ANALISIS STABILITAS STRUKTUR TERUMBU KARANG BUATAN BERBAHAN LIMBAH PIN ISOLATOR LISTRIK

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Jurusan Teknik Kelautan

Oleh:
KHASANATUN HANIFAH
NIM D1111211002

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khasanatun Hanifah

NIM : D1111211002

menyatakan bahwa dalam skripsi dengan judul "Analisis Stabilitas Struktur Terumbu Karang Buatan Berbahan Limbah Pin Isolator Listrik" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana disuatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah menulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi dan hukum dikemudian hari apabila pernyataan yang saya buat ini tidak benar.

Pontianak, 04 Juli 2025

Khasanatun Hanifah

D1111211002

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS STABILITAS STRUKTUR TERUMBU KARANG BUATAN BERBAHAN LIMBAH PIN ISOLATOR LISTRIK

Jurusan Teknik Kelautan
Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Oleh:

Khasanatun Hanifah
NIM D1111211002

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 04 Juli 2025
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Arfena Deah Lestari, S.T., M. Eng NIP. 199005082015042003
Dosen Pembimbing Kedua	: Asep Supriyadi, S.T., M.T NIP. 197503011999031002
Dosen Penguji Utama	: Dr. Eng. Ir. Mochammad Meddy Danial, S.T, M.T., IPM. NIP. 197105012000121001
Dosen Penguji Kedua	: Ir. Jasisca Meirany, S.T., M.Si. NIDN. 0014058206

Pontianak, 04 Juli 2025

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Ir. Arfena Deah Lestari, S.T., M. Eng
NIP. 199005082015042003

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala suka dan duka yang menyertainya.

Dengan segala kerendahan hati, karya ini penulis persembahkan terlebih dahulu untuk diri sendiri, atas segala perjuangan yang tak kenal lelah, keteguhan dalam menghadapi rintangan, serta semangat yang terus menyala meski dalam kelelahan dan keraguan. Terima kasih telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah.

Karya ini penulis persembahkan dengan penuh cinta, hormat, dan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Uji Subroto dan Ibu Rokhatiatun

   Orang tua tercinta yang tidak pernah lelah memberikan dukungan lahir dan batin. Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, doa yang tiada henti, dan semangat yang selalu ditularkan kepada penulis. Segala bentuk perjuangan dan kerja keras Bapak dan Ibu menjadi landasan utama dalam setiap langkah yang penulis tempuh. Karya ini hanyalah secuil dari rasa terima kasih yang takkan pernah sebanding dengan segala cinta dan pengorbanan kalian.

2. Mamas Kukuh Hari Prayitno

   Mamas yang menjadi panutan sekaligus sahabat terbaik. Terima kasih atas segala nasihat, dorongan moral, dan perhatian yang diberikan di setiap masa sulit maupun senang. Kehadiran Mas Kukuh telah banyak memberikan makna dalam proses tumbuh dan berjuang hingga titik ini.

3. Mbak Siti Nurul Khasanah

   Mbak yang dengan ketulusan dan kehangatannya selalu memberikan semangat dan menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, dan tawa. Terima kasih atas dukungan yang tak pernah surut di tengah segala keterbatasan dan kesibukan masing-masing.

4. Dede Hikmah Nur Khasanah

   Dede yang menjadi teman seperjalanan dalam dinamika hidup, yang selalu hadir dengan semangat dan tawa. Terima kasih telah menjadi cahaya yang menyemangati langkah ini. Bersama, kita belajar bahwa proses dan perjuangan akan selalu memiliki arti selama kita saling mendukung dan menjaga satu sama lain.

Halaman ini bukan sekadar bentuk penghormatan, tetapi menjadi simbol dari perjalanan panjang yang tidak pernah ditempuh seorang diri. Setiap pencapaian yang diraih adalah hasil dari sinergi, doa, dan kekuatan yang datang dari keluarga. Semoga karya ini menjadi salah satu bukti bahwa dengan kebersamaan dan saling percaya, tidak ada hal yang mustahil untuk dicapai.

HALAMAN MOTTO

"Mikul Dhuwur Mendhem Jero"

"*Menjunjung tinggi jasa orang tua, menyimpan aib mereka dalam-dalam.*"

Filosofi Jawa

"Nek Wani Aja Wedi-Wedi. Nek Wedi Aja Wani-Wani"

"*Kalau berani, jangan takut-takut. Kalau takut, jangan sok berani*."

Filosofi Jawa

"Sanadyan Wong Wedon Kuwi Nggayuh Drajat Dhuwur, Tetep Kaparengake Ngurmati Lan Ngluhurake Garwané."

