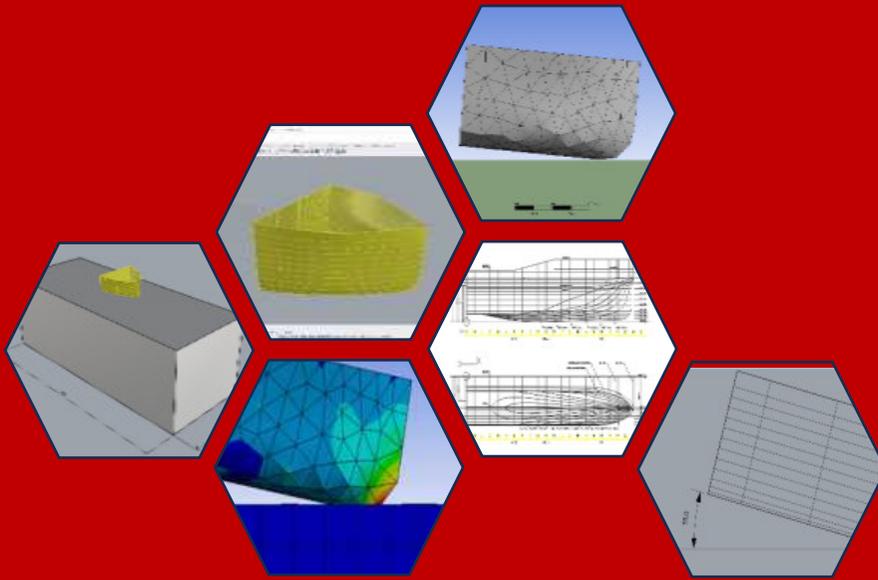


STUDI IMPACT PRESSURE PADA STRAIGHT BOW MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS



NABIL AKBAR DZAKI

D031 20 1042

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**STUDI IMPACT PRESSURE PADA STRAIGHT BOW MENGGUNAKAN
SOFTWARE ANSYS**

NABIL AKBAR DZAKI

D031 20 1042



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**STUDI IMPACT PRESSURE PADA STRAIGHT BOW MENGGUNAKAN
SOFTWARE ANSYS**

**NABIL AKBAR DZAKI
D031 20 1042**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Perkapalan

pada

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



SKRIPSI
STUDI IMPACT PRESSURE PADA STRAIGHT BOW MENGGUNAKAN
SOFTWARE ANSYS

NABIL AKBAR DZAKI
D031 20 1042

Skripsi,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Pada Tanggal 31-10-2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Mengesahkan:

Pembimbing Tugas Akhir,



Suandar Baso. ST., MT.

Mengetahui:

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso. ST., MT.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa. skripsi berjudul “Studi Impact Pressure pada Straight Bow menggunakan Software 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, 31 Oktober 2024

NABIL AKBAR DZAKI
D031201042



Optimized using
trial version
www.balesio.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta shalawat dan salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir penelitian yang berjudul “Studi Impact Pressure pada Straight Bow menggunakan Software Ansys” yang disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S1) di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri, karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh. Dalam penyusunan laporan penulis tidak mungkin melakukan sendiri tanpa adanya bantuan dari orang-orang disekitar. Melalui lembar ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. 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.
2. Kedua orang tua tercinta, **Bapak Darwis, M.Si, M.Mar.E.** dan **Ibu Sri Nelianah Asti Gumay** serta **Ibu Dr. Kasriani Hafil** selaku wali atas dukungan yang tiada henti serta doa yang senantiasa dipanjatkan yang memudahkan setiap langkah penulis dalam menyelesaikan studi.
3. **Ibu Ir. Hj. Rosmani MT.** dan **Ibu Dr. Eng. A. Ardianti, ST. 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. **Dosen - Dosen Teknik Perkapalan** yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan di jurusan ini. Setiap ajaran dan nasihat kalian adalah bekal berharga bagi perjalanan hidup penulis ke depan.
5. **Tenaga Staff 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.
6. Kepada saudara-saudara seperjuanganku **Crew Naval 2020, Crew Chazer** usus **Andromax 2020** terima kasih telah memberikan semangat dan tentang makna dari persahabatan selama penulis menuntut Perkapalan. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terimakasih -kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan



7. Serta semua pihak yang turut serta dalam penyelesaian pendidikan, penelitian, dan penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyampaikan ucapan Terima Kasih yang sebesar-besarnya untuk seluruh bantuan yang diberikan. Dengan segala kerendahan hati penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.
8. Dan yang terakhir saya mengucapkan terima kasih banyak kepada **Nabil Akbar Dzaki** atau diri saya sendiri atas perjuangan yang tiada henti walaupun sempat menyerah dengan keadaan. Terima kasih atas kesabaran dalam menghadapi setiap tantangan dan keberanian dalam menjalani setiap proses. Perjalanan yang penuh dengan tantangan, namun dengan tekad dan semangat, kita mampu menyelesaikannya dengan baik.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Nabil Akbar Dzaki



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

Nabil Akbar Dzaki. **Studi Impact Pressure pada Straight Bow menggunakan Software Ansys.** (dibimbing oleh Suandar Baso)

Kapal merupakan salah satu moda transportasi di bidang maritim. Kondisi perairan (gelombang) bagian penting yang perlu dipertimbangkan dalam pengoperasian kapal. *Slamming* merupakan kondisi bagian haluan kapal naik melewati permukaan gelombang dan masuk kembali ke permukaan air dengan kecepatan tinggi. *Slamming* terjadi saat haluan kapal ditembakkan oleh gelombang laut yang kuat, menyebabkan tekanan yang tiba-tiba dan kuat pada bagian depan kapal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak tekanan pada haluan kapal berbentuk *straight bow* dengan berbagai sudut jatuh model kapal menggunakan *software ansys*. Penelitian ini menggunakan *software Ansys*. Variasi sudut jatuh pada pengujian *drop test* menunjukkan distribusi tekanan maksimum disekitar haluan kapal. *Impact pressure* yang dihasilkan terjadi pada saat model pertama kali bersentuhan dengan permukaan air pada. Adapun tekanan yang yang dihasilkan berbanding terbalik dengan besar sudut jatuh model kapal. Untuk penambahan sudut jatuh didapatkan rata-rata penurunan tekanan sebesar $2,51E+05$ Pa, *Impact pressure* yang dihasilkan terjadi pada saat model pertama kali bersentuhan dengan permukaan air pada waktu 0,11 detik. Dimana *impact pressure* berada pada poin 1, Adapun tekanan yang terbesar yang dialami yaitu pada sudut jatuh 5 derajat dengan tekanan $7,82E+06$ Pa dan tekanan terkecil yaitu pada sudut jatuh 20 derajat dengan tekanan sebesar $7,06E+06$ Pa

Kata Kunci: *Impact pressure, slamming, straight bow, drop test, Ansys*



ABSTRACT

Nabil Akbar Dzaki. **Study of Impact Pressure on Straight Bow using Ansys Software** (supervised by Suandar Baso)

Ships are one of the modes of transportation in the maritime sector. Water conditions (waves) are an important part to consider in ship operations. *Slamming* is a condition where the bow of the ship rises above the wave surface and re-enters the water surface at high speed. *Slamming* occurs when the bow of a ship is fired by strong ocean waves, causing sudden and strong pressure on the front of the ship. Therefore, this study aims to investigate the impact of pressure on the bow of a *straight bow* - shaped ship with various angles of fall of the ship model using *Ansys software*. This research uses *Ansys software*. The variation of *drop* angle in the *drop test* shows the maximum pressure distribution around the bow of the ship. The resulting *impact pressure* occurs when the model first comes into contact with the water surface. The pressure generated is inversely proportional to the angle of fall of the ship model. For the addition of the angle of fall, the average pressure drop is $2.51E+05$ Pa, the resulting *impact* pressure occurs when the model first comes into contact with the water surface at 0.11 seconds. Where the *impact pressure* is at point 1, the largest pressure experienced is at an angle of fall of 5 degrees with a pressure of $7.82E+06$ Pa and the smallest pressure is at an angle of fall of 20 degrees with a pressure of $7.06E+06$ Pa.

