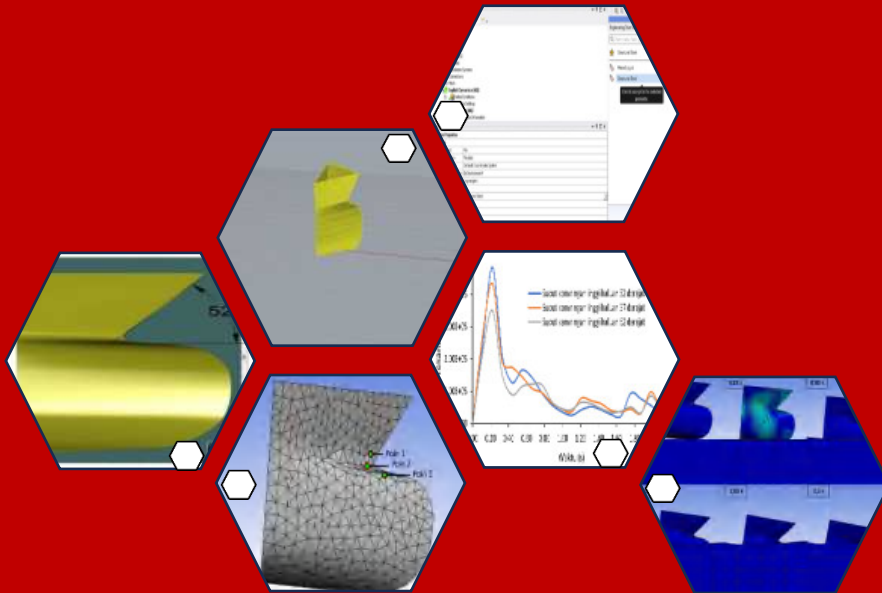


**STUDI *IMPACT PRESSURE* DENGAN BERBAGAI SUDUT LINGGI HALUAN
DENGAN BULBOUS BOW MENGGUNAKAN ANSYS**



AULIA ISNAENI

D031201010



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**STUDI *IMPACT PRESSURE* DENGAN BERBAGAI SUDUT LINGGI
HALUAN DENGAN *BULBOUS BOW* MENGGUNAKAN ANSYS**

AULIA ISNAENI

D031 20 1010



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**STUDI *IMPACT PRESSURE* DENGAN BERBAGAI SUDUT LINGGI
HALUAN DENGAN *BULBOUS BOW* MENGGUNAKAN ANSYS**

**AULIA ISNAENI
D031 20 1010**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana
Teknik Perkapalan

pada

Departemen Teknik Perkapalan

Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Gowa

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



**STUDI *IMPACT PRESSURE* DENGAN BERBAGAI SUDUT LINGGI
HALUAN DENGAN *BULBOUS BOW* MENGGUNAKAN ANSYS**

**Aulia Isnaeni
D031 20 1010**

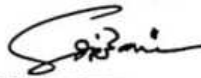
Skripsi,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana
Pada Tanggal 8 Agustus 2024

Pada

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA**

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.
NIP. 19730206 200012 1 002

Mengetahui:
Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.
NIP. 19730206 200012 1 002



**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "*Studi Impact Pressure dengan Berbagai Sudut Linggi Haluan dengan Bulbous Bow Menggunakan Ansys*". Adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 14 Juni 2024



AULIA ISNAENI

D031201010



UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, penulis panjatkan puji serta syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul "Studi *Impact Pressure* dengan Berbagai Sudut Linggi Haluan dengan *Bulbous Bow* Menggunakan Ansys" dapat terselasaikan. Shalawat dan salam tak lupa juga penulis kirimkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang-benderang. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di Universitas Hasanuddin.

Proses penyusunan skripsi ini penuh dengan tantangan dan lika-liku. Namun, dengan doa, usaha, serta dukungan dari berbagai pihak, penulis dapat melewati setiap hambatan dan rintangan yang ada. Oleh karena itu, izinkan penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua, **Bapak Iriansyah** dan **Ibu Rahma Buana** untuk segala doa yang selalu terucap, kasih sayang yang tak pernah pudar, dan dukungan yang tiada henti. Kalian adalah pilar kekuatan dan sumber inspirasi dalam setiap langkah hidup penulis. Tanpa cinta dan pengorbanan kalian, penulis takkan pernah sampai pada titik ini.
2. Dosen Pembimbing, **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST. MT.**. Terima kasih atas bimbingan, arahan, dan nasihat yang sangat berharga selama proses penulisan skripsi ini. Kesabaran, keikhlasan, dan dedikasi Bapak/Ibu dalam membimbing penulis telah membuka wawasan dan memperkaya pemahaman penulis. Semoga ilmu yang telah diberikan menjadi amal jariyah yang tiada putusnya.
3. Ibu **Ir. Hj. Rosmani MT.** dan Bapak **Ir. Lukman Bochary, MT.** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan evaluasi, kritik, dan masukan yang sangat konstruktif selama ujian skripsi ini. Saran dan arahan Bapak dan Ibu telah membantu penulis untuk memperbaiki dan menyempurnakan penelitian ini.
4. Ibu **Ir. Hj. Rosmani MT.** dan Bapak **Drs. H. Munandar** selaku tante dan om penulis yang senantiasa memberi *support* penulis dalam menyelesaikan tugas akhirnya.
5. **Jusma Wahidah** dan **Muh. Nur Salamsyah** selaku saudara penulis yang selalu memberi dukungan, semangat, dan kepercayaan. Kalian adalah bagian tak iri perjalanan ini. Kehadiran kalian memberikan warna dan penulis untuk terus berjuang.
6. **En Teknik Perkapalan** yang telah memberikan ilmu dan lama penulis menempuh pendidikan di jurusan ini. Setiap ajaran ilian adalah bekal berharga bagi perjalanan hidup penulis ke



7. **Tenaga Kependidikan Departemen Teknik Perkapalan**, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya selama penulis menempuh studi di universitas ini. Tanpa kalian, proses akademik dan administratif tidak akan berjalan dengan lancar.
8. Teman terdekat penulis, **Avrilla Miftahulyah Arsyad**, terima kasih untuk selalu meluangkan waktu untuk menemani, mengarahkan, memberikan masukan, motivasi serta semangat yang tak henti-hentinya.
9. Teman - teman **Naval20** dan khususnya mahasiswa Teknik Perkapalan 2020 yang kebersamai serta waktu yang telah kita lalui bersama dalam suka dan duka. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terimakasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.
10. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bentuk dukungan dan bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Setiap perhatian dan bantuan kalian adalah anugerah yang sangat berarti bagi penulis.
11. Dan yang terakhir saya mengucapkan terima kasih banyak kepada **diri saya sendiri** atas perjuangan yang tiada henti. Terima kasih atas kesabaran dalam menghadapi setiap tantangan, keteguhan dalam meraih cita-cita, dan keberanian dalam menjalani setiap proses. Perjalanan ini penuh dengan liku, namun dengan tekad dan semangat, kita mampu menyelesaikannya dengan baik.

Skripsi ini adalah buah dari kerja keras dan doa yang tak terputus. Penulis berharap karya ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih yang tulus, penulis sampaikan ucapan terima kasih ini. Semoga kebahagiaan dan kesuksesan selalu menyertai kita.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Aulia Isnaeni



ABSTRAK

Aulia Isnaeni. **Studi *Impact Pressure* dengan Berbagai Sudut Linggi Haluan dengan *Bulbous Bow* Menggunakan Ansys.** (dibimbing oleh Suandar Baso)

Industri perkapalan terus berkembang dengan desain kapal yang semakin penting dalam menghadapi gelombang laut pada saat berlayar. *Slamming* adalah fenomena ketika kapal bersentuhan dengan gelombang dengan kecepatan tinggi, dapat menyebabkan *impact pressure* yang kuat, terutama pada haluan kapal. Penelitian ini menggunakan Ansys dengan pengujian *dropping test* untuk menyelidiki bagaimana kemiringan linggi haluan yang menggunakan *bulbous bow* mempengaruhi distribusi tekanan pada permukaan kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut jatuh yang lebih kecil menghasilkan tekanan yang lebih besar, dengan tekanan maksimum terjadi saat model pertama kali bersentuhan dengan permukaan air. Peningkatan sudut linggi haluan dari 52 derajat, 57 derajat, hingga 62 derajat mengakibatkan penurunan tekanan rata-rata sebesar 12,88%.

Kata Kunci: *slamming*, linggi haluan, tekanan, Ansys.



ABSTRACT

Aulia isnaeni. ***Impact Pressure Study with Various Angles of Bow Height with Bulbous Bow Using Ansys*** (supervised by Suandar Baso.)

The shipping industry is constantly evolving with ship design becoming increasingly important in dealing with ocean waves during sailing. Slamming is a phenomenon when a ship comes into contact with waves at high speed, which can cause strong impact pressure, especially at the bow of the ship. This study uses Ansys dropping tests to investigate how the slope of the bulbous bow affects the pressure distribution on the ship surface. The results show that a smaller drop angle results in greater pressure, with the maximum pressure occurring when the model first makes contact with the water surface. Increasing the bow height angle from 52 degrees, 57 degrees, to 62 degrees resulted in an average pressure drop of 12.88%.