"*Setinggi Atau Sebesar Apapun Jabatan dan Gaji Perempuan, Kodratnya adalah Patuh Terhadap Suami*"

Bapak Suparmono

"Madang Kanggo Urip, Dudu Urip Mukur Kanggo Mangan."

"*Makan Untuk Hidup, Bukan Hidup Sekedar Untuk Makan*"

Bapak Suparmono

"Filosofi Struktur: Ora Kudu Keton Supaya Dadi Nomer Siji"

"*Filosofi Struktur: Tidak Perlu Terlihat Untuk Menjadi Yang Utama*"

Hanafi_Construction

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas kehendak-Nya maka penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul "Analisis Stabilitas Struktur Terumbu Karang Buatan Berbahan Limbah Pin Isolator Listrik" ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini membahas tentang analisis stabilitas struktur terumbu karang buatan yang menggunakan bahan dari pin isolator. Secara khusus, penelitian ini melibatkan analisis terhadap kekuatan, kestabilan, atau karakteristik mekanik dari struktur menggunakan pin isolator sebagai bahan utamanya. Fokusnya terhadap evaluasi keandalan struktur dalam menghadapi beban gelombang dan arus, potensi perubahan sifat material dari limbah pin isolator, dan dampaknya terhadap stabilitas keseluruhan struktur terumbu karang buatan.

Penulis menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih kepada diri sendiri atas komitmen, ketekunan, dan semangat yang terus dijaga dalam proses penyusunan skripsi ini. Selama perjalanan akademik yang penuh tantangan, berbagai rintangan dan ujian telah dilalui dengan penuh kesabaran dan tekad. Segala bentuk usaha yang telah dicurahkan menjadi bagian penting dari proses pembelajaran dan pendewasaan diri. Penulis bersyukur dapat bertahan dan menyelesaikan tugas akhir ini hingga tuntas, sebagai wujud tanggung jawab terhadap diri sendiri dan pencapaian akademik.

Pada penyusunan Skripsi ini terdapat beberapa hambatan, namun dapat diatasi dengan bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Uji Subroto dan Ibu Rohatiatun selaku orang tua penulis yang selalu memberi doa dan dukungan penuh tanpa henti kepada penulis.
2. Mas Kukuh Hari Prayitno, Mba Siti Nurul Khasanah dan Adek Hikmah Nur Khasanah selaku saudara dan saudari dari penulis yang selalu memberi dukungan baik secara materi maupun moril.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Slamet Widodo MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Dr. Eng. M. Meddy Danial ST., MT., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dan sekaligus Dosen Penguji Utama Tugas Akhir.

5. Ibu Arfena Deah Lestari ST., M. Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dan sekaligus Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
6. Bapak Asep Supriyadi ST., MT selaku Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Kelautan dan sekaligus Dosen Pembimbing Pembantu Tugas Akhir.
7. Ibu Ir. Jasisca Meirany ST., M.Si selaku Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Kelautan dan sekaligus Dosen Penguji Pembantu Tugas Akhir.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
9. Keluarga besar Bapak Marsono yang telah banyak mendukungan penulis secara materi.
10. Teman saya Imam Aufa Makarim dan Muhammad Yudha Wiraniko yang telah membantu dalam proses simulasi struktur pada software SACS.
11. Saudari Tri Hartati dari Program Studi Argribisnis Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.
12. Saudari Cucu Nita Nur Awaliah yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.
13. Sahabat dan teman-teman baik di grup chat, “MELEUDAK” dan “BUAYA TEKLA” serta “TEKLA 21” yang selalu mendukung.

Penulis berharap penelitian ini dapat berkontribusi dalam rehabilitasi ekosistem laut terutama terumbu karang dan menjadi referensi bagi pengembangan terumbu karang buatan yang lebih efektif dan tahan terhadap kondisi lingkungan perairan. Penulis mengharapkan masukan yang konstruktif agar dapat menyempurnakan penelitian ini.