Key Words: *Impact pressure, slamming, straight bow, drop test, Ansys*



DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN PENGAJUAN..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI..... | iv |
| DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA..... | iv |
| UCAPAN TERIMA KASIH | v |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Teori | 2 |
| 1.2.1 Jenis-Jenis Haluan Kapal | 2 |
| 1.2.2 <i>Straight Bow</i> | 5 |
| 1.2.3 Gravitasi..... | 6 |
| 1.2.4 Gerak Jatuh Bebas | 7 |
| 1.2.5 <i>Dropping Test</i> | 8 |
| 1.2.6 <i>Slamming</i> | 9 |
| 1.2.7 Hukum Kekekalan Energi | 10 |
| 1.2.8 Ansys..... | 11 |
| 1.3 Tujuan dan Kegunaan..... | 15 |
|  | 16 |
| REVISI PENELITIAN..... | 16 |
| Metode Penelitian | 16 |
| 1..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.3 Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data..... | 16 |
| 2.3.1. Jenis data | 16 |
| 2.3.2. Teknik Pengambilan Data | 18 |
| 2.4 Metode Pengolahan Data..... | 18 |
| 2.4.1. Pemodelan 3D | 18 |
| 2.4.2. <i>Dropping test</i> | 20 |
| 2.4.3. Menganalisis <i>Water Impact</i> Menggunakan Ansys..... | 22 |
| 2.4.4. Simulasi Ansys <i>Explicit Dynamics</i> | 23 |
| 2.4.5. Verifikasi | 26 |
| 2.4.6. Analisis Data | 27 |
| 2.4.7. Penarikan Kesimpulan..... | 27 |
| 2.4.8. Alur Pengujian..... | 27 |
| BAB III..... | 28 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| 3.1. <i>Initial Condition</i> | 28 |
| 3.2. <i>Convergence Condition</i> | 29 |
| 3.3. Visualisasi <i>Dropping Test</i> | 30 |
| 3.4. Hasil <i>Dropping Test</i> Haluan Kapal | 32 |
| 3.4.1. Distribusi tekanan pada haluan untuk sudut jatuh 5 derajat | 32 |
| 3.4.2. Distribusi tekanan pada haluan untuk sudut jatuh 10 derajat | 33 |
| 3.4.3. Distribusi tekanan pada haluan untuk sudut jatuh 15 derajat | 33 |
| 3.4.4. Distribusi tekanan pada haluan untuk sudut jatuh 20 derajat | 34 |
| 3.4.5. <i>Impact pressure</i> pada sudut jatuh 5 derajat | 36 |
| 3.4.6. <i>Impact pressure</i> pada sudut jatuh 10 derajat | 37 |
| 3.4.7. <i>Impact pressure</i> pada sudut jatuh 15 derajat | 38 |
| 3.4.8. <i>Impact pressure</i> pada sudut jatuh 20 derajat | 38 |
|  | 39 |
| | 43 |
| I SARAN | 43 |
| | 43 |

4.2. Saran 43
DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN..... 46



DAFTAR TABEL

| Nomor Urut | Halaman |
|---|---------|
| 1. Ukuran utama kapal | 16 |
| 2. <i>Initial condition</i> | 28 |
| 3. Hasil Convergence..... | 29 |
| 4. Nilai tekanan setiap kemiringan | 355 |
| 5. <i>Impact pressure</i> pada setiap sudut kemiringan..... | 399 |
| 6. Nilai koefisien tekanan pada setiap sudut kemiringan | 40 |
| 7. Peak pressure pada tiap poin dalam berbagai kemiringan sudut jatuh | 41 |



DAFTAR GAMBAR

| Nomor Urut | Halaman |
|--|---------|
| 1. Haluan kapal <i>plumb bow/straight bow</i> | 2 |
| 2. Haluan kapal <i>raked bow</i> | 2 |
| 3. Haluan kapal <i>clipper bow</i> | 3 |
| 4. Haluan kapal <i>spoon bow</i> | 3 |
| 5. Haluan kapal <i>bulbous bow</i> | 4 |
| 6. Haluan kapal <i>ram bow</i> | 4 |
| 7. Haluan kapal <i>axe bow</i> | 4 |
| 8. Haluan kapal <i>inverted bow</i> | 5 |
| 9. <i>Straight bow superyacht</i> | 5 |
| 10. Skema <i>dropping test</i> | 8 |
| 11. Fenomena <i>slamming</i> | 10 |
| 12. <i>Lines plan</i> kapal | 17 |
| 13. Visualisasi model kapal..... | 18 |
| 14. Proses import file Maxsurf ke Rhinocros 6..... | 19 |
| 15. Visualisasi haluan yang akan disimulasikan | 19 |
| 16. Proses penggambaran ketebalan kulit pada model | 20 |
| 17. Model haluan kapal yang telah solid | 20 |
| 18. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 5 derajat..... | 21 |
| 19. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 10 derajat | 21 |
| 20. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 15 derajat | 21 |
| 21. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 20 derajat | 22 |
| 22. Area yang dideteksi pada bagian haluan <i>straight bow</i> | 22 |
| 23. Contoh penggunaan <i>Tetrahedron Mesh</i> | 24 |
| 24. Tampilan dari <i>Mesh Methode</i> | 24 |
| 25. Detail dari <i>Velocity</i> | 25 |
| 26. Detail <i>Analysis Setting</i> | 25 |
| 27. <i>1 Support</i> | 26 |
| 28. <i>Standard Earth Gravity</i> | 26 |
| | 27 |
| | 28 |
| | 29 |



| | |
|---|-----|
| 32. Visualisasi <i>time step</i> pada <i>dropping test</i> | 322 |
| 33. Grafik tekanan pada sudut jatuh 5 derajat | 322 |
| 34. Grafik tekanan pada sudut jatuh 10 derajat | 333 |
| 35. Grafik tekanan pada sudut jatuh 15 derajat | 344 |
| 36. Grafik tekanan pada sudut semiringan 20 derajat..... | 344 |
| 37. Kurva distribusi tekanan secara global sudut jatuh 5 derajat, 10 derajat, 15 derajat dan 20 derajat | 366 |
| 38. Kurva tekanan pada sudut jatuh 5 derajat..... | 377 |
| 39. Kurva tekanan pada sudut jatuh 10 derajat..... | 377 |
| 40. Kurva tekanan pada sudut jatuh 15 derajat..... | 388 |
| 41. Kurva tekanan pada sudut jatuh 20 derajat..... | 399 |
| 42. <i>Impact pressure</i> pada tiap variasi sudut kemiringan | 40 |
| 43. Nilai koefisien tekanan tiap variasi sudut kemiringan..... | 411 |
| 44. Kurva peak pressure pada tiap poin dengan sudut jatuh 5 derajat, 10 derajat, 15 derajat, dan 20 derajat | 412 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Lampiran 1 Nilai tekanan pada sudut jatuh 5 derajat | 466 |
| Lampiran 2 Nilai tekanan pada sudut jatuh 10 derajat | 50 |
| Lampiran 3 Nilai tekanan pada sudut jatuh 15 derajat | 544 |
| Lampiran 4 Nilai tekanan pada sudut jatuh 20 derajat | 58 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Maritim dan 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 *staright 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 *straight bow* mempengaruhi distribusi tekanan pada permukaan kapal.

Menurut Hagiwara, K & Yuhara, T (1974), studi mengenai *impact pressure* pada linggi haluan dengan berbagai sudut melalui percobaan model telah dilakukan oleh para peneliti. Dalam studi tersebut, model linggi haluan semi-silinder tiga dimensi dengan skala 1/3 dijatuhkan dari berbagai ketinggian ke permukaan air diam pada sudut relatif kecil (0, 5, dan 15 derajat) dengan total berat jatuh 10 ton setiap kali. Dari hasil percobaan, hubungan antara tekanan *impact* maksimum, kecepatan *impact* relatif, sudut relatif antara 2 gelombang haluan dan gelombang lambung, dan radius lengkungan linggi haluan diperoleh. Ditemukan bahwa tekanan *impact* maksimum akan meningkat sekitar kuadrat dari kecepatan *impact* relatif dan lebih dipengaruhi oleh sudut relatif antara gelombang haluan dan gelombang lambung daripada radius lengkungan linggi haluan.

Baso dkk. (2021) mengkaji tekanan dampak yang dihasilkan oleh *slamming* pada bagian haluan kapal. Mereka melakukan eksperimen dengan menggunakan model kapal 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 *straight bow* dengan parameter seperti beberapa sudut jatuh dan bentuk struktur

kapal itu sendiri. Penelitian ini dibantu dengan *software* yakni Ansys sehingga lebih mudah dalam menginvestigasi parameter tersebut.

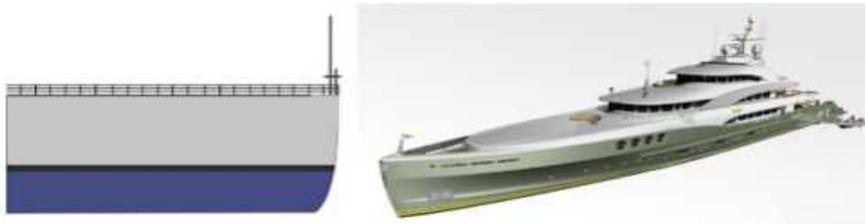
1.2 Teori

1.2.1 Jenis-Jenis Haluan Kapal

Berikut ini adalah jenis-jenis haluan kapal atau tipe *bow* yaitu sebagai berikut:

1. *Plumb bow/Straight bow*

Jenis haluan kapal yang sejajar sempurna dengan lunas. Ini merupakan bentuk yang sederhana dan umum digunakan untuk kapal yang berlayar di laut. Tipe haluan ini memberikan stabilitas yang memadai dan memastikan perjalanan kapal semulus mungkin. *Haluan plumb bow/straight bow* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Haluan kapal *plumb bow/straight bow*

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

2. *Raked bow*

Jenis haluan kapal yang memiliki bentuk panjang dan miring, sering digunakan pada kapal kayu untuk meningkatkan kemampuan berlayar. Desain ini umumnya ditemui pada kapal mewah dan kapal penumpang selama beberapa periode waktu. Ciri khas dari *raked bow* adalah kelengkungan cekungnya yang meruncing ke garis yang sangat tipis di permukaan air. Haluan *raked bow* dapat dilihat pada Gambar 2.

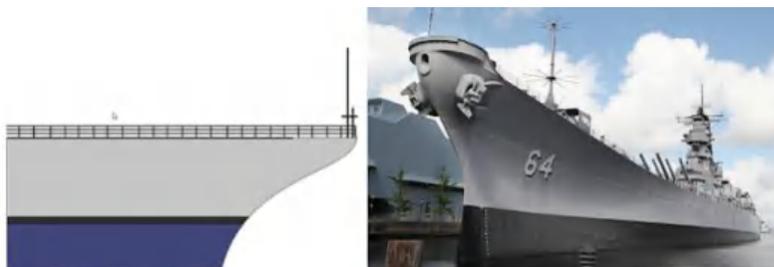


kapal *raked bow*
dan logistik, 2023



3. *Clipper bow*

Awalnya dirancang dengan tujuan khusus untuk menjadi kapal yang cepat dan ramping. Nama “*clipper*” berasal dari bentuk haluan kapal. Ini dirancang dengan sisi yang tinggi dan tampilan yang sangat lurus ke depan dengan bentuk yang hampir tajam. Busur jenis ini sangat cocok untuk berlayar karena dapat menembus air dengan hambatan minimum. *Clipper bow* dirancang untuk kapal sangat cepat dan bisa berlari lebih cepat dan mengalahkan sebagian besar kapal lain. Haluan *clipper bow* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Haluan kapal *clipper bow*
Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

4. *Spoon bow*

Tipe haluan kapal dengan desain busur yang cembung ke geladak. Alasan disebut haluan kapal “sedok” adalah karena bentuk lekukan di bagian atasnya dengan kurva menyerupai sendok. Desain *bow* seperti ini dapat menghasilkan *wave making resistance* karena kelengkungan pada penampangnya. Haluan *spoon bow* dapat dilihat pada Gambar 4.

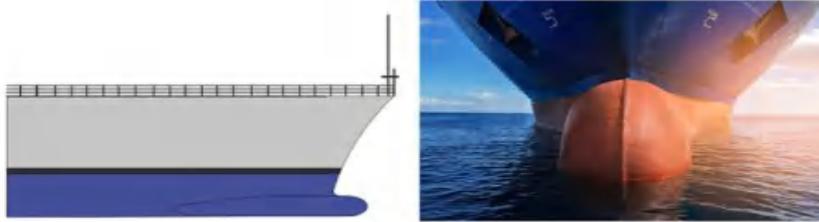


Gambar 4. Haluan kapal *spoon bow*
Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

5. *Bulbous bow*



ing paling sering ditemui di banyak kapal karena keuntungannya
ian ini. *Bulbous* adalah bentuk khas lambung kapal jika dilihat dari
; yang disebabkan oleh haluan yang bulat lebih dalam di dalam
fisiensi bahan bakar, kecepatan, dan stabilitas. Haluan *bulbous*
iat pada Gambar 5.



Gambar 5. Haluan kapal *bulbous bow*
Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

6. *Ram bow*

Jenis haluan kapal dengan bentuk perpanjangan yang lebih dibangun di bawah air pada bawah lambung kapal. *Ram bow* ini merupakan desain panjang dan ramping yang membantu kapal menembus air dengan efisiensi maksimum, sehingga berbentuk seperti anak panah yang mengarah ke depan. Haluan *Ram bow* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Haluan kapal ram bow
Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

7. *Axe bow*

Tipe *bow* kapal yang memiliki bentuk tajam dan runcing ke depan. *Axe bow* ini biasanya digunakan untuk jenis kapal cepat yang memotong jalan melalui apapun yang dilewati kapal. Alasan disebut *axe bow* karena bagian depan lambung yang panjang, dalam dan sempit yang menyerupai kapak. Haluan *axe bow* dapat dilihat pada Gambar 7.



kapal axe bow
dan logistik, 2023



8. *Inverted bow*

Inverted bow, yang juga dikenal *X-Bow*, mengacu pada jenis haluan kapal di mana bagian terpanjang tidak berada di bagian atas, melainkan terletak di bagian bawah lambung. Seperti desain bow kapak, haluan ini mengurangi lemparan (gerakan naik turun) dan bantingan, menciptakan pengalaman perjalanan yang lebih baik bagi kru kapal. Haluan *inverted bow* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Haluan kapal inverted bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

1.2.2 *Straight Bow*

Plumb Bow/Straight Bow (Tegak Lurus) adalah jenis haluan kapal yang sejajar sempurna dengan lunas. Ini merupakan bentuk yang sederhana dan umum digunakan untuk kapal yang berlayar di laut. Tipe haluan ini memberikan stabilitas yang memadai dan memastikan perjalanan kapal semulus mungkin.

Penggunaan desain *Straight Bow* dipilih atas beberapa alasan, termasuk meningkatkan keamanan kapal dan efisiensi pelayaran. Desain ini memungkinkan lambung kapal untuk memotong air dengan sedikit perlawanan, yang pada akhirnya menghasilkan penghematan biaya bahan bakar seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Bow Superyacht
Yacht architect, 2024

1.2.3 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, dimana 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 memberikan berat pada suatu objek. Fenomena ini juga mendominasi gerak planet di sekitar matahari, satelit di sekitar planet, dan sistem tata surya secara keseluruhan.

Pengukuran gaya gravitasi telah diakomodasi melalui berbagai eksperimen, mulai dari eksperimen Galileo hingga eksperimen Cavendish, membantu kita memahami dan mengukur dengan lebih baik kekuatan mendasar ini yang memengaruhi seluruh alam semesta. Gravitasi bukan hanya konsep dalam ilmu pengetahuan, tetapi juga memainkan peran penting dalam eksplorasi angkasa dan dasar-dasar alam semesta yang luas. Adapun rumus hukum at pada Persamaan 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 seperti pada Persamaan 2 berikut:

$$w = m \times g \quad (2)$$

dengan,

w = Gaya berat (N)

m = massa benda (kg), dan

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

1.2.4 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 di bumi memiliki nilai sekitar $9,8 \text{ m/s}^2$. Gerak jatuh bebas ini dapat dijelaskan oleh hukum-hukum gerak Newton, khususnya hukum kedua Newton.

Gerak jatuh bebas sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh sederhananya adalah buah yang jatuh dari pohonnya. Benda seolah-olah mempunyai kecepatan 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 waktu tersebut diketahui, maka tinggi bangunan juga dapat diketahui. Dalam hal ini, jatuh bebas adalah gerak yang menyebabkan benda bergerak lurus karena pengaruh percepatan gravitasi bumi, atau jatuh bebas adalah suatu bentuk gerak lurus dengan percepatan konstan yang hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi (Baso



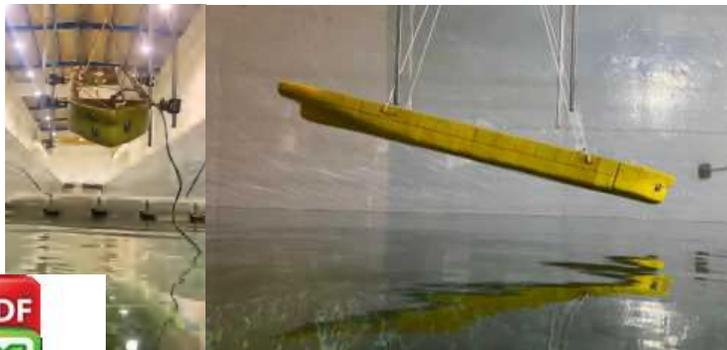
Gerak jatuh bebas terjadi pada semua benda dari ketinggian, berapa pun massa benda tersebut. Sebuah benda berat, yang terlihat seperti batu, mempunyai waktu jatuh yang sama dengan kertas. Sekaligus perlu diperhatikan bahwa benda-benda yang perbedaan beratnya besar dapat jatuh secara bersamaan, kedua 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 peralambatan 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).

1.2.5 *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.

Untuk *dropping test* pada penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki hubungan antara gerak elastic dan dampak tekanan akibat adanya slamming. Eksperimental dilakukan berdasarkan teori jatuh bebas dengan kecepatan konstan. Pada Gambar 11 dapat dilihat skema dari *dropping test* berdasarkan teori jatuh bebas.



a *dropping test*
: (2021)

Penelitian oleh Zhang et al. (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 tinggi jatuh terhadap hasil uji. Dalam penelitian ini, metode eksperimental yang melibatkan sensor gaya dan kamera berkecepatan tinggi digunakan untuk mengukur deformasi dan tegangan pada struktur kapal saat jatuh.

Studi oleh Kim dkk. (2016) berfokus pada analisis struktural kapal penyelamat menggunakan simulasi 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.

Wang et al. (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh *dropping test* terhadap desain kapal kargo. Mereka menunjukkan bahwa hasil *dropping test* dapat digunakan untuk memperbaiki desain lambung kapal dan struktur internal agar lebih tahan terhadap benturan. Studi ini juga menyoroti pentingnya integrasi hasil uji eksperimental dengan simulasi komputer dalam proses desain kapal.

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 .

1.2.6 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 kapal dan awaknya (Faltinsen, 1990). Gambar 11 berikut

fenomena *slamming* pada kapal.





Gambar 11. Fenomena *slamming*

Sumber : https://www.researchgate.net/figure/2-Slamming-phenomenon-ship-falls-down-after-wave-5_fig2_294291948

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 hingga menghasilkan beban *impact* yang disebut beban *slamming*.

Slamming pada kapal banyak terjadi di daerah operasi yang kondisi lingkungannya mempunyai gelombang yang besar, seperti di *North Sea* dan *Gulf of Mexico*. Di daerah lain meskipun rata-rata kondisi lingkungannya tidak ganas namun *slamming* mungkin terjadi pada musim-musim tertentu dimana gelombang cukup besar.

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 batas *slamming* atau *threshold velocity* (Bhattacharyya, 1978).



Skala Energi

energi merupakan salah satu prinsip dasar dalam fisika yang ada 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 tanpa pengaruh dari luar), jumlah total energi tetap konstan. Ini bisa dirumuskan sebagai:

$$Em_1 = Em_2 \quad (3)$$

$$Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2 \quad (4)$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (5)$$

Dimana,

Em : energi mekanik (J)

Ep : energi potensial (J)

Ek : energi kinetik (J)

m : massa benda (kg)

g : percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

h : ketinggian benda dari suatu titik referensi (m)

v : kecepatan benda (m/s)

1.2.8 Ansys

Ansys merupakan *software* berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah – masalah rekayasa (*engineering*). Penggunaan



simulasi struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan Ansys merupakan *Computer Aided Engineering* (CAE) yang Ansys, Inc. Perusahaan tersebut telah mengembangkan banyak 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 kearah 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 puntir dan modulus deformasi harus bernilai positif. Karet memiliki *poisson ratio* mendekati 0,5. Polimer busa memiliki *poisson ratio* negatif, jika material tersebut ditarik, ketebalannya justru akan bertambah. Misalnya pada sebuah baja dengan *poisson rasion* 0,3. Hal tersebut berarti bahwa jika ada satu inci per inci deformasi ke arah tegangan yang diberikan, maka akan terdapat 0,3 inci per inci deformasi yang tegak lurus terhadap 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 iatu zat, yakni massa dan volume. Secara matematis, massa jenis a ditentukan melalui persamaan berikut ini:

(6)



- ρ = massa jenis (kg/m^3)
 m = massa zat (kg)
 V = volume zat (m^3)

C. Modulus Young

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan dari suatu benda. Modulus elastisitas dilambangkan dengan E dan satuannya N/m^2 . 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.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (7)$$

dengan:

- E = modulus