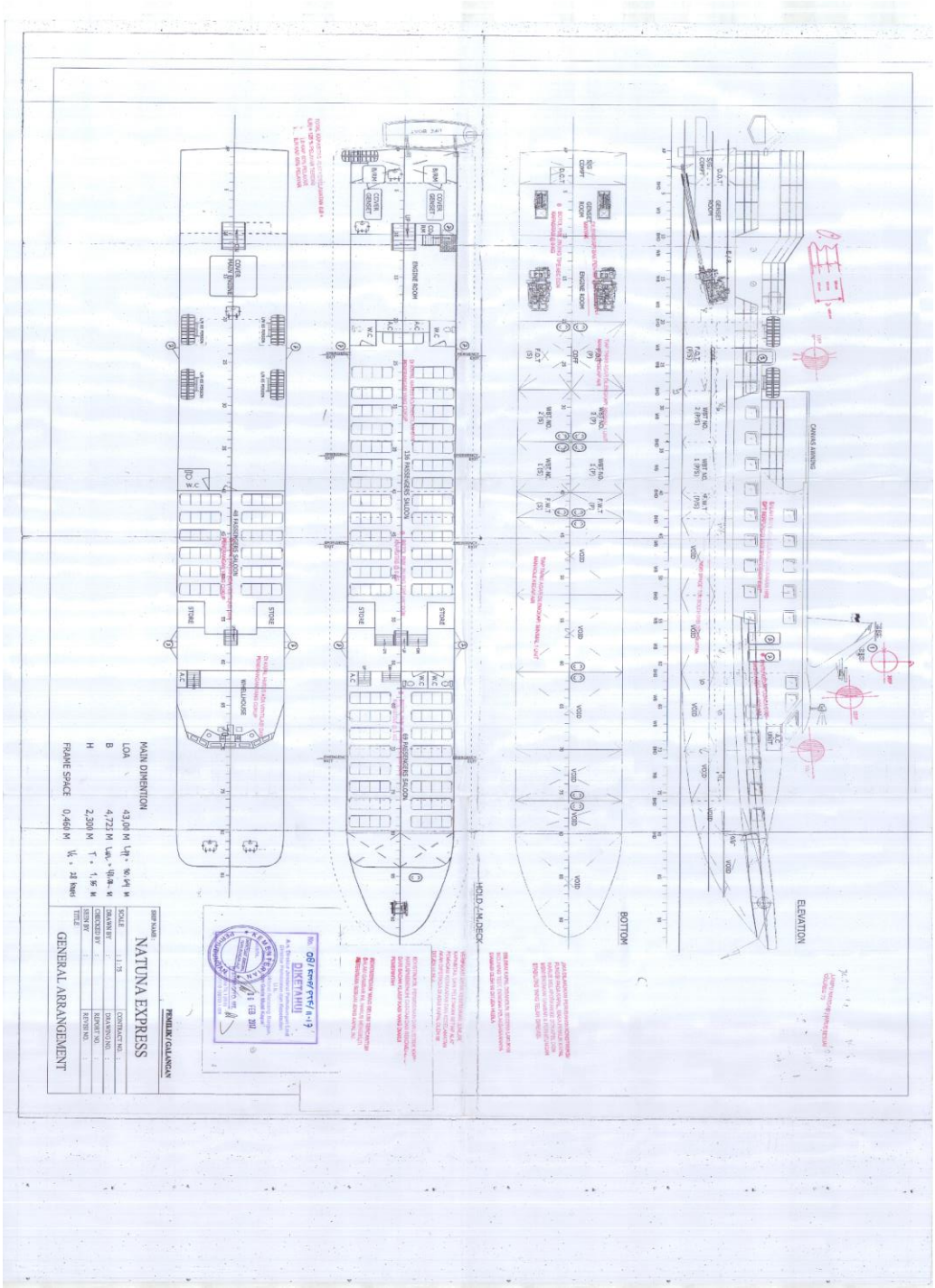
Setyawan, Odio. (2015). ***Analisa Estimasi Tingkat Kebisingan di Kamar Mesin dan Ruang Akomodasi pada Kapal Riset dengan Penggerak Motor Listrik.*** Semarang : Universitas Diponegoro.