Key Words: *slamming, bow height, pressure, Ansys.*



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Teori	2
1.2.1 Gravitasi	2
1.2.2 Gerak Jatuh Bebas	3
1.2.3 <i>Dropping Test</i>	4
1.2.4 Hukum Kekekalan Energi	5
1.2.5 Teori <i>Slamming</i>	6
1.2.6 Ansys.....	7
1.3. Tujuan dan Kegunaan	12
BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....	13
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
2.2 Jenis Penelitian.....	13
2.3 Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data	13
.....	13
.....	15
.....	15
.....	15



2.4.2. <i>Dropping Test</i>	20
2.4.3. Menganalisis <i>Water Impact</i> Menggunakan Ansys.....	21
2.4.4. Simulasi Ansys Explicit Dynamics.....	21
2.4.5. Verifikasi.....	28
2.4.6. Analisis Data.....	28
2.4.7. Penarikan Kesimpulan.....	28
2.4.8. Kerangka Pemikiran	29
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	30
3.1. <i>Initial Condition</i>	30
3.2. <i>Convergence Condition</i>	31
3.3. Visualisasi <i>Dropping Test</i>	32
3.4. Hasil <i>Dropping Test</i> Haluan Kapal.....	32
3.3.1. Distribusi Tekanan Pada Model Secara Global.....	32
3.3.2. <i>Impact Pressure</i> Pada Model Haluan 1 (Sudut linggi haluan 52 derajat)	34
3.3.3. <i>Impact Pressure</i> Pada Model Haluan 2 (Sudut linggi haluan 57 derajat)	35
3.3.4. <i>Impact Pressure</i> Pada Model Haluan 3 (Sudut linggi haluan 62 derajat)	37
3.5. Hasil Analisis.....	38
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	40
4.1. Kesimpulan	40
4.2. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	43



DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
Tabel 2. 1 Ukuran utama kapal	13
Tabel 3. 1 <i>Initial condition</i>	30
Tabel 3. 2 Hasil <i>Convergence</i>	31
Tabel 3. 3 <i>Peak pressure</i> pada tiap point dalam berbagai kemiringan linggi haluan	38



DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
Gambar 2.1 <i>Lines plan</i> Panderman	14
Gambar 2.2 Visualisasi model kapal 1	16
Gambar 2.3 Kemiringan linggi haluan model kapal 1	16
Gambar 2.4 Visualisasi model kapal 2	16
Gambar 2.5 Kemiringan linggi haluan model kapal 2	17
Gambar 2.6 Visualisasi model kapal 3	17
Gambar 2.7 Kemiringan linggi haluan model kapal 3	18
Gambar 2.8 Hasil import file Maxsurf ke Rhinocros 6	18
Gambar 2.9 Visualisasi haluan yang disimulasikan	19
Gambar 2.10 Proses penggambaran ketebalan kulit pada model	19
Gambar 2.11 Model haluan kapal yang telah solid	20
Gambar 2.12 Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 5 derajat	20
Gambar 2.13 Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 15 derajat	21
Gambar 2.14 Area yang di deteksi pada kemiringan linggi haluan	21
Gambar 2.15 Tampilan awal Ansys Workbench : Explicit Dynamics	22
Gambar 2.16 Properti dari engineering data	23
Gambar 2.17 Properti water liquid	23
Gambar 2.18 Tampilan dari Geometry	24
Gambar 2.19 Contoh penggunaan Tetrahedron Mesh	24
Gambar 2.20 Tampilan dari Mesh Methode	25
Gambar 2.21 Detail dari Velocity	26
Gambar 2.22 Detail Analysis Setting	26
Gambar 2.23 Detail dari Fixed Support	27
Gambar 2. 24 Detail dari Standard Earth Gravity	27
Gambar 3.1 Ukuran kolam	30
Gambar 3.2 Kurva Convergence	31
Gambar 3.3 Visusalisai time step pada dropping test	32
Gambar 3.4 Kurva distribusi tekanan secara global sudut jatuh 5 derajat	33
Gambar 3.5 Kurva distribusi tekanan secara global sudut jatuh 15 derajat	33
Gambar 3.6 Titik uji pada kemiringan linggi haluan	34
Gambar 3. 7 Kurva tekanan pada model haluan 1 dengan sudut jatuh 5 derajat ...	34
Gambar 3. 8 Kurva tekanan pada model haluan 1 dengan sudut jatuh 15 derajat .	35
Gambar 3.9 Kurva tekanan pada model haluan 2 dengan sudut jatuh 5 derajat	36
Gambar 3.10 Kurva tekanan pada model haluan 2 dengan sudut jatuh 15 derajat	36
Gambar 3.11 Kurva tekanan pada model haluan 3 dengan sudut jatuh 5 derajat ..	37
Gambar 3.12 Kurva tekanan pada model haluan 3 dengan sudut jatuh 15 derajat 37	37
Peak pressure pada tiap point dengan sudut jatuh 5 derajat	38
Peak pressure pada tiap point dengan sudut jatuh 15 derajat	38
Peak pressure pada tiap point dengan sudut jatuh 5 derajat	39
Peak pressure pada tiap point dengan sudut jatuh 15 derajat	39



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
Lampiran 1. Data hasil simulasi drop test secara global.....	44
Lampiran 2. Data hasil simulasi drop test pada model haluan 2 (Sudut kemiringan linggi haluan 57 derajat).....	45
Lampiran 3. Data hasil simulasi drop test pada model haluan 2 (Sudut kemiringan linggi haluan 57 derajat).....	49
Lampiran 4. Data hasil simulasi drop test pada model haluan 3 (Sudut kemiringan linggi haluan 62 derajat).....	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri perkapalan terus berkembang seiring berjalannya waktu, dan desain kapal menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan di lautan yang beragam. Dimana kondisi perairan yang dimaksud adalah gelombang laut yang bisa disebabkan oleh angin dimana angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan.

Pada saat kapal berlayar di gelombang tidak menutup kemungkinan terjadi *slamming*. *Slamming* adalah fenomena yang terjadi ketika kapal bersentuhan dengan gelombang laut atau permukaan air dengan kecepatan tinggi. *Slamming* dapat menyebabkan *impact pressure* yang kuat pada bagian bawah kapal atau struktur, dan ini dapat memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan struktural dan keamanan operasional. Fenomena ini terutama terjadi pada bagian haluan kapal atau di sekitar area di mana kapal berpotensi bersentuhan dengan gelombang atau air. Linggi haluan yang menggunakan *bulbous bow*, sebagai elemen desain yang menonjol di bagian depan kapal, memiliki peran penting dalam merespons interaksi kapal dengan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kemiringan linggi haluan yang menggunakan *bulbous bow* mempengaruhi distribusi tekanan pada permukaan kapal.

Nova dkk. (2017) membahas penggunaan berbagai tipe *bulbous bow* untuk mengurangi efek *slamming* pada kapal perintis 750 DWT. Penelitian ini menunjukkan bahwa *bulbous bow* tipe Delta (Δ) memberikan probabilitas *slamming* terendah dibandingkan dengan tipe lainnya, seperti tipe Ellips dan Nabla, sehingga meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pelayaran.

Harahap dkk. (2018) melakukan analisis pengaruh sudut masuk dan penggunaan *bulbous bow* tipe Delta terhadap *slamming* pada kapal perintis 750 DWT menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Mereka menemukan bahwa penggunaan *bulbous bow* tipe Delta dapat mengurangi probabilitas *slamming*, yang penting untuk meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kapal.

Baso dkk. (2021) mengkaji tekanan dampak yang dihasilkan oleh *slamming* pada kapal. Mereka melakukan eksperimen dengan menggunakan alat uji yang dijatuhkan pada berbagai sudut untuk mensimulasikan kondisi penelitian tersebut maka, peneliti tertarik melakukan penelitian investigasi tekanan atau *water impact* yang diakibatkan *slamming* pada bagian haluan saja yang menggunakan *bulbous bow* dengan



mempertimbangkan parameter seperti beberapa sudut kemiringan dan bentuk struktur kapal itu sendiri. Penelitian ini dibantu dengan *software* yakni Ansys sehingga lebih mudah dalam menginvestigasi parameter tersebut.

1.2. Teori

1.2.1 Gravitasi

Konsep gravitasi adalah gaya tarik-menarik antara dua buah massa, dua buah objek atau dua buah partikel. Gaya gravitasi terjadi antar obyek sehingga merupakan kekuatan tarik antara semua benda yang ada. Metode gravitasi adalah metode geofisika berdasar pada hukum gravitasi Newton atau hukum gaya tarik antar partikel (Telford, 1982 ; Blakely, 1995).

Dengan menggunakan hukum keduanya, Newton membuktikan bahwa ada gaya tarik menarik bervariasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara Matahari dan planet akan menghasilkan orbit elips, seperti yang diamati oleh Kepler. Dia kemudian membuat yang berani asumsi bahwa gaya tarik menarik ini bekerja antara dua benda di alam semesta. Sebelum Newton, tidak banyak yang percaya bahwa hukum fisika dapat dipatuhi Bumi dapat diterapkan pada benda-benda langit. (Tipler, 1998)

Newton mengubah pemahaman kita sifat alam nonterrestrial dengan menunjukkan bahwa hukum fisika berlaku sama baiknya terhadap benda-benda terestrial dan nonterrestrial. Hukum gravitasi Newton mendalilkan bahwa ada gaya tarik menarik antara setiap pasangan partikel titik itu sebanding dengan produk massa partikel dan berbanding terbalik sebanding dengan kuadrat jarak yang memisahkannya. (Tipler, 1998)

Menurut hukum ini, setiap benda massa saling berinteraksi melalui gaya tarik gravitasi, di mana kekuatan gaya ini bergantung pada massa kedua benda dan kuadrat jarak di antara mereka. Konstanta gravitasi Newton (G) memainkan peran kunci dalam menentukan kekuatan gaya gravitasi.

