



**ANALISIS PENGARUH FREKUENSI *ULTRASONIC*
ANTIFOULING SYSTEM TERHADAP RESPONS
GETARAN PELAT GFRP DALAM PENGENDALIAN
*BIOFOULING***

SKRIPSI

DAVID CHRISTIAN UZIA GULTOM

2210313059

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



**ANALISIS PENGARUH FREKUENSI *ULTRASONIC*
ANTI FOULING SYSTEM TERHADAP RESPONS
GETARAN PELAT GFRP DALAM PENGENDALIAN
*BIOFOULING***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

DAVID CHRISTIAN UZIA GULTOM

2210313059

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

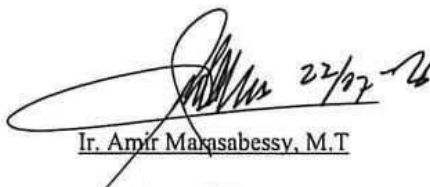
Nama : David Christian Uzia Gultom

NIM : 2210313059

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH FREKUENSI ULTRASONIC ANTIFOULING
SYSTEM TERHADAP RESPONS GETARAN PELAT GFRP DALAM
PENGENDALIAN BIOFOULING

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Ir. Amir Makasabessy, M.T.

Penguji Utama



Purwo Joko Suranto, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Sabilla Fitri Afsari S.T., M.T.

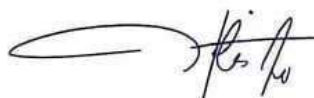
Penguji Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,
M.T. TPM
DEKAN
Fakultas Teknik

Ditetapkan di:

Tanggal Ujian: 14 Juli 2026



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Kepala Program Studi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PENGARUH FREKUENSI *ULTRASONIC ANTIFOULING SYSTEM*
TERHADAP RESPONS GETARAN PELAT GFRP DALAM PENGENDALIAN
BIOFOULING

Disusun Oleh:

David Christian Uzia Gultom

NIM:

2210313059

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

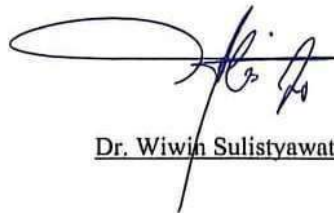


Ir. Amir Marasabessy, M.T



Sabilla Fitri Afsari, S.T, M.T.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., MT.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : David Christian Uzia Gultom

NIM : 2210313059

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan di proses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 14 Juli 2026

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a red rectangular stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text "3000" in large numbers, with "METERAI TEMPEL" and a serial number "4789A0X097801360" at the bottom.

David Christian Uzia Gultom

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : David Christian Uzla Gultom

NIM : 2210313059

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Ekklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ANALISIS PENGARUH FREKUENSI *ULTRASONIC ANTIFOULING* *SYSTEM* TERHADAP RESPONS GETARAN PELAT GFRP DALAM PENGENDALIAN *BIOFOULING*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



David Christian Uzla Gultom

ANALISIS PENGARUH FREKUENSI *ULTRASONIC ANTIFOULING SYSTEM* TERHADAP RESPONS GETARAN PELAT GFRP DALAM PENGENDALIAN *BIOFOULING*

David Christian Uzia Gultom

ABSTRAK

Biofouling pada lambung kapal dapat menyebabkan peningkatan hambatan hidrodinamis yang berujung pada penurunan efisiensi bahan bakar. Penggunaan Ultrasonic Antifouling(UAF) merupakan salah satu metode alternatif yang menjanjikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi frekuensi sistem UAF (20 kHz, 40 kHz, 60 kHz, 80 kHz, dan 100 kHz) terhadap distribusi tekanan akustik dan karakteristik atenuasi gelombang pada pelat *Glass Fiber Reinforced Plastic* (GFRP) dalam kondisi permukaan basah (wet surface). Analisis dilakukan melalui simulasi elemen hingga (Finite Element Analysis) menggunakan perangkat lunak Abaqus dengan memperhitungkan interaksi struktur-akustik antara pelat dan medium air sepanjang 350 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan akustik maksimum terjadi pada frekuensi 20 kHz (1.699,96 Pa) akibat fenomena resonansi sistem, kemudian menurun pada 40 kHz (122,9 Pa), namun kembali meningkat pada 60 kHz (604,1 Pa) karena munculnya modus getar harmonik orde tinggi, dan akhirnya mendekati nol pada 100 kHz ($6,81 \times 10^{-13}$ Pa) yang mengindikasikan terjadinya titik simpul (nodal point). Analisis atenuasi membuktikan bahwa gelombang berfrekuensi rendah (20-40 kHz) memiliki jangkauan rambat yang lebih jauh dengan tingkat pelemahan yang relatif landai, sedangkan frekuensi tinggi (80-100 kHz) mengalami disipasi energi yang sangat cepat dalam jarak pendek. Oleh karena itu, frekuensi 20-40 kHz direkomendasikan sebagai frekuensi paling efektif untuk menjangkau area pelat yang lebih luas dalam aplikasi pengendalian biofouling di kapal.

Kata Kunci: *Ultrasonic Antifouling*, GFRP, Tekanan Akustik, Atenuasi, *Abaqus*.