Gadung, Gabriel Yusian. (2017). ***Analisis tingkat kebisingan pada kamar mesin dan ruang akomodasi kapal Ro-Ro penyebrangan Ketapang – Gilimanuk.*** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

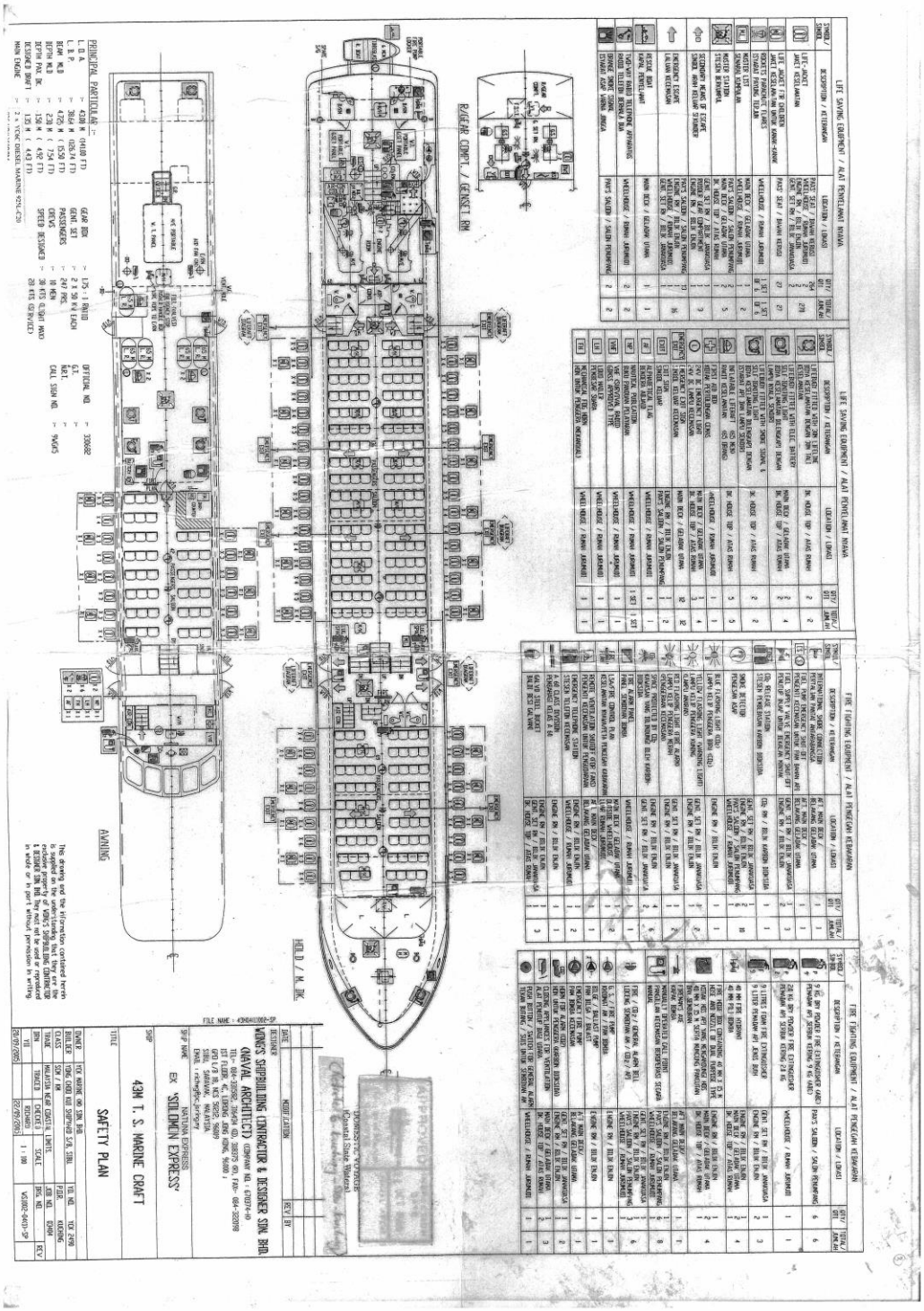
Navyazka, Mirfak Yunan. (2019). ***Penurunan Kebisingan di Kamar Mesin Kapal dengan Optimalisasi Muffler pada Sumber Bunyi.*** Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