Meskipun gaya gravitasi bisa sangat kecil untuk benda-benda kecil, seperti kita alami dalam kehidupan sehari-hari, prinsip ini berlaku untuk semua objek dengan massa. Gaya gravitasi juga mempengaruhi waktu, sesuai dengan prinsip Teori Relativitas Umum Einstein. Di permukaan Bumi, gaya gravitasi yang bekerja pada suatu objek. Fenomena ini juga mendominasi gerak planet satelit di sekitar planet, dan sistem tata surya secara keseluruhan.



1 gaya gravitasi telah diakomodasi melalui berbagai eksperimen, men Galileo hingga eksperimen Cavendish, membantu kita mengukur dengan lebih baik kekuatan mendasar ini yang uh alam semesta. Gravitasi bukan hanya konsep dalam ilmu

pengetahuan, tetapi juga memainkan peran penting dalam eksplorasi angkasa dan dalam memahami dasar-dasar alam semesta yang luas. Adapun rumus hukum gravitasi dapat dilihat pada persamaan 1.1.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 g \quad (1.1)$$

dengan,

F = besar gaya gravitasi antara kedua massa titik tersebut (N),

G = konstanta gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$),

m_1 = besar massa titik pertama (kg),

m_2 = besar massa titik kedua (kg),

r = jarak antara kedua massa titik (m), dan

g = percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Dari persamaan ini dapat diturunkan persamaan untuk menghitung gaya berat. Gaya berat suatu benda adalah hasil kali massa benda tersebut dengan percepatan gravitasi bumi. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$w = m \times g \quad (1.2)$$

dengan,

w = Gaya berat (N)

m = massa benda (kg), dan

g = percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$).

1.2.2 Gerak Jatuh Bebas

Gerak jatuh bebas merujuk pada pergerakan benda yang hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi, tanpa adanya gaya-gaya lain yang mempengaruhi. Ketika sebuah benda jatuh bebas, ia akan mengalami percepatan gravitasi konstan, yang nilainya sekitar $9,8 \text{ m/s}^2$. Gerak jatuh bebas ini dapat dijelaskan oleh hukum Newton, khususnya hukum kedua Newton.



bebas sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh adalah buah yang jatuh dari pohonnya. Benda seolah-olah tetap yang tetap, artinya benda tidak mengalami percepatan yang

tetap. Contoh lain penerapan jatuh bebas mengukur tinggi suatu bangunan dengan cara menjatuhkan suatu benda dari atas bangunan kemudian menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan benda tersebut untuk mencapai tanah. Jika jangka waktunya diketahui maka tinggi bangunan juga dapat diketahui. Dalam hal ini, jatuh bebas adalah suatu gerak yang menyebabkan benda bergerak lurus karena pengaruh gaya gravitasi bumi, atau jatuh bebas adalah suatu bentuk gerak langsung dalam satu dimensi yang hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi (Baso dkk., 2021).

Gerak jatuh bebas terjadi pada semua benda dari ketinggian, berapa pun massa benda tersebut. Sebuah benda berat, yang terlihat seperti batu, mempunyai waktu jatuh yang sama dengan kertas. Sekaligus perlu diperhatikan bahwa benda-benda yang perbedaan beratnya besar dapat jatuh secara bersamaan, kedua benda tersebut dapat jatuh pada waktu yang bersamaan, jika tidak ada gaya gravitasi selain gravitasi bumi. Jadi kedua benda ini bisa jatuh bersamaan di ruang hampa. Karena secara langsung mempengaruhi kecepatan benda terhadap tanah (Baso dkk., 2021).

Pada percobaan gerak jatuh bebas sering di temukan bahwa hasil percepatan yang dialami tidak sesuai dengan kecepatan gravitasi bumi, hal tersebut terjadi karena sesungguhnya benda tersebut telah mengalami perlambatan oleh gaya gesek udara. Percepatan yang dialami benda pada gerak jatuh bebas akan sama dengan percepatan gravitasi bila benda tersebut dijatuhkan pada ruangan hampa udara (Baso dkk., 2021).

1.2.3 *Dropping Test*

Dropping test adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan produk yang pada hal ini adalah kapal dalam menahan terjatuh. Tes ini melibatkan menjatuhkan kapal dengan cara "jatuh bebas" beberapa kali, dari ketinggian tetap, ke permukaan air di kolam uji. Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan drop test untuk mengetahui seberapa besar impact pressure yang didistribusikan ke seluruh lambung kapal setelah terjatuh. Drop test melibatkan menjatuhkan kapal dari ketinggian tetap dengan berbagai sudut, mulai dari depan, samping, dan belakang kapal.

Penelitian oleh Zhang dkk. (2015) mengevaluasi berbagai metode dropping test yang digunakan untuk menguji kekuatan struktur kapal penyelamat. Mereka membahas perbedaan antara free drop test dan guided drop test, serta pengaruh apa hasil uji. Dalam penelitian ini, metode eksperimental yang jaya dan kamera berkecepatan tinggi digunakan untuk mengukur ngan pada struktur kapal saat jatuh.



n dkk. (2016) berfokus pada analisis struktural kapal penyelamat ulasi komputer. Mereka menggunakan metode elemen hingga

(*finite element method*) untuk memodelkan respons struktural kapal saat mengalami benturan. Hasil simulasi dibandingkan dengan hasil *dropping test* eksperimental untuk memvalidasi model dan memahami distribusi tegangan serta titik kegagalan struktural.

Penelitian oleh International Maritime Organization (IMO) dan American Bureau of Shipping (ABS) menetapkan standar dan regulasi untuk *dropping test* kapal penyelamat. Dokumen-dokumen ini memberikan panduan teknis mengenai prosedur uji, kriteria penerimaan, dan pelaporan hasil uji untuk memastikan keselamatan dan kepatuhan terhadap regulasi internasional.

Studi kasus yang dilakukan oleh Lloyd's Register (2019) meninjau hasil *dropping test* pada kapal penyelamat yang digunakan di rig minyak lepas pantai. Penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi desain berdasarkan hasil *dropping test* dapat meningkatkan keselamatan operasional kapal penyelamat di lingkungan ekstrem. Mereka juga mencatat bahwa penggunaan material komposit dapat mengurangi berat kapal tanpa mengurangi kekuatannya .

1.2.4 Hukum Kekekalan Energi

Hukum kekekalan energi merupakan salah satu prinsip dasar dalam fisika yang menyatakan bahwa dalam sistem tertutup, jumlah total energi tetap konstan sepanjang waktu. Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, melainkan hanya dapat berubah bentuk dari satu jenis energi ke jenis energi lainnya. Prinsip ini pertama kali diformulasikan secara jelas pada abad ke-19 oleh fisikawan seperti Julius Robert Mayer, James Prescott Joule, dan Hermann von Helmholtz.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa dalam sistem tertutup, jumlah total energi tetap konstan. Energi dapat berubah bentuk, seperti dari energi kinetik menjadi energi potensial, atau dari energi kimia menjadi energi panas, tetapi jumlah total energi dalam sistem tersebut tetap sama (Halliday, Resnick, & Walker, 2013).

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau menyebabkan perubahan. Energi muncul dalam berbagai bentuk, termasuk energi kinetik, energi potensial, energi termal, energi kimia, energi listrik, dan lain-lain. Dalam konteks hukum kekekalan energi, dua bentuk energi utama yang sering dibahas adalah energi kinetik dan energi potensial.



Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa dalam sistem tertutup (sistem terisolasi), jumlah total energi tetap konstan. Ini bisa dirumuskan

$$Em_1 = Em_2 \quad (1.3)$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2 \quad (1.4)$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (1.5)$$

Dimana,

Em : energi mekanik (J)

Ep : energi potensial (J)

Ek : energi kinetik (J)

m : massa benda (kg)

g : percepatan gravitasi bumi (m/s²)

h : ketinggian benda dari suatu titik referensi (m)

v : kecepatan benda (m/s)

1.2.5 Teori Slamming

Slamming pada kapal adalah fenomena yang terjadi ketika bagian depan kapal atau bagian lain dari lambung kapal terhempas keras ke permukaan air, biasanya disebabkan oleh gelombang tinggi atau kondisi laut yang buruk. Fenomena ini sering terjadi pada kapal cepat dan kapal dengan desain lambung yang datar. Slamming dapat menyebabkan tekanan dan gaya yang sangat besar pada struktur kapal, berpotensi menyebabkan kerusakan struktural dan mempengaruhi kenyamanan serta keselamatan kapal dan awaknya (Faltinsen, 1990).