Pontianak, 04 Juli 2025

Penulis,

Khasanatun Hanifah

ABSTRAK

Kerusakan terumbu karang di wilayah pesisir Indonesia akibat aktivitas antropogenik dan faktor lingkungan mendorong perlunya upaya rehabilitasi berbasis teknologi ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas struktur empat model terumbu karang buatan, yaitu horizontal, vertikal, vertikal berjajar, dan horizontal bertumpuk, dengan menggunakan limbah pin isolator sebagai material utama. Material ini dipilih karena memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi, kekuatan mekanik yang baik, dan mendukung prinsip pengelolaan limbah industri secara berkelanjuta. Simulasi numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak SACS berbasis metode elemen hingga pada kedalaman 7 meter di perairan Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat, untuk mengevaluasi respons struktur terhadap beban lingkungan berupa gelombang dan arus laut. Parameter yang dianalisis meliputi gaya horizontal, gaya geser, momen guling, momen penahan, gaya apung, gaya berat, serta nilai *unity check* sebagai indikator kelayakan struktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model horizontal bertumpuk memiliki stabilitas terbaik dengan gaya dan momen tertinggi namun tetap berada dalam batas aman (nilai UC < 1), sedangkan model vertikal cenderung kurang stabil akibat rasio tinggi terhadap luas tapak yang tidak seimbang. Seluruh model dinyatakan memenuhi kriteria keamanan struktural berdasarkan standar API RP 2A–WSD. Temuan ini membuktikan bahwa pemanfaatan limbah pin isolator sebagai material terumbu karang buatan merupakan solusi inovatif dan aplikatif untuk mendukung rehabilitasi ekosistem laut secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Terumbu Karang Buatan, Stabilitas Struktur, Limbah Pin Isolator, Simulasi SACS, Gaya Hidrodinamik.

ABSTRACT

Coral reef degradation in Indonesia's coastal areas due to anthropogenic activities and environmental factors necessitates environmentally friendly, technology-based rehabilitation efforts. This study aims to analyze the structural stability of four artificial reef models horizontal, vertical, aligned vertical, and stacked horizontal using waste pin insulators as the primary construction material. These materials were selected for their high resistance to corrosion, good mechanical strength, and support for sustainable industrial waste management practices. Numerical simulations were conducted using the SACS (Structural Analysis Computer System) software based on the finite element method at a depth of 7 meters in the waters of Lemukutan Island, West Kalimantan, to evaluate the structural response to environmental loads such as ocean waves and currents. The analyzed parameters include horizontal force, shear force, overturning moment, resisting moment, buoyant force, structural weight, and the *unity check* value as an indicator of structural feasibility. The results show that the stacked horizontal model demonstrates the highest stability, with the largest force and moment values, yet remains within safe limits (UC < 1). In contrast, the vertical model tends to be less stable due to an imbalanced ratio between its height and base area. All models met structural safety criteria based on the API RP 2A–WSD standard. These findings indicate that the utilization of waste pin insulators as a material for artificial reefs presents an innovative and applicable solution to support sustainable marine ecosystem rehabilitation.

Keywords: Artificial Reef, Structural Stability, Waste Pin Insulator, SACS Simulation, Hydrodynamic Forces.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN……..……i
HALAMAN PENGESAHAN……..……ii
HALAMAN PERSEMBAHAN……..……..….iii
HALAMAN MOTTO……..……..……..v
KATA PENGANTAR……..……...……vi
ABSTRAK……..……..……..…...…viii
ABSTRACT……..…….....ix
DAFTAR ISI...…….……x
DAFTAR TABEL...……...…….....…xiii
DAFTAR GAMBAR...…….....xv
DAFTAR RUMUS…...…….....xix
BAB 1 PENDAHULUAN……...……..1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian..... 3
1.4 Manfaat Penelitian..... 4
1.5 Batasan Masalah..... 4
1.6 Sistematika Penulisan..... 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA……..……7
2.1 Terumbu Karang Buatan 7
2.2 Jenis-Jenis Terumbu Karang Buatan..... 8
2.3 Isolator Listrik 14
2.4 Jenis-Jenis Isolator Listrik..... 15
2.5 Bahan Isolator Listrik..... 19
2.6 Isolator Post..... 26
2.6.1 Isolator Post Tipe 57-2……28
2.6.2 Karakteristik Isolator Post Tipe 57-2……..29
2.7 Material Baja 30
2.8 Jenis-Jenis Material Baja..... 30
2.9 Sifat-Sifat Mekanik Baja..... 32
2.10 Klasifikasi Baja Berdasarkan Standar 34
2.10.1 ASTM (American Society for Testing and Materials……..34

2.10.2 AISI (American Iron and Steel Institute)……..……..35
2.10.3 SNI (Standar Nasional Indonesia) ……..……35
2.10.4 EN (European Norms)……..……..……36
2.11 Baja Struktural Untuk Struktur Laut 36
2.12 Gelombang Laut 38
2.13 Arus Laut 40
2.14 Stabilitas Struktur 41
2.15 *Unity Check* 42
2.16 Momen Guling 44
2.17 Hukum *Archimedes* 48
2.18 Hukum *Pascal* 48
2.19 Hukum Drag dan Lift 49
2.20 Gaya Geser 50
2.21 *Software* SACS 51
2.22 Penelitian Terdahulu 52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN……..62
3.1 Lokasi Penelitian 62
3.2 Jenis dan Sumber Data 63
3.3 Motode Pengumpulan Data 66
3.4 Metode Analisis Data 68
3.5 Tahapan Penelitian 72
3.6 Prosedur Penelitian 74
3.7 Diagram Alir 97
3.8 Luaran Penelitian 98
3.9 Jadwal Penelitian 110
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN……..101
4.1 Deskripsi Umum Simulasi 101
4.2 Deskripsi Umum Struktur Terumbu Karang Buatan 102
4.3 Analisis Berat Struktur 107
4.4 Hasil Simulasi Stabilitas Struktur Menggunakan *Software* SACS 123
4.4.1 Model Horizontal……..……..……..124
4.4.2 Model Vertikal……..134
4.4.3 Model Vertikal Berjajar……..……..144
4.4.4 Model Horizontal Bertumpuk.....……..154