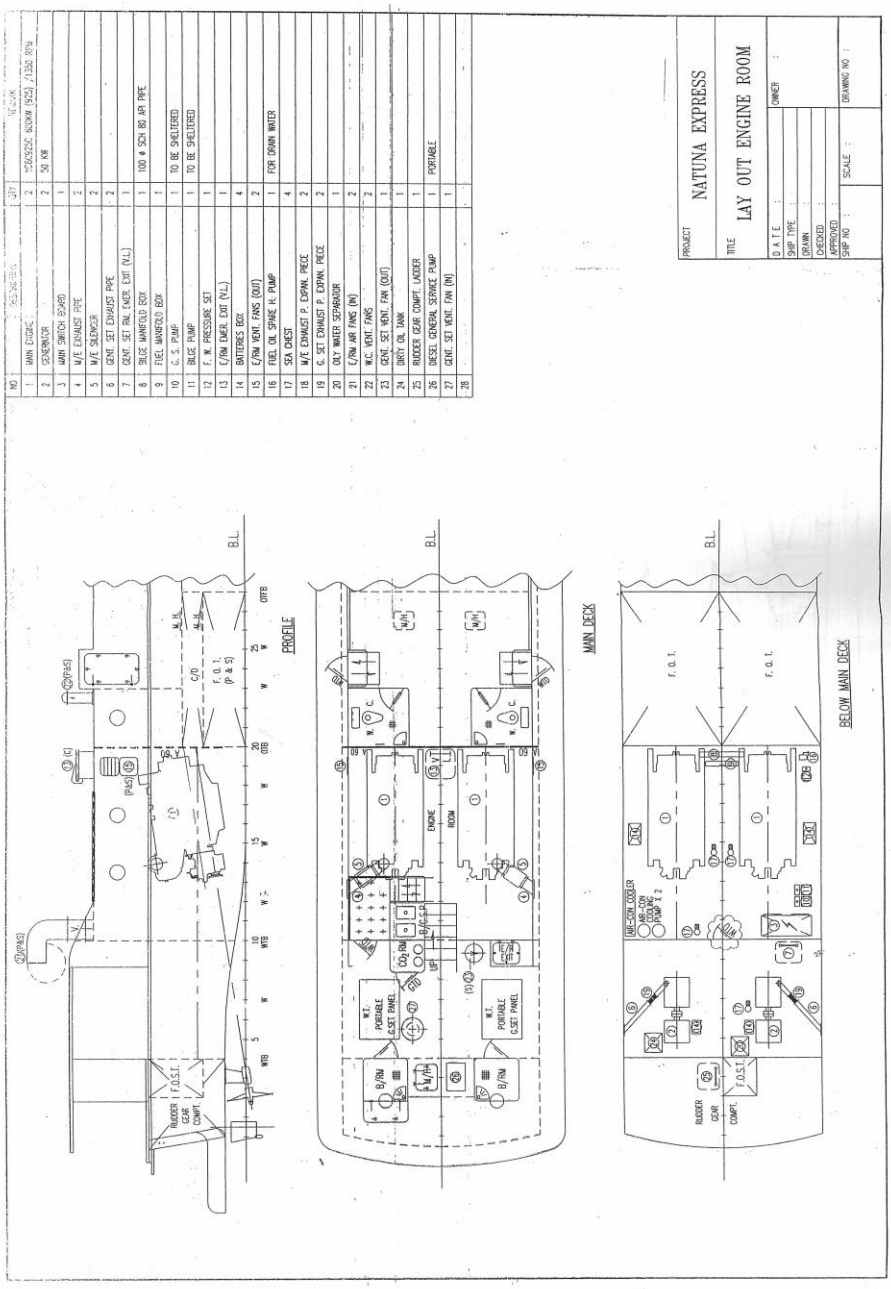
LAMPIRAN A
General Arrangement Natuna Express