Slamming adalah fenomena yang terjadi apabila dasar haluan naik melewati permukaan gelombang dan kemudian masuk kembali ke dalam air dengan kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga tertentu dan timbul hempasan. Kondisi tersebut berpengaruh pada keselamatan operasi dan kekuatan struktur kapal. *Slamming* juga mungkin dapat mengakibatkan takikan pada plat bagian haluan, *buckling* dan deformasi pada member pendukung struktur haluan

Slamming terjadi karena terdapat beda fase struktur kapal dengan fase gelombang. Perbedaan fase ini menyebabkan struktur kapal dapat terangkat keluar dari permukaan laut dan setelah itu jatuh menghantam permukaan laut tersebut. Kejadian masuknya lambung kapal ke dalam permukaan laut ini terjadi begitu cepat sehingga beban *impact* yang disebut beban *slamming*.



ada kapal banyak terjadi di daerah operasi yang kondisi mempunyai gelombang yang besar, seperti di North Sea dan Gulf of ain meskipun rata-rata kondisi lingkungannya tidak ganas namun terjadi pada musim-musim tertentu dimana gelombang cukup

Menentukan peluang terjadinya *slamming* harus didasarkan 2 syarat. Pertama yaitu dasar haluan naik melewati (*emerge*) gelombang, atau dengan kata lain gerakan relatif vertikal haluan melampaui sarat air bagian haluan ($Z_b > T_b$), dan kedua yaitu kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga kecepatan ambang batas *slamming* atau *threshold velocity* (Bhattacharyya, 1978).

1.2.6 Ansys

Ansys merupakan *software* berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah – masalah rekayasa (*engineering*). Penggunaan Ansys mencakup simulasi struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan elektromagnetik. Ansys merupakan *Computer Aided Engineering* (CAE) yang dikembangkan oleh Ansys, Inc. Perusahaan tersebut telah mengembangkan banyak produk CAE. Ansys Workbench berisi beberapa fasilitas, diantaranya:

1. Mechanical, untuk analisa struktur (statik) dan thermal (perpindahan panas).
2. Fluid Flow, yang terdiri dari Ansys CFX dan Fluent, untuk analisa CFD (Computational Fluid Dynamics).
3. Engineering Data, sebagai database material lengkap dengan properties-nya, seperti:

A. Poisson Ratio

Poisson Ratio adalah konstanta elastisitas yang dimiliki oleh setiap material. Sebuah material yang diberikan gaya satu arah, ditarik maupun ditekan, akan mengalami perubahan bentuk. Selain perubahan bentuk ke arah gaya yang diberikan, ada juga perubahan bentuk ke arah yang tegak lurus dengan arah gaya. *Poisson Ratio* adalah perbandingan dari perubahan arah aksial dengan perubahan arah transversal tersebut. Ketika sebuah gaya satu arah diberikan kepada material tersebut sehingga menghasilkan regangan dan membuat material tersebut berdeformasi.

Poisson Ratio dapat menggambarkan karakter dan sifat masing-masing material. Mayoritas material memiliki rentang *poisson ratio* antara -1.0 sampai dengan 0,5. Material yang stabil, isotropis, dan elastis bisa memiliki *poisson ratio* yang berkisar antara 0,0 sampai 0,5. Hal ini dikarenakan modulus young, modulus geser dan deformasi harus bernilai positif. Karet memiliki *poisson ratio* positif, busa memiliki *poisson ratio* negatif, jika material tersebut ditarik justru akan bertambah. Misalnya pada sebuah baja dengan *poisson ratio* 0,3 berarti bahwa jika ada satu inci per inci deformasi ke arah gaya yang diberikan, maka akan terdapat 0,3 inci per inci deformasi yang terjadi ke arah tegak lurus dengan arah gaya yang diberikan.



B. Massa Jenis

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda ialah total massa dibagi dengan total volumenya

Kerapatan suatu zat disebut massa jenis, yang dilambangkan dengan ρ (rho), yakni hasil bagi massa zat oleh volumenya. Hal ini sesuai dengan sifat utama dari suatu zat, yakni massa dan volume. Secara matematis, massa jenis suatu zat bisa ditentukan melalui persamaan berikut ini:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.6)$$

dengan:

ρ = massa jenis (kg/m³)

m = massa zat (kg)

V = volume zat (m³)

C. Modulus Young

Modulus Elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan dari suatu benda. Modulus elastisitas dilambangkan dengan E dan satuannya N/m². Modulus elastisitas disebut juga Modulus Young. Modulus Elastisitas juga didefinisikan sebagai berikut:

“Selama gaya F yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya sehingga perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ϵ) adalah konstan.”

Bilangan (konstantan) tersebut dinamakan modulus elastis atau modulus Young (E). Jadi, modulus elastis atau modulus young merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Secara matematis ditulis seperti berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1.7)$$



Modulus Young (Pa)

Regangan (Pa)

ϵ = regangan

Nilai modulus elastisitas hanya bergantung pada jenis bahan suatu benda, tidak bergantung pada ukuran ataupun bentuk benda.

- Design Modeler*, digunakan untuk membangun geometri model yang akan dianalisa dan juga dapat digunakan untuk memodifikasi hasil gambar dari perangkat lunak *Rhinosceros*.
- Meshing Application*, fasilitas untuk “meshing” baik pada CFD maupun *Explicit Dynamics*.
- Explicit Dynamic*, digunakan untuk menampilkan visualisasi fisik dalam kurun waktu tertentu terhadap pemodelan atau produk yang dibuat, misalnya *drop test*. *Explicit Dynamics* merupakan sub program *analysis systems* Ansys yang berfungsi untuk mengkaji analisis *transient explicit dynamics* yang dapat menampilkan simulasi variasi dalam bidang-bidang rekayasa, termasuk kelakuan pemodelan dinamik nonlinear dari benda-benda solid, fluida, gas dan interaksi yang berkaitan dengannya. Sub program Ansys Explicit Dynamics dapat membantu kita untuk melakukan visualisasi fisik dalam kurun waktu singkat terhadap pemodelan atau produk yang kita buat yang memiliki kasus nonlinear tinggi dan gaya transien dinamik sehingga dapat memaksimalkan desain atau produk yang sudah kita buat.

Persamaan dasar dalam penggunaan analisis elemen hingga *explicit dynamics* ini terdiri dari persamaan, yaitu:

- *Implicit Transient Dynamics*

Persamaan dasar analisis *implicit transient dynamic*, yaitu:

Explicit Dynamics merupakan sub program *analysis systems* Ansys yang berfungsi untuk mengkaji analisis yang dapat menampilkan simulasi variasi dalam bidang-bidang rekayasa, termasuk kelakuan pemodelan dinamik nonlinear dari benda-benda solid, fluida, gas dan interaksi yang berkaitan dengannya. Sub program Ansys Explicit Dynamics dapat membantu kita untuk melakukan visualisasi fisik dalam kurun waktu singkat terhadap pemodelan atau produk yang kita buat yang memiliki kasus nonlinear tinggi dan gaya transien dinamik sehingga dapat memaksimalkan desain atau produk yang sudah kita buat.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \quad (1.8)$$



- m : matriks massa (kg)
 c : matriks dumping (N s/.)
 k : matriks kekakuan (N s/m)
 $F(t)$: vektor gaya (N)

Dalam waktu yang diberikan, t , persamaan ini dapat di gagas sebagai persamaan keseimbangan statik yang juga dapat memberikan jumlah gaya inersia dan gaya damping. Tanda baru metode integrasi waktu (atau penyempurnaan metode HHT) yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam diksrit titik waktu. Dalam analisis ini peningkatan waktu diantara titik waktu yang beriringan disebut integrasi tahap waktu.

- *Explicit Transient Dynamics*

Persamaan diferensial parsial untuk memecahkan masalah dalam analisis *explicit dynamics* yang diperlihatkan pada konservasi massa, momentum dan energi dalam koordinat Lagrangian. Persamaan ini bersama-sama dengan pemodelan material dan acuan serta kondisi batas yang ditentukan akan menghasilkan solusi lengkap dalam sebuah masalah yang dianalisis.

Untuk persamaan Lagrangian terdapat pada kasus analisis *explicit dynamics*, perpindahan *mesh* dan penyimpangan pada material tersebut dan konservasi massa secara otomatis akan diperoleh hasil yang memuaskan. Massa jenis pada kurun waktu tertentu dapat ditentukan dari arus volume sebuah daerah dan massa awalnya,

$$\frac{\rho_0 V_0}{V} = \frac{m}{V} \quad (1.9)$$

Dimana :

ρ_0 : massa jenis awal (kg/m³).

V_0 : Volume awal (m³).

V : volume (m³).

m : massa material (kg).