ANALYSIS THE EFFECT OF ULTRASONIC ANTIFOULING SYSTEM FREQUENCY ON THE VIBRATION RESPONSE OF GFRP PLATES IN BIOFOULING CONTROL

David Christian Uzia Gultom

ABSTRACT

Biofouling on ship hulls causes increased hydrodynamic drag, leading to reduced fuel efficiency. The use of Ultrasonic Antifouling (UAF) is a promising alternative method. This study aims to analyze the effect of UAF frequency variations (20 kHz, 40 kHz, 60 kHz, 80 kHz, and 100 kHz) on the acoustic pressure distribution and wave attenuation characteristics of a Glass Fiber Reinforced Plastic (GFRP) plate under wet surface conditions. The analysis was conducted through Finite Element Analysis (FEA) using Abaqus software, considering the structural-acoustic interaction between the plate and the water medium along a 350 mm path. The simulation results showed that the maximum acoustic pressure occurred at 20 kHz (1,699.96 Pa) due to the system resonance phenomenon. It decreased at 40 kHz (122.9 Pa), increased again at 60 kHz (604.1 Pa) due to the emergence of higher-order harmonic vibration modes, and finally approached zero at 100 kHz (6.81×10^{-13} Pa), indicating a nodal point. Attenuation analysis proved that low-frequency waves (20-40 kHz) have a longer propagation range with a relatively gentle attenuation rate, while high frequencies (80-100 kHz) experience very rapid energy dissipation within short distances. Therefore, 20-40 kHz is recommended as the most effective frequency range for broader plate area coverage in ship biofouling control applications.

Keyword: Ultrasonic Antifouling, GFRP, Acoustic Pressure, Attenuation, Abaqus.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, rahmat, dan penyertaan – Nya sehingga penulis dapat Menyelesaikan penyusunan Skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengikuti Seminar Hasil sekaligus sebagai tahapan awal dalam penyusunan skripsi pada program studi Teknik Perkapalan.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk merancang penelitian yang sistematis, terarah dan sesuai dengan kaidah ilmiah yang berlaku. Dalam proses penyusunannya, penulis menyadari bahwa terdapat berbagai tantangan, baik dalam perumusan masalah, pengkajian literatur, maupun penyusunan metodologi penelitian. Namun, berkat dukungan, doa, dan bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan

Dalam proses penyusunan seminar hasil ini, penulis ingin telah banyak menerima bimbingan, arahan, sukungan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
2. Ir. Amir Marasabessy, M.T., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, motivasi dan bimbingan secara konsisten hingga skripsi ini dapat diselesaikan
3. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, semangat, serta dukungan yang tidak pernah putus dalam proses penyusunan Skripsi hingga dapat diselesaikan
4. Terima kasih untuk rekan rekan seperjuangan di Teknik Perkapalan, khususnya saudara – saudari Maritim yang senantiasa berbagi ilmu, pengalaman, semangat dan doa selama proses perkuliahan dan penyusunan Skripsi ini.
5. Terima kasih untuk rekan rekan di UKM PSMGA yang senantiasa memberi semangat, dan kekeluargaan dalam menyelesaikan Skripsi ini

6. Terima kasih untuk Manchester United selaku tim sepakbola dari Inggris yang senantiasa memberikan hiburan bagi penulis disaat sedang Lelah selama proses penyusunan Skripsi penulis
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Terima kasih atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam proses penyempurnaan penelitian yang akan dilaksanakan.

Akhir kata, penulis berharap skripsi penelitian ini dapat menjadi landasan yang kuat dalam pelaksanaan penelitian selanjutnya serta memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Biofouling Pada Lambung Kapal.....	10
2.3 Sistem Ultrasonic Antifouling	11
2.4 Material GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer).....	13
2.5 Teori Getaran Pelat	14
2.6 Mode Shape dan Resonansi	15
2.7 Hubungan Getaran Struktur dan Pengendalian Biofouling.....	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	16
3.2 Material dan peralatan.....	16
3.3 Pemodelan Geometri dan Properti Material.....	18
3.4 Posisi Jenis Elemen dan Diskritisasi (<i>Mesh</i>).....	19

3.5	Jenis Step Analisis	20
3.6	Kondisi dan Batas Eksitasi.....	22
3.7	Titik Pengamatan Respons (<i>Virtual Response</i>).....	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Distribusi Tekanan Akustik Maksimum pada Kondisi Wet Surface	25
4.2	Karakteristik Atenuasi Gelombang Akustik	26
4.3	Validasi Hasil Simulasi Melalui Perbandingan Studi Literatur	28
4.5	Implikasi Praktis Dalam Pengendalian Biofouling Lambung Kapal	31
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	34
DAFTAR PUSTAKA		
RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Tekanan Akustik Maksimum dan Minimum pada Kondisi Wet Surface	25
Tabel 4. 2 Perbandingan Karakteristik Fisik Simulasi dengan Hasil Eksperimen Biologis Literatur	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram blok control box ultrasonic antifouling system.....	13
Gambar 2. 2	Material GFRP	13
Gambar 3. 1	Diagram Alir.....	16
Gambar 3. 2	Spesifikasi dari pelat fiber yang akan digunakan	19
Gambar 3. 3	Jenis Elemen dan ukuran mesh yang digunakan	20
Gambar 3. 4	Pengaturan rentang frekuensi yang digunakan.....	22
Gambar 3. 5	Jenis step yang dilakukan dalam menjalankan frekuensi pada plat.....	22
Gambar 3. 6	Penempatan posisi clamp sebagai batas area bekerja frekuensi	23
Gambar 3. 7	Area pengamatan untuk melihat besaran dan arah frekuensi yang terdapat pada plat.....	24
Gambar 4. 1	Grafik Respons Frekuensi terhadap Tekanan Akustik Maksimum (Wet Surface).....	26
Gambar 4. 2	Grafik Komparasi Atenuasi Tekanan Akustik Sepanjang Jalur Rambatan	28
Gambar 4. 3	Peletakan posisi dan jarak antar transduser pada lambung kapal	32

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Lembar Konsultasi Pembimbing 1

LAMPIRAN 2 Lembar Konsultasi Pembimbing 2