LAMPIRAN B
Safety Plan Natuna Express

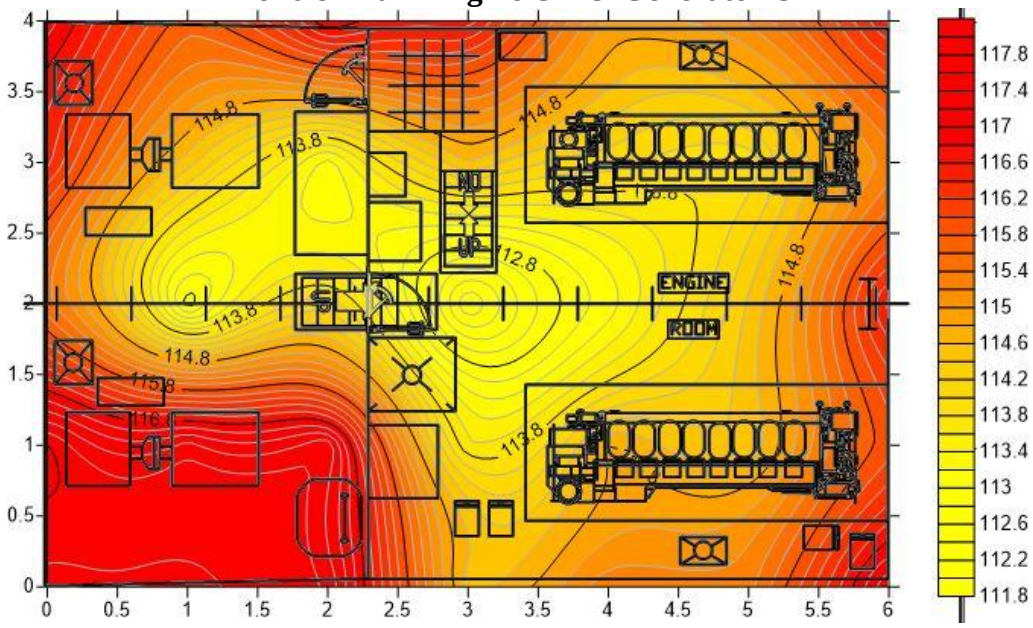


LAMPIRAN C
Layout Engine Room Natuna Express

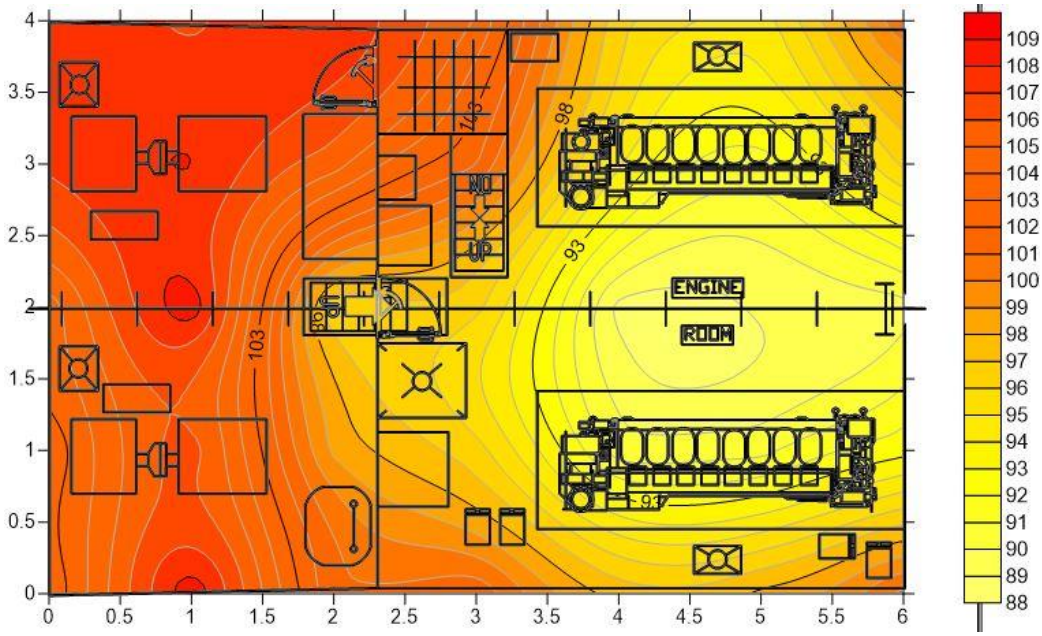