Persamaan diferensial parsial yang diekspresikan untuk konservasi momentum berhubungan dengan percepatan tensor tegangan σ_{ij} .

$$\rho \ddot{x} = b_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \quad (1.10)$$

$$\rho \ddot{y} = b_y + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} \quad (1.11)$$

$$\rho \ddot{z} = b_z + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} \quad (1.12)$$

Dimana :

ρ : massa jenis (kg/m³)

$\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$: percepatan dalam arah x, y, dan z (m/s²)

b_x, b_y, b_z : *body force* (N/kg)

σ : tegangan (pa)

Konservasi dari sebuah energi diperlihatkan sebagai,

$$\dot{e} = \frac{1}{\rho} (\sigma_{xx} \dot{\epsilon}_{xx} + \sigma_{yy} \dot{\epsilon}_{yy} + \sigma_{zz} \dot{\epsilon}_{zz} + 2\sigma_{xy} \dot{\epsilon}_{xy} + 2\sigma_{yz} \dot{\epsilon}_{yz} + 2\sigma_{zx} \dot{\epsilon}_{zx}) \quad (1.13)$$

Dimana :

\dot{e} : laju perubahan energi (J/(kg·s))

ρ : massa jenis (kg/m³)

σ : tegangan (pa)

$\dot{\epsilon}$: kecepatan regangan (j/s)

Persamaan ini digunakan untuk memecahkan kasus-kasus eksplisit pada tiap-tiap element sebuah model yang didasari pada nilai masukan diakhir dari langkah waktu sebelumnya. Peningkatan nilai waktu digunakan untuk meyakinkan kestabilan dan akurasi dari suatu solusi. Catatan bahwa

cit dynamic kita tidak mencari persamaan keseimbangan, kita mencari hasil dari sebuah titik waktu sebelumnya untuk melihat hasil pada waktu analisis berikutnya. Tidak diperlukan untuk asi. Dalam hasil simulasi *explicit dynamics*, massa, momentum harus diperhatikan. Hanya massa dan konservasi momentum silkan. Energi diakumulasikan dalam waktu yang lebih dan



konservasi di awasi selama proses mencari solusi. Hasil input balik pada kualitas analisis solusi disediakan melalui hasil akhir momentum dan konservasi energi (seperti perlawanan untuk toleransi perbedaan dalam kasus analisis *implicit transient dynamics*).

1.3. Tujuan dan Kegunaan

Adapun tujuan dan kegunaan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar tekanan pada setiap kemiringan linggi haluan yang menggunakan *bulbous bow* pada saat mengalami *slamming* menggunakan Ansys.



BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Komputer Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pelaksanaan penelitian terhitung mulai dari bulan Desember 2023 hingga Agustus 2024.

2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini berbasis simulasi, yaitu menginvestigasi gerak *slamming* pada bagian haluan kapal dengan menggunakan *bulbous bow* pada berbagai kemiringan dengan simulasi *dropping test* menggunakan *software* Ansys.

2.3 Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data

2.3.1. Jenis Data

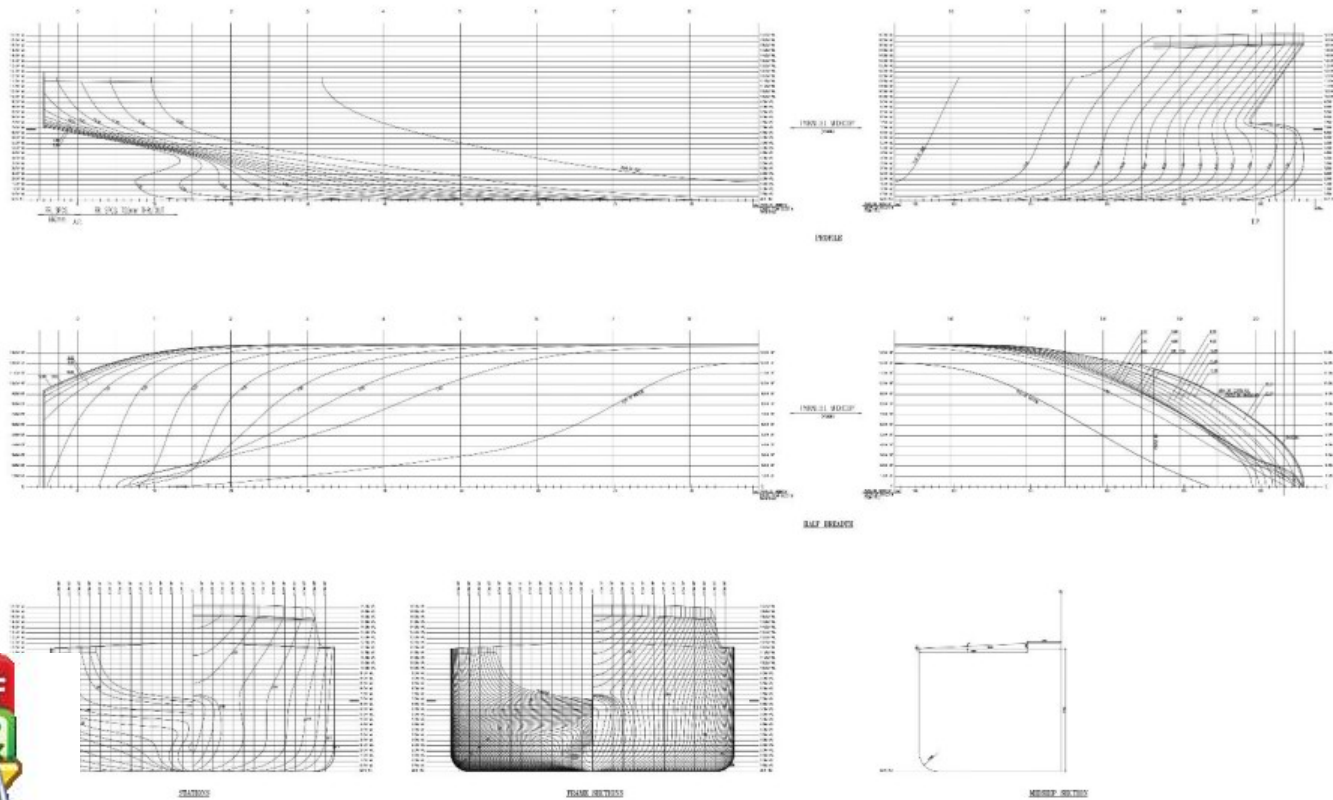
1. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis data primer atau langsung, yang merupakan data yang diperoleh dari hasil simulasi model haluan kapal berupa perilaku kapal akibat tekanan yang diperoleh dari *dropping test* pada sudut yang berbeda.
2. Data sekunder atau tidak langsung, merupakan data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis dari sumber data yang erat kaitannya dengan penelitian ini. Setelah data sekunder kapal terkumpul, kemudian data akan diverifikasi untuk persiapan pemodelan kapal. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kapal *tanker*.
 - A. Data Umum
 - a. Nama kapal : Panderman
 - b. Tipe kapal : *Tanker*
 - c. *Flag* : Indonesia
 - d. Jenis material kapal : Baja (*steel*)
 - B. Ukuran Utama Kapal

Tabel 2. 1 Ukuran utama kapal

No.	Ukuran Utama	Nilai	Satuan
	ngth Over All (L_{OA})	157,50	m
	ngth Between Perpendicular (L_{BP})	149,50	m
	ngth Water Linel (L_{WL})	155,79	m
	radth (B)	27,70	m
	pth (D)	12,00	m
	aught (T)	7,00	m

C. Rencana Garis Air (*Lines Plan*)

Gambar rencana garis air untuk model kapal yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Lines plan* Panderman

2.3.2. Teknik Pengambilan Data

Adapun metode pengumpulan data penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Metode simulasi model dan observasi, yaitu metode pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan langsung pada objek yang diteliti dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang jelas
2. Dokumentasi, yaitu melengkapi analisis dan memperkuat kesimpulan, seluruh data dan kegiatan dalam penelitian didokumentasikan dalam bentuk gambar.
3. Teknik kepustakaan adalah suatu teknik penelitian dengan cara membaca dan menelaah buku kepustakaan dan sumber-sumber yang bersifat tekstual yang erat hubungannya dengan masalah yang saat ini sedang diteliti oleh peneliti.

2.4 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode numerik dengan bantuan *software* Maxsurf pro Modeler V.20 bentley dan Rhinoceros 6, untuk melakukan pemodelan kapal, Ansys Explicit Dynamics untuk mensimulasi dan run-up dari rekayasa penelitian yang dibuat, yaitu menghitung tahanan yang dihasilkan oleh model kapal. Adapun Teknik pengolahan data yang digunakan sebagai berikut.

2.4.1. Pemodelan 3D

Pada penelitian ini kapal akan dimodelkan dengan bantuan *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dan Rhinocros 6. Pemodelan dilakukan dengan membuat gambar lines plan dalam bentuk 2 dimensi menjadi gambar 3 dimensi dengan bantuan *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley. Haluan kapal akan dimodifikasi menjadi tiga kemiringan yang berbeda-beda. Berikut gambar kapal dengan kemiringan yang berbeda-beda.

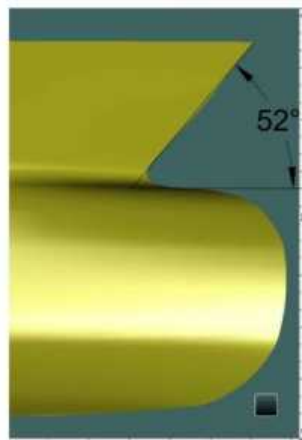
- a. Model kapal 1 (Sudut linggi haluan 52 derajat)

Kapal dimodelkan dengan bantuan *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dimana kemiringan linggi haluannya dimodifikasi dengan kemiringan sebesar 52 derajat yang diukur tegak lurus dari *bulbous bow* kapal. Visualisasi model kapal yang dibuat di *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dapat dilihat seperti Gambar 2.2 dan pengukuran kemiringan linggi haluannya dat dilihat seperti Gambar 2.3.