4.4.5 Evaluasi Stabilitas Struktur…..……..164
4.5 Analisis Komparatif Stabilitas Struktur 166
4.6 Pembahasan Berdasarkan Literatur dan Penelitian Terdahulu.....168
4.6.1 Kesesuaian Dengan Prinsip Stabilitas Struktur..……168
4.6.2 Validasi Terhadap Teori Hukum Fisika…...…..……169
4.6.3 Validasi Studi Sebelumnya ……..…...…..……171
4.7 Evaluasi desain Struktur.....172
BAB V **KESIMPULAN DAN SARAN……175**
5.1 Kesimpulan.....175
5.2 Saran.....176

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rincian Penelitian Terdahulu……..…….54
Tabel 3.1 Jenis dan Sumber Data……..65
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian…….....100
Tabel 4.1 Parameter Lingkungan Laut……...……....101
Tabel 4.2 Dimensi Pipa Baja...……..……..…103
Tabel 4.3 Dimensi Model Struktur Horizontal……...……104
Tabel 4.4 Dimensi Model Struktur Vertikal……105
Tabel 4.5 Dimensi Model Struktur Vertikal Berjajar…...……106
Tabel 4.6 Dimensi Model Struktur Horizontal Bertumpuk…..……...……106
Tabel 4.7 Dimensi Sisi Bracing Berbentuk Persegi…..……..……108
Tabel 4.8 Dimensi Batang Struktur…….……...……108
Tabel 4.9 Data Lingkungan ……...……123
Tabel 4.10 Data Parameter Lokasi Penelitian…….……125
Tabel 4.11 Nilai *Joint* Reaction Pada Struktur Horizontal …….……127
Tabel 4.12 Rekap Gaya Geser Maksimum per Elemen ……129
Tabel 4.13 Data Dasar Perhitungan Momen Guling dan Momen Penahan……130
Tabel 4.14 Rekap Nilai Maximum *Unity Check* ……132
Tabel 4.15 Data Parameter Lokasi Penelitian …….……..……135
Tabel 4.16 Nilai *Joint* Reaction Pada Struktur Horizontal.……137
Tabel 4.17 Rekap Gaya Geser Maksimum per Elemen …….……...……139
Tabel 4.18 Data Dasar Perhitungan Momen Guling dan Momen Penahan……140
Tabel 4.19 Rekap Nilai Maximum *Unity Check*...……142
Tabel 4.20 Data Parameter Lokasi Penelitian …….....……...……145
Tabel 4.21 Nilai *Joint* Reaction Pada Struktur Horizontal …….……147
Tabel 4.22 Rekap Gaya Geser Maksimum per Elemen ….…….……149
Tabel 4.23 Data Dasar Perhitungan Momen Guling dan Momen Penahan……150
Tabel 4.24 Rekap Nilai Maximum *Unity Check*...……152
Tabel 4.25 Data Parameter Lokasi Penelitian ……..…….....……..…155
Tabel 4.26 Nilai *Joint* Reaction Pada Struktur Horizontal …….……157
Tabel 4.27 Rekap Gaya Geser Maksimum per Elemen ….…….……160
Tabel 4.28 Data Dasar Perhitungan Momen Guling dan Momen Penahan……161
Tabel 4.29 Rekap Nilai Maximum *Unity Check*...……163