LAMPIRAN D
Kontur Kebisingan di Kamar Mesin

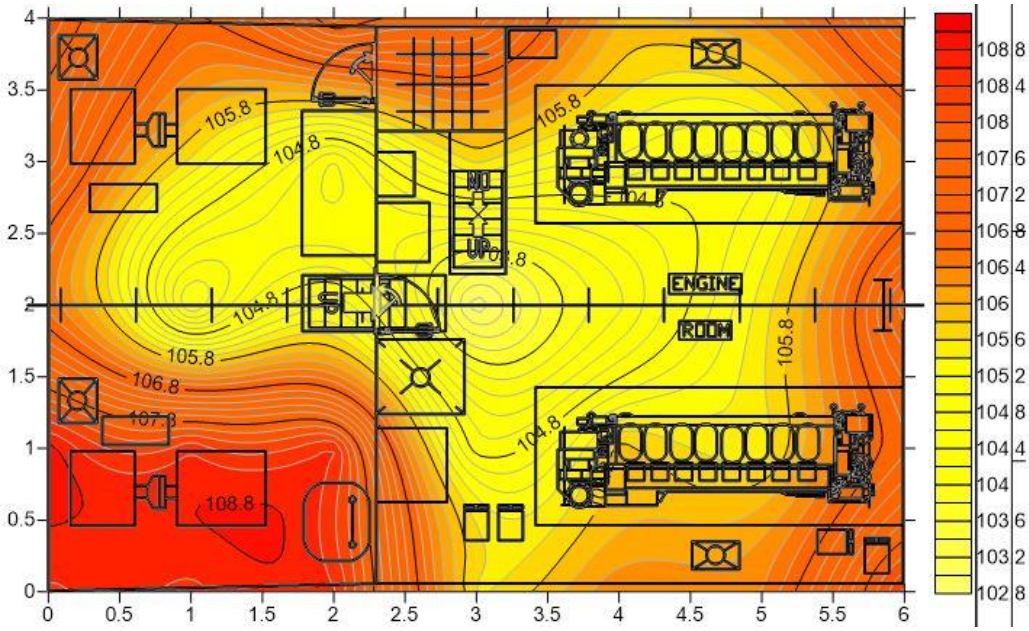
Kondisi Main Engine ON & Generator ON