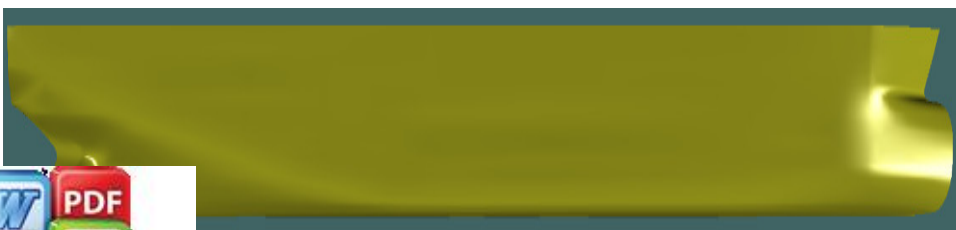
Gambar 2.2 Visualisasi model kapal 1



Gambar 2.3 Kemiringan linggi haluan model kapal 1

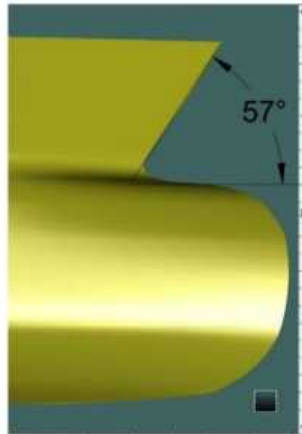
b. Model kapal 2 (Sudut linggi haluan 57 derajat)

Kapal dimodelkan dengan bantuan *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dimana kemiringan linggi haluannya dimodifikasi dengan kemiringan sebesar 57 derajat yang diukur tegak lurus dari bulbous bow kapal. Visualisasi model kapal yang dibuat di *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dapat dilihat seperti Gambar 2.4 dan pengukuran kemiringan linggi haluannya dapat dilihat seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Visualisasi model kapal 2





Gambar 2.5 Kemiringan linggi haluan model kapal 2

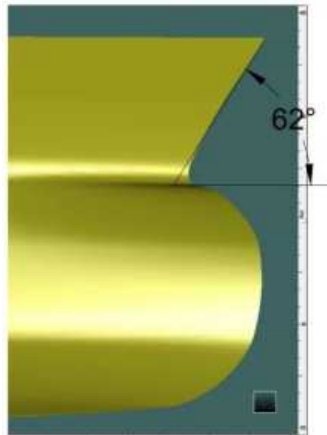
c. Model kapal 3 (Sudut linggi haluan 62 derajat)

Kapal dimodelkan dengan bantuan *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dimana kemiringan linggi haluannya dimodifikasi dengan kemiringan sebesar 62 derajat yang diukur tegak lurus dari bulbous bow kapal. Visualisasi model kapal yang dibuat di *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dapat dilihat seperti Gambar 2.6 dan pengukuran kemiringan linggi haluannya dapat dilihat seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Visualisasi model kapal 3

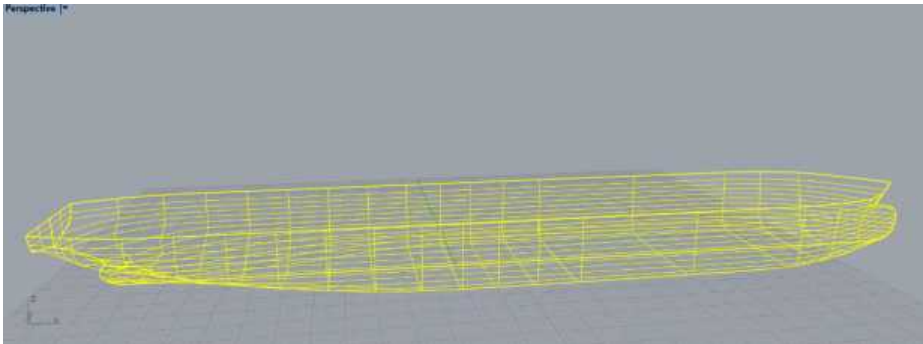




Gambar 2.7 Kemiringan linggi haluan model kapal 3

Penelitian ini hanya berfokus pada haluan saja maka gambar yang akan di simulasikan hanya pada haluan mulai dari sekat haluan hingga ujung *bulbous bow*. Gambar yang diperoleh akan diubah jenis dan modelnya dalam bentuk solid dengan menggunakan Rhinoceros 6, tujuannya adalah agar model kapal dapat disimulasikan menggunakan Ansys Explicit Dynamic. Berikut langkah-langkah untuk membuat model kapal menjadi solid.

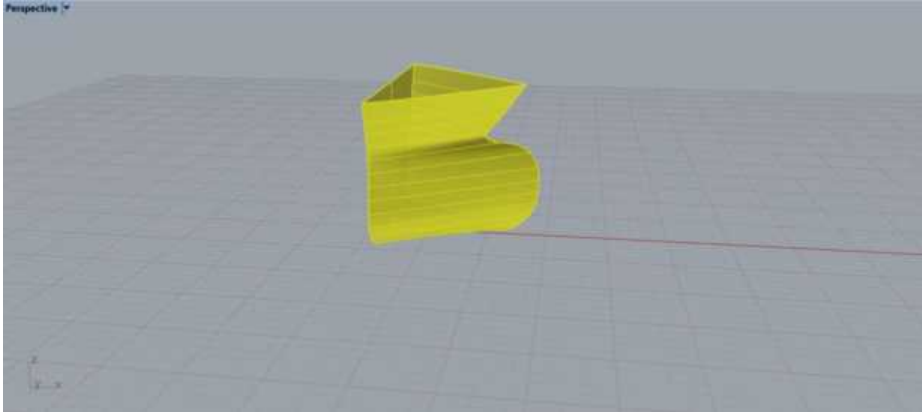
1. Buka *Software* Rhinoceros 6 dan *import file* model yang telah dibuat pada *Maxsurf*. Tampilan awal *file* yang telah di *import* seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hasil *import file* *Maxsurf* ke *Rhinoceros 6*

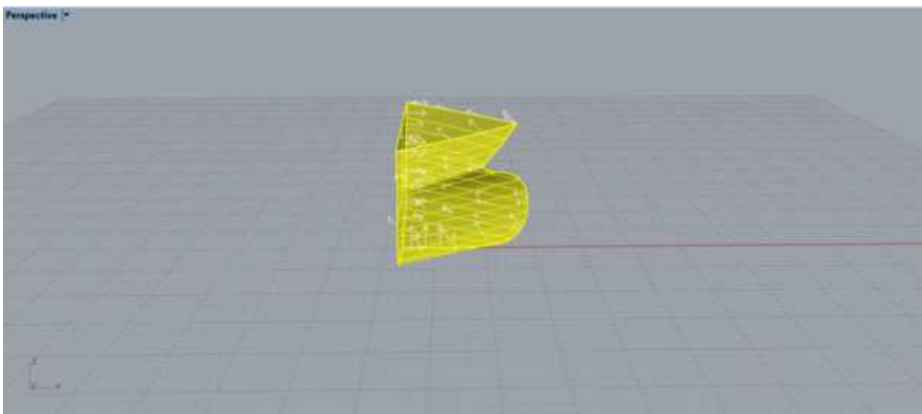


Model akan di *trim* pada sekat haluannya karena yang akan hanya bagian haluannya saja seperti pada Gambar 2.9. Hal ini akan memudahkan simulasi yang akan dilaksanakan.



Gambar 2.9 Visualisasi haluan yang disimulasikan

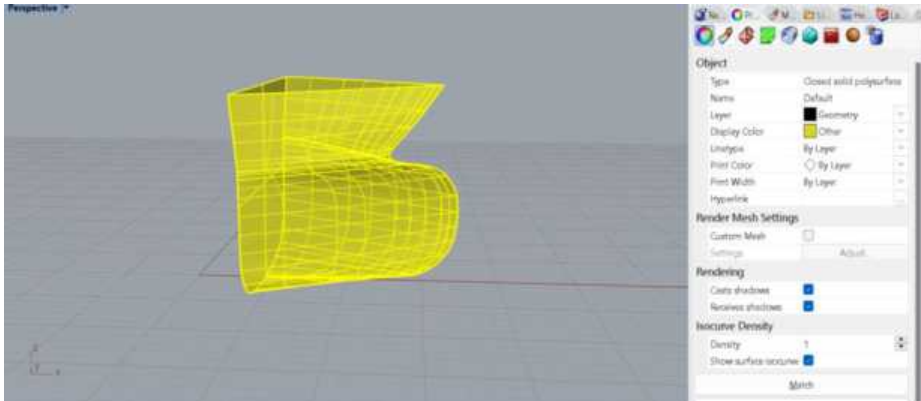
3. Setelah itu memberi ketebalan kulit pada model dengan cara menggunakan tool *offsetsurf* seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Proses penggambaran ketebalan kulit pada model

4. Setelah menggambar ketebalan kulit maka model menjadi akan menjadi *Closed Polysurface* pada bagian kanan atas maka model dinyatakan solid seperti pada Gambar 2.11.





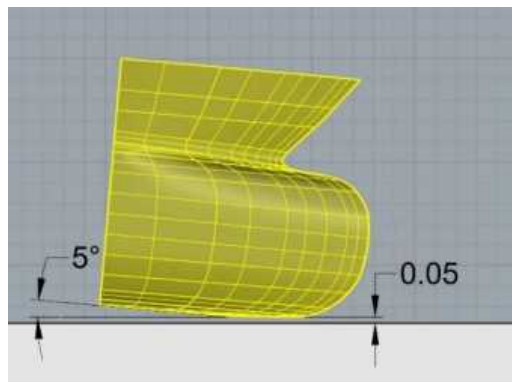
Gambar 2.11 Model haluan kapal yang telah solid

Selanjutnya model yang telah solid di *export* dalam format rhino 3-D model (.3dm) kemudian dilakukan simulasi pada *Software* Ansys Workbench 2021 R2-Explicit Dynamics.

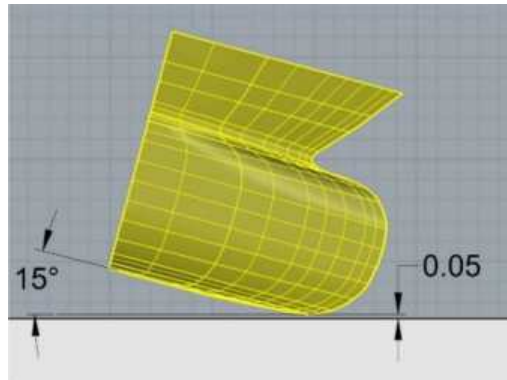
2.4.2. *Dropping Test*

Untuk mendapatkan pengaruh kemiringan linggi haluan terhadap nilai tekanan, simulasi dilakukan dengan menggunakan 3 kemiringan linggi haluan yang masing-masing memiliki 2 sudut kemiringan pada saat dijatuhkan yang disimulasikan menggunakan Ansys Explicit Dynamics.

Model haluan kapal diposisikan di atas tanki dengan jarak 5 cm sebelum menyentuh permukaan air. Kemudian dimiringkan sebesar sudut kemiringan jatuhnya (5 derajat dan 15 derajat) pada bagian *bulbous bow*. Peletakan haluan kapal dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan Gambar 2.13 di bawah ini.



• 2.12 Visualisasi *dropping test* dengan sudut jatuh 5 derajat

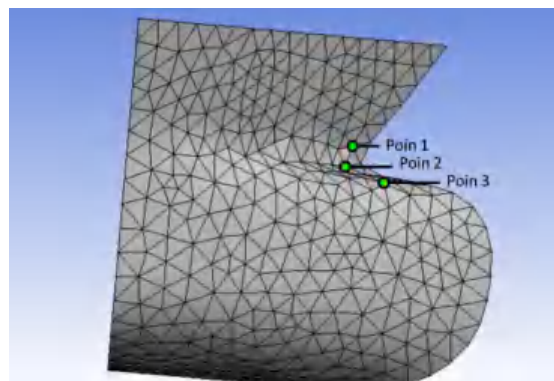


Gambar 2.13 Visualisasi *dropping test* dengan sudut jatuh 15 derajat

2.4.3. Menganalisis *Water Impact* Menggunakan Ansys

Dengan menggunakan *software* Ansys Explicit Dynamic, menganalisis besar *water impact* di sekitar haluan kapal akibat *slamming* dapat dilakukan. Secara otomatis, *software* Ansys akan menampilkan besar *water impact* dari proses *drop test* pada model haluan kapal.

Nilai tekanan diperoleh dengan mendeteksi area di sekitar *bulbous bow* sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 2.14 yang telah ditentukan dan secara konsisten untuk tiap variasi sudut kemiringan linggi haluan.



Gambar 2.14 Area yang di deteksi pada kemiringan linggi haluan



sys Explicit Dynamics

ang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *software* Ansys 2 -Explicit Dynamics. Simulasi ini terdiri dari beberapa tahapan

1. Memulai simulasi *drop test*

Simulasi drop test haluan kapal dilakukan dengan *Ansys Workbench: Explicit Dynamics*. *Explicit Dynamics* merupakan sub-program dari analisis sistem Ansys yang dapat menampilkan perilaku model dinamis nonlinear dari benda-benda padat, fluida, gas dan interaksi yang berkaitan dengannya. Tampilan awal Ansys Workbench: Explicit Dynamics dapat dilihat pada Gambar 2.15 yang memuat beberapa menu antara lain *Engineering Data*, *Geometry*, *Model*, *Setup*, *Solution*, dan *Results*.

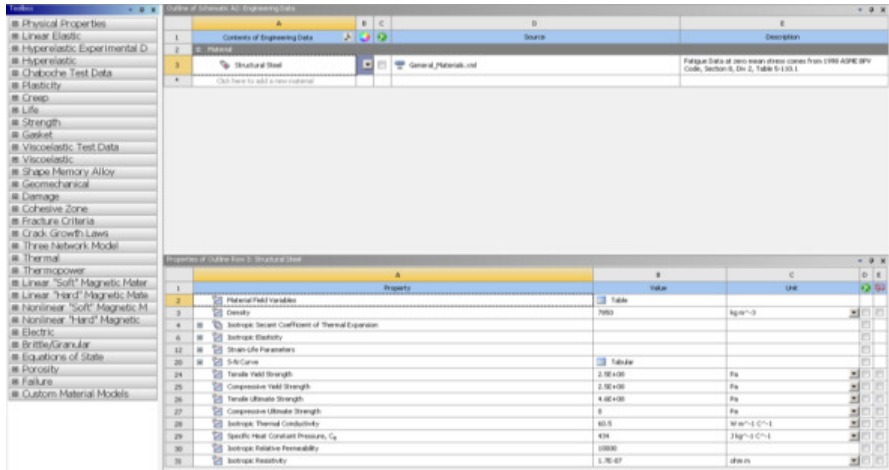


Gambar 2.15 Tampilan awal Ansys Workbench : Explicit Dynamics

2. Menentukan jenis material

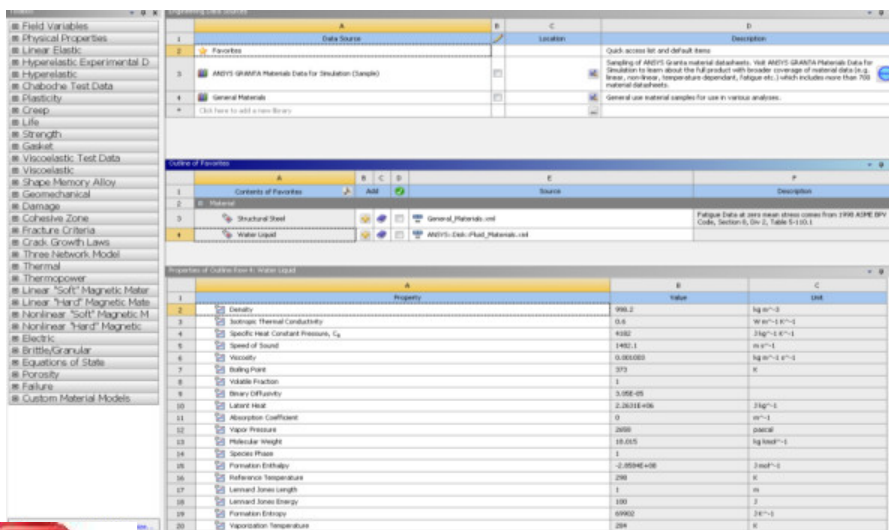
Material yang digunakan untuk simulasi terdiri atas dua jenis, yaitu baja dan air tawar. Pemilihan kedua material ini dapat dilakukan dengan menekan *Engineering Data*. Pada Gambar 2.16, terdapat material baja yang otomatis ditambahkan pada *Content of Engineering Data*. Namun perlu diperhatikan nilai massa jenis, *modulus young*, dan *poisson's ratio* dari material baja karena sangat berpengaruh terhadap simulasi yang akan dilakukan.





Gambar 2.16 Properti dari engineering data

Material air dapat dipilih dengan menekan *Engineering Data Sources*. *Engineering Data Sources* memuat berbagai jenis material, mulai dari *General Material*, *Thermal Material*, *Fluid Material* hingga *Geomechanical Material*. Untuk material air sendiri, dapat dipilih pada *Fluid Material* dengan nama *Water Liquid*. Massa jenis dari *Water Liquid* dapat diubah seperti pada Gambar 2.17 yang disesuaikan dengan simulasi dilakukan.

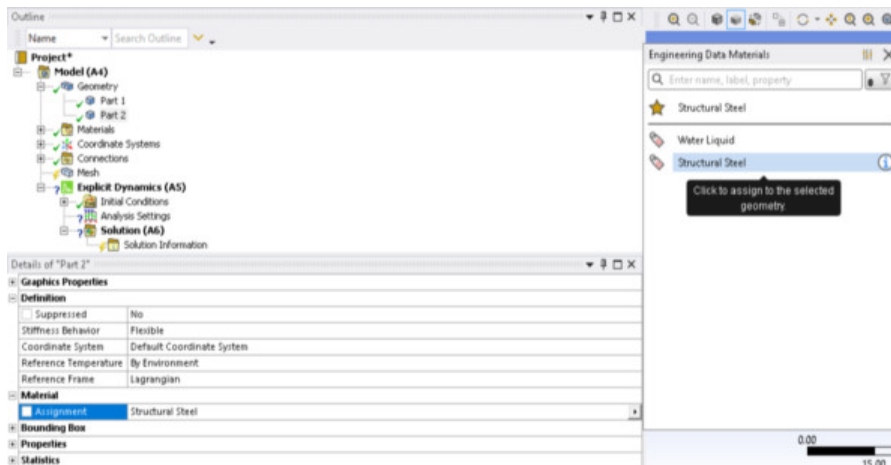


Gambar 2.17 Properti water liquid



l, mengimpor model haluan kapal, air, serta kolom yang akan an pada menu utama *Geometry*. Hasil *import* akan terdefinisi atu geometri, dimana geometri tersebut terbagi menjadi beberapa

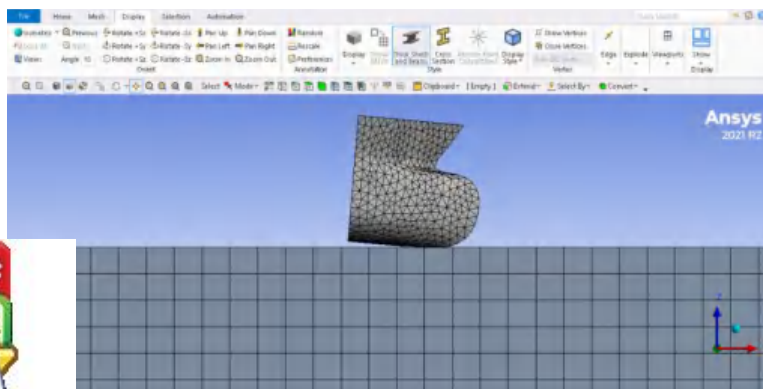
part atau bagian. Bagian – bagian tersebut harus didefinisikan sesuai dengan jenis material yang telah ditentukan sebelumnya. Misalnya, *part 2* (pada Gambar 2.18 yang merupakan air sehingga harus didefinisikan sebagai air dengan mengubah *assignment* menjadi *water liquid*.



Gambar 2.18 Tampilan dari *Geometry*

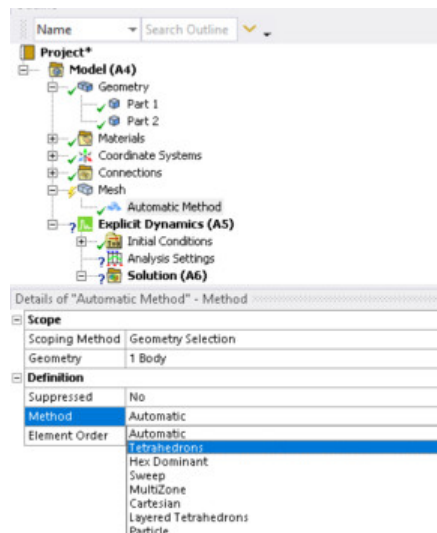
3. Meshing

Proses meshing atau griding merupakan proses yang sangat mempengaruhi hasil akhir dari simulasi yang dilakukan, baik akurasi hasil, kecepatan komputasi hingga visualisasi hasil. Mesh yang sangat padat bisa saja dibuat sehingga memperoleh hasil yang akurat, namun perlu diingat pula bahwa semakin banyak mesh yang digunakan, semakin banyak pula memori dan persamaan yang harus diselesaikan dalam proses komputasi atau solving nantinya. Jenis mesh yang digunakan dalam penelitian ini adalah Tetrahedron, dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Contoh penggunaan *Tetrahedron Mesh*

Jenis *mesh* ini sangat adaptif terhadap bentuk-bentuk yang tidak reguler, sehingga cocok untuk bentuk haluan kapal. *Tetrahedron Mesh* dapat diatur pada *Mesh Method*, yang lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 2.20 Tampilan dari *Mesh Methode*

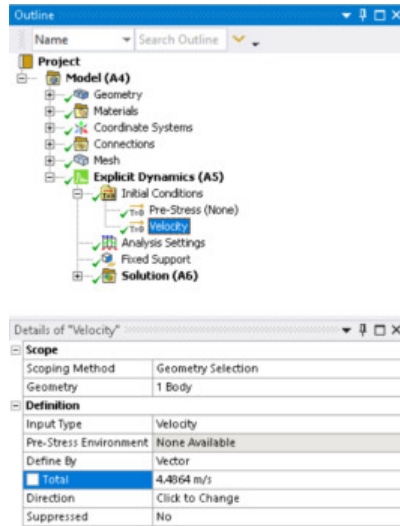
4. Mengatur *solver*

Pengaturan *solver* bertujuan untuk agar simulasi yang dilakukan sesuai dengan *experiment* ataupun fenomena yang sesungguhnya.

a. *Velocity*

Velocity bertujuan untuk menambahkan kecepatan suatu geometri dengan arah dan jarak tertentu. Simulasi yang akan dilakukan yaitu *drop test* haluan kapal pada ketinggian 1,5 meter dari permukaan air. Kecepatan diambil dari rata-rata kecepatan jatuh dari eksperimen yaitu 4,3218 m/s. Tetapi, simulasi tersebut memerlukan waktu yang sangat lama maka tinggi *drop test* diturunkan menjadi 5 cm sebelum menyentuh permukaan air sehingga penambahan kecepatan disesuaikan dengan kondisi tersebut yaitu sesuai dengan Persamaan 1.5 sehingga didapatkan nilai kecepatan untuk pengujian yaitu 4,4864 m/s. Penambahan kecepatan pada geometri dapat dilihat pada Gambar 2.21.

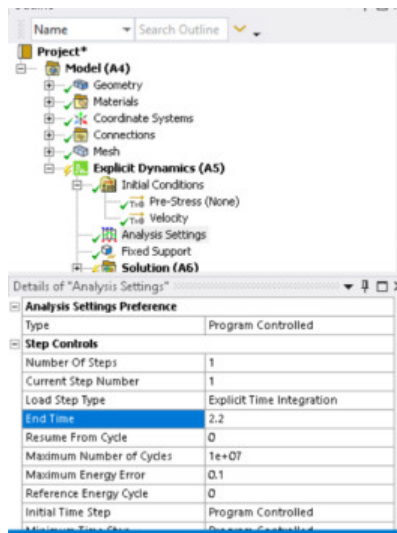




Gambar 2.21 Detail dari Velocity

b. *Analysis setting*

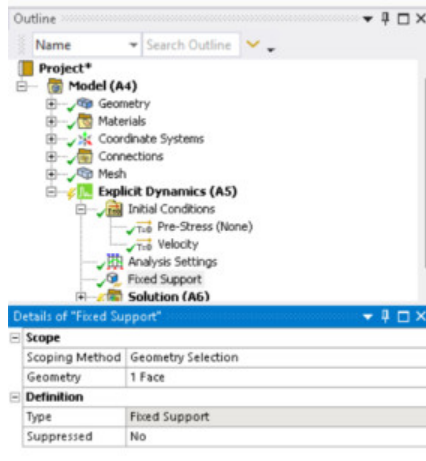
Pada Gambar 2.22, menunjukkan *end time* dari simulasi yang akan dilakukan. *End time* adalah waktu maksimum suatu fenomena yang akan disimulasikan pada *software* Ansys.



Gambar 2.22 Detail Analysis Setting



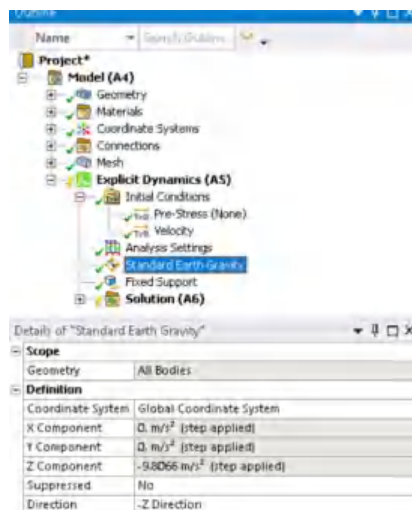
port bertujuan untuk menahan geometri pada posisinya akibat tasi. Pengaturan *fixed support* dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Detail dari *Fixed Support*

d. *Standard earth gravity*

Menambahkan *Standard earth gravity* bertujuan agar geometri dapat jatuh bebas sesuai dengan arah yang dikehendaki. Gambar 2.24 menunjukkan bahwa geometri berada di sumbu z, sehingga *direction* atau arah gravitasi harus bernilai negatif di sumbu z.



Gambar 2. 24 Detail dari *Standard Earth Gravity*



2.4.5. Verifikasi

Pada tahap ini, hasil simulasi yang didapatkan akan diverifikasi sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Jika hasil simulasi tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan pengecekan ulang terhadap permodelan serta tahap simulasi yang telah dikerjakan sebelumnya. Adapun verifikasi yang dimaksudkan adalah pengecekan kontrol konvergensi model. Konvergensi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses di mana solusi dari simulasi numerik mendekati nilai yang sebenarnya atau stabil yang bertujuan untuk memastikan bahwa hasil analisis yang dihasilkan dapat diandalkan dan akurat.

2.4.6. Analisis Data

Setelah proses running dan verifikasi telah selesai, maka secara otomatis *software* mengeluarkan beberapa hasil sesuai parameter dan karakteristik yang telah diinput. Adapun hasil yang dikeluarkan berupa *impact pressure* pada seluruh model haluan kapal dan pada era yang telah ditentukan seperti pada Gambar 2.14.

2.4.7. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil analisis yang dilakukan dan sekaligus menjawab rumusan masalah pada penelitian ini.



2.4.8. Kerangka Pemikiran