Tabel 4.30 Ringkasan Hasil Simulasi……...……...……166

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk-Bentuk Terumbu buatan atau Terumbu Buatan ……..... 7
Gambar 2.2 Terumbu Buatan (*Artificial reefs*) Bentuk Candi ……..…9
Gambar 2.3 Terumbu Buatan (*Artificial reefs)* ……. ..……9
Gambar 2.4 Blok Beton Bentuk Meja ……..……. ……10
Gambar 2.5 Blok Beton untuk Transplantasi Terumbu Karang……..……...…..11
Gambar 2.6 Terumbu buatan Tradisonal ……..……12
Gambar 2.7 Terumbu Buatan dari Limbah Konstruksi Bangunan..……...13
Gambar 2.8 Terumbu buatan Modular……..……..14
Gambar 2.9 Isolator Pin……...……...……15
Gambar 2.10 Isolator Belenggu ……..……...…..16
Gambar 2.11 Isolator Suspensi Topi-Pin …… ..……16
Gambar 2.12 Isolator Jenis Cakram ..…… ……17
Gambar 2.13 Isolator Regangan …….……..……..18
Gambar 2.14 Isolator Tetap …….……..…….18
Gambar 2.15 Isolator Post …….……..……...19
Gambar 2.16 Isolator Listrik Berbahan PVC…….……..……...20
Gambar 2.17 Termoplastik dan Termoset …….……...…….....21
Gambar 2.18 Variasi Ukuran Isolator Post …….……..…….....26
Gambar 2.19 Spesifikasi Isolator Post Berdasarkan Tipe ……..…….....27
Gambar 2.20 Spesifikasi Isolator Post Berdasarkan Tipe 2..…….…..…..…….....28
Gambar 2.21 Ilustrasi Gelombang……. …….……..…….....39
Gambar 2.22 Momen Guling Pada Struktur Model Vertikal..……..…….....45
Gambar 2.23 Momen Guling Pada Struktur Model Horizontal.…….....46
Gambar 2.24 Momen Guling Pada Struktur Model Vertikal Berjajar…….....46
Gambar 2.25 Momen Guling Pada Struktur Model Horizontal Bertumpuk…….....47
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian……...…….…….....63
Gambar 3.2 Tampilan Situs *Bentley Education* ……...…….....75
Gambar 3.3 Tampilan Situs Registrasi *Bentley Education* ……...……..75
Gambar 3.4 Tampilan Gmail untuk Verifikasi Akun *Bentley Education* ……....76
Gambar 3.5 Tampilan Internal Situs *Bentley Education* ….……..……..76
Gambar 3.6 Laman Pengunduhan Software SACS …….……....76
Gambar 3.7 Data Lingkungan Pada Aplikasi Excel …….…..……..77

Gambar 3.8 Tampilan Software SACS Pada Pemilihan Kategori Analisis Struktur ……..77
Gambar 3.9 Program Launcher Modeler ……..……..……...78
Gambar 3.10 Program Preced ……....……..……..78
Gambar 3.11 Program Start Structur Definition Wizard ……..……....……..78
Gambar 3.12 Data Elevatition Program Preced ……..……..79
Gambar 3.13 Data Legs Program Preced …… …..……..…….....79
Gambar 3.14 Input Joint Relative …… ……..……...……....80
Gambar 3.15 Input Member Group …… ……..……..……..80
Gambar 3.16 Input Member Sumbu X …… ……..……..……..80
Gambar 3.17 Input Member Sumbu Z …… ……..……...……..81
Gambar 3.18 Input Member Sumbu Y …… ……..……...……..81
Gambar 3.19 Input Joint X Brace …… ……..……...……81
Gambar 3.20 Input Member X Brace …… …..…..……..……..82
Gambar 3.21 Input Member Properti ……. ..……..…….....82
Gambar 3.22 Input Joint Fixities …… …….....82
Gambar 3.23 Input Self Weight …… ……..……..83
Gambar 3.24 Tampilan Sum of Forces …… ……..……..83
Gambar 3.25 Tampilan Load Properties ……...…...……..83
Gambar 3.26 Tampilan Seastate Load Options ……. ……..……..84
Gambar 3.27 Input Seastate Load Generation …… ……...……....84
Gambar 3.28 Input Load Combination …… …….....……..84
Gambar 3.29 Tampilan Load Condition Selection …… ……..……..85
Gambar 3.30 Tampilan Load Condition Factors ……. ……..……..85
Gambar 3.31 Tampilan Model Horizontal……...…….……..85
Gambar 3.32 Tampilan Model Vertikal……...……....86
Gambar 3.33 Pengaturan Duplicate Joint ……..……86
Gambar 3.34 Input Member Grup Pada Duplicate Model……..……...……..87
Gambar 3.35 Input Member Sumbu X Pada Duplicate Model …..……..87
Gambar 3.36 Input Member Sumbu X Pada Duplicate Model..…….……..87
Gambar 3.37 Input Member Sumbu X Pada Duplicate Model ……..……..88
Gambar 3.38 Input Member X Brace Pada Duplicate Model ……....…..88
Gambar 3.39 Input Member Properti Pada Duplicate Model ……..88
Gambar 3.40 Input Self Weight Pada Duplicate Model ……..……....89
Gambar 3.41 Tampilan Sum of Forces Pada Duplicate Model …….……...……...89

Gambar 3.42 Seastate Load Options Pada Duplicate Model ……..89
Gambar 3.43 Input Seastate Load Generation Pada Duplicate Model …….....90
Gambar 3.44 Input Load Combination Data Pada Duplicate Model ……...……....90
Gambar 3.45 Tampilan Load Condition Selection Pada Duplicate Model ……....90
Gambar 3.46 Tampilan Load Condition Factors Pada Duplicate Model ……....91
Gambar 3.47 Tampilan Opsi File ……..…...……..…….……....91
Gambar 3.48 Tampilan Opsi Save As ……..……..……...……..……91
Gambar 3.49 Tampilan Opsi Folder dan Nama File ……..……..……....92
Gambar 3.50 Tampilan Awal Program Analisis Statis ……..…….…..…..92
Gambar 3.51 Proses Input File Model Struktur ……..……...…….....92
Gambar 3.52 Tampilan Analysis Option Pada Kategori Environmental Loading……..…….93
Gambar 3.53 Tampilan Kriteria Kode Pada Kategori Element Check …….……93
Gambar 3.54 Tampilan Opsi Lain Pada Kategori Element Check ……..93
Gambar 3.55 Tampilan Run Analysis ……..……...……....94
Gambar 3.56 Tampilan Cara Membuka Postvue Database ……...…….94
Gambar 3.57 Tampilan Pengaturan Deflected Shape Display Options …….……..94
Gambar 3.58 Tampilan Kategori General Report ……..……...……..…....95
Gambar 3.59 Tampilan Pengaturan Deflected Shape Display Options ……...95
Gambar 3.60 Tampilan Kategori General Report ……..……..……...96
Gambar 3.61 Tampilan Data Hasil Analisis ……..……...……..….96
Gambar 3.62 Diagram Alir Penelitian ……..……..……....97
Gambar 4.1 Desain Model Struktur Horizontal ….……...……104
Gambar 4.2 Desain Model Struktur Vertikal ……..……..……105
Gambar 4.3 Desain Model Struktur Vertikal Berjajar …….……..……105
Gambar 4.4 Desain Model Struktur Horizontal Bertumpuk ……...……..……106
Gambar 4.5 Desain Model Struktur Vertikal ……..……..……112
Gambar 4.6 Desain Model Struktur Horizontal ……..……..……113
Gambar 4.7 Desain Model Struktur Vertikal Berjajar ……...……114
Gambar 4.8 Desain Model Struktur Horizontal Bertumpuk ……..……...115
Gambar 4.9 Desain Model Struktur Vertikal ……...……..…116
Gambar 4.10 Desain Model Struktur Horizontal ……..……118
Gambar 4.11 Desain Model Struktur Vertikal Berjajar ……..……..…119
Gambar 4.12 Desain Model Struktur Horizontal Bertumpuk ……..…….……120
Gambar 4.13 Desain Model Struktur Horizontal ……..……124

Gambar 4.14 Desain Model Struktur Vertikal …… ……134
Gambar 4.15 Desain Model Struktur Vertikal Berjajar ……..…144
Gambar 4.16 Desain Model Struktur Horizontal Bertumpuk …….……..154

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Persamaan *Unity Check* ……... 42
Rumus 2.2 Persamaan Tegangan Izin untuk Gaya Tekan Aksial…….....…43
Rumus 2.3 Persamaan Tegangan Izin untuk Gaya Tekan Aksial……...……..43
Rumus 2.4 Persamaan Tegangan Izin untuk Gaya Tekan Aksial ...……43
Rumus 2.5 Persamaan Tegangan Izin untuk Bending.……..……. .....…43
Rumus 2.6 Persamaan Tegangan Izin untuk Bending ……. ..……44
Rumus 2.7 Persamaan Tegangan Izin untuk Bending .....……...44
Rumus 2.8 Persamaan Kombinasi Tegangan Aksial dan Bending ……...……...44
Rumus 2.9 Kombinasi Tegangan Aksial dan Bending ……44
Rumus 2.10 Persamaan Keseimbangan Gaya dan Kestabilan Struktur……..……..…45
Rumus 2.11 Gaya Angkat ……..…..……48
Rumus 2.12 Tekanan Hidrostastis…… ..……49
Rumus 3.1 Beban Gelombang ……... 69
Rumus 3.2 Beban Arus……...……. .....…69
Rumus 3**.3** Gaya Horizontal Total……..……..69
Rumus 3.4 Gaya Apung…….. .....……70
Rumus 3.5 Momen Guling.……..……. .....…70
Rumus 3.6 Momen Penahan.……..……. .....…70
Rumus 3.7 Gaya Geser…...……..……. .....…71

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki lebih dari 70% wilayahnya berupa perairan dengan kekayaan laut yang melimpah. Terumbu karang merupakan ekosistem khas di perairan tropis Indonesia yang berada di kawasan segitiga terumbu karang dunia. Lokasi ini dikenal sebagai pusat keanekaragaman terumbu karang global, dengan luas mencapai 2,5 juta hektar. Terumbu karang Indonesia menjadi rumah bagi 569 jenis karang, mencakup sekitar 67% dari total 845 spesies karang di dunia. Ekosistem terumbu karang di Indonesia menghadapi berbagai ancaman yang serius mencakup faktor alam, seperti perubahan iklim, gempa bumi, dan tsunami, serta aktivitas manusia (antropogenik), seperti penangkapan ikan dengan bom dan potasium sianida, polusi, reklamasi pantai untuk pembangunan hotel, hingga pengerukan untuk kolam pelabuhan [1]. Kerusakan terumbu karang mengancam fungsi ekosistem laut seperti melindungi pantai dari erosi dan menyediakan habitat bagi berbagai biota laut. Struktur terumbu karang yang bervariasi juga menjadi tempat hidup, mencari makan, dan bereproduksi bagi berbagai jenis ikan dan organisme lainnya yang berasosiasi dengannya [2].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk merehabilitasi terumbu karang dan memulihkan ekosistem laut. Salah satu langkah strategis adalah terumbu buatan atau *artificial reefs.* Terumbu buatan dirancang untuk menggantikan fungsi terumbu karang yang rusak, mendukung kelangkaan sumber daya perikanan, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir. Selain itu, teknik transplantasi karang juga diterapkan dengan metode fragmentasi, di mana benih karang diambil dari koloni indukan untuk meregenerasi dan meningkatkan tutupan terumbu karang. Upaya ini tidak hanya membantu pemulihan ekosistem, tetapi juga berkontribusi pada ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat yang bergantung pada perikanan [1]. Terumbu karang buatan (*artificial reefs*) adalah struktur buatan yang dirancang untuk menarik dan meningkatkan konsentrasi ikan di lokasi tertentu dengan meniru fungsi lingkungan alami, seperti terumbu karang. Struktur ini berperan sebagai habitat buatan yang menyediakan tempat berlindung, area bertelur dan sumber makanan bagi berbagai organisme laut.

Selain mendukung regenerasi ekosistem laut, terumbu karang buatan (*artificial reefs*) membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mendorong ekosistem sektor perikanan. Namun, efektivitas terumbu karang buatan (*artificial reefs*) sangat bergantung pada desain, bahan, dan penempatannya. Faktor lingkungan seperti arus yang kuat, gelombang besar, dan korosi akibat air laut mempengaruhi keberhasilan implementasi terumbu karang buatan (*artificial reefs*). Mayoritas terumbu karang buatan (*artificial reefs*) di Indonesia menggunakan bahan konvensional seperti bambu, batu, beton atau besi yang seringkali memiliki keterbatasan dalam menghadapi kondisi perairan yang ekstrem. Penggunaan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri berupa pin isolator yang memiliki daya tahan tinggi terhadap korosif, memiliki sifat fisik yang kokoh dan berat sehingga dapat menjaga stabilitas struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*) agar tetap berada di dasar laut meskipun terkena arus dan gelombang.

Pin isolator bekas merupakan limbah elektronik dari pemakaian peralatan kelistrikan yang berfungsi sebagai pengisolasi untuk mencegah arus bocor. Pin isolator terbuat dari keramik/porselen, plastik, atau kaca, bahan ini termasuk dalam kategori limbah yang sulit terurai dan berpotensi mencemari tanah serta air jika tidak dikelola dengan baik. Pemanfaatan limbah pin isolator sebagai bahan terumbu karang buatan (*artificial reefs*) menjadi solusi inovatif untuk mengatasi limbah. Penggunaan pin isolator pada struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*) dapat memberikan kestabilan dan daya tahan terhadap lingkungan perairan. Terumbu karang buatan (*artificial reefs*) berfungsi sebagai habitat buatan bagi biota laut, sekaligus mendukung pengelolaan limbah secara berkelanjutan.

Penggunaan limbah sebagai material dalam pembuatan terumbu karang buatan (*artificial reefs*) telah dibahas dalam beberapa penelitian. Penggunaan limbah, abu ampas tebu, semen, dan pasir sebagai bahan konstruksi ramah lingkungan berpotensi meningkatkan kualitas lingkungan laut [3]. Limbah konstruksi bangunan sebagai media tumbuh karang, dengan tingkat kelangsungan hidup fragmen karang mencapai 71,1% [4].

Berdasarkan latar belakang ini, penelitian dalam skripsi ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*) berbahan dasar pin isolator bekas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi terumbu karang buatan (*artificial reefs*) yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, serta memanfaatkan limbah industri yang selama ini belum banyak dimanfaatkan secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian berjudul "Analisis Stabilitas Struktur Terumbu Karang Buatan Berbahan Limbah Pin Isolator Listrik", terdapat beberapa permasalahan yang perlu dirumuskan untuk memfokuskan penelitian. Berikut adalah perumusan masalah yang digunakan:

1. Bagaimana desain struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*) berbahan pin isolator bekas yang sesuai untuk kondisi lingkungan laut?
2. Bagaimana pengaruh gaya eksternal seperti gelombang dan arus laut terhadap stabilitas struktur terumbu karang buatan berbahan pin isolator bekas berdasarkan hasil simulasi struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain dan stabilitas struktur pada terumbu karang buatan (*artificial reefs*) berbahan pin isolator bekas. Adapun tujuan spesifik dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*) menggunakan material pin isolator bekas yang sesuai dengan kondisi lingkungan laut.
2. Menganalisis pengaruh gaya eksternal seperti gelombang dan arus laut terhadap stabilitas struktur dengan menggunakan simulasi melalui perangkat lunak SACS.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian berjudul "Analisis Stabilitas Struktur Terumbu Karang Buatan Berbahan Limbah Pin Isolator Listrik" memberikan kontribusi penting dalam mengurangi limbah elektronik, mendukung konservasi laut, dan menciptakan solusi yang ekonomis dan berkelanjutan. Penelitian ini berpotensi meningkatkan produktivitas perikanan, membuka peluang inovasi dalam pemanfaatan material bekas untuk aplikasi kelautan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada material baru dan mendukung efisiensi sumber daya

1.5 Batasan Masalah

Pada penyusunan skripsi berjudul "Analisis Stabilitas Struktur Terumbu Karang Buatan (Artificial Reef) Berbahan Pin isolator Bekas" beberapa batasan masalah perlu ditetapkan untuk menjaga fokus dan kejelasan penelitian. Berikut adalah batasan-batasan yang ditentukan:

1. Penelitian ini akan dibatasi pada pin isolator yang terbuat dari material porselen.
2. Penelitian ini hanya menggunakan pipa baja sebagai material utama pembentuk struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*)
3. Penggunaan beton hanya sebagai komponen penunjang dalam membentuk struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*).
4. Struktur dirancang sebagai kerangka bawah laut (*subsea frame*) dengan model sederhana berbentuk segi empat, terdiri dari beberapa elemen bracing dan batang utama.
5. Analisis struktur dilakukan terhadap gaya eksternal seperti gelombang laut dan arus laut dengan kondisi normal (tidak ekstrem).
6. Sifat korosi pada baja tidak dianalisis, namun dianggap sebagai faktor jangka panjang yang memerlukan perlindungan tambahan di luar ruang lingkup studi ini.
7. Studi ini hanya akan fokus pada analisis stabilitas struktur, meliputi: gaya horizontal, momen guling (*overturning moment*), gaya geser, dan gaya apung.
8. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SACS (*Structural Analysis Computer System*).

9. Penelitian ini tidak mencakup pengaruh biologis dari struktur terhadap biota laut maupun pertumbuhan karang alami di sekitar struktur.
10. Model struktur yang dianalisis terdiri dari satu jenis desain dengan konfigurasi tetap, yaitu gabungan pipa baja vertikal, horizontal, serta kombinasi 3 vertikal dan 3 horizontal. Tidak dilakukan variasi bentuk, ukuran, atau jumlah elemen lainnya.
11. Faktor keamanan (*safety factor*) dan analisis unity check struktur juga akan dimasukkan sebagai bagian dari analisis struktur untuk menilai kelayakan teknis.

Penetapan batasan-batasan di atas dilakukan untuk memfokuskan penelitian pada aspek-aspek yang paling relevan dan kritis terkait penggunaan pin isolator bekas sebagai bahan utama struktur terumbu karang buatan (*artificial reefs*). Memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan terperinci pada variabel-variabel kunci tanpa terganggu oleh terlalu banyak faktor eksternal. Mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan waktu penelitian, sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih akurat. Memberikan dasar yang kuat untuk penelitian lanjutan, di mana aspek-aspek yang tidak tercakup dalam studi ini dapat dieksplorasi lebih lanjut di masa depan.

Berdasarkan batasan-batasan tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi terumbu karang buatan (*artificial reefs*) yang inovatif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, serta memanfaatkan limbah industri secara efektif. Batasan masalah ini membantu mengarahkan penelitian agar tetap fokus pada aspek yang paling relevan dan bisa dikelola dengan sumber daya yang tersedia, sambil menyadari keterbatasan dan ruang lingkup dari hasil yang diharapkan.