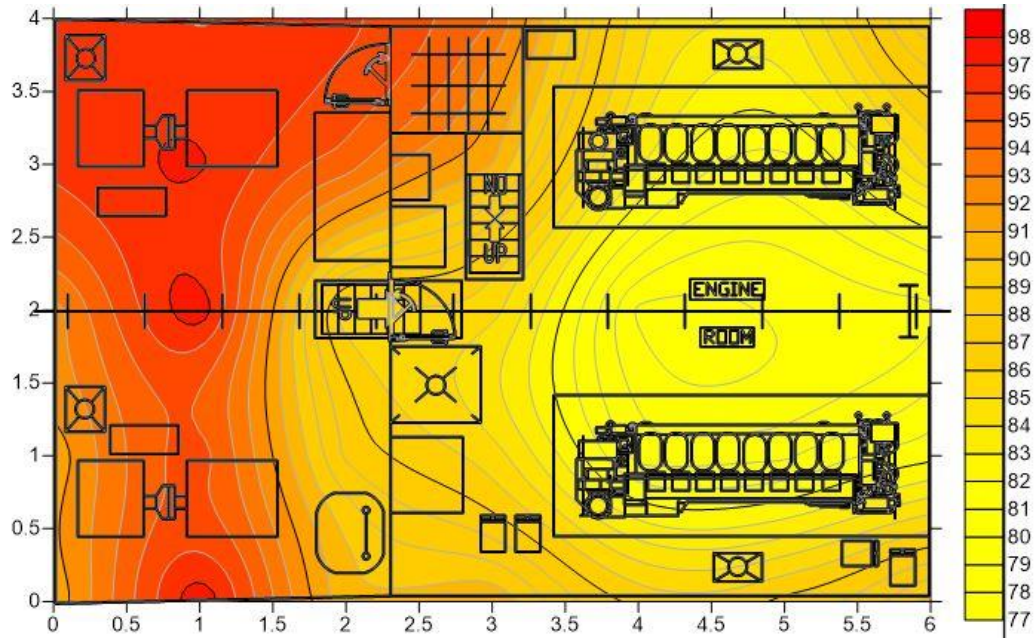
Kondisi Main Engine OFF & Generator ON



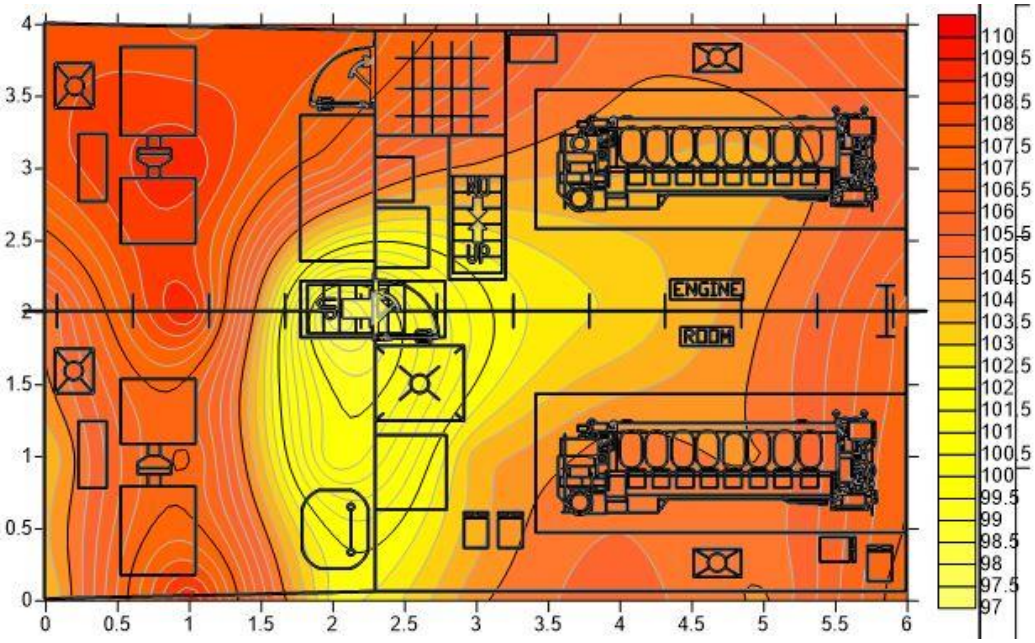
Modifikasi I Kondisi Main Engine ON & Generator ON



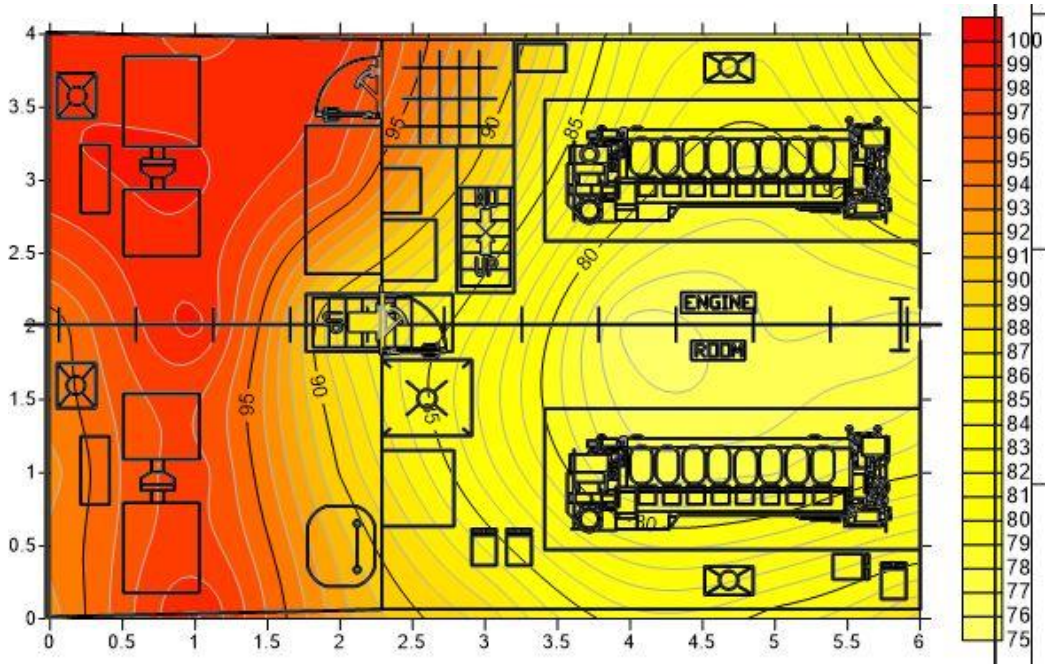
Modifikasi I Kondisi Main Engine OFF & Generator ON



Modifikasi II Kondisi Main Engine ON & Generator ON



Kontur Kebisingan di Kamar Mesin dengan Modifikasi I Kondisi Main Engine OFF & Generator ON



BIODATA PENULIS

Penulis bernama Rian Saputra, merupakan putra 1 dari 3 bersaudara. Memiliki ayah bernama Yanuar dan Ibunda bernama Tri Rahayu. Lahir pada tanggal 3 April 1998, di Kota Palembang, Sumatera Selatan. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan dasar di SD Negeri 42 Palembang pendidikan menengah di SMP Negeri 9 Palembang, pendidikan jenjang atas di SMA Plus Negeri 17 Palembang dan melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Studi Sarjana Reguler dengan bidang *Marine Marchinery and System* (MMS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktik di 2 perusahaan, yaitu PT.Orella Shipyard di Gresik, Jawa Timur; dan PT. Badak LNG Kalimantan Timur. Selain aktivitas akademik, penulis juga aktif dibidang non-akademik. Aktif bergabung dengan UKM Badminton selaku Wakil Ketua. Selain itu, juga aktif berpartisipasi dalam berbagai perlombaan tingkat nasional yang diadakan oleh UKM Badminton, yaitu ITS OPEN 2016, 2017, 2018.. Penulis merupakan orang yang gemar berolahraga, terutama bulu tangkis dan lainnya seperti futsal. Penulis dapat dihubungi melalui riansaputra844@gmail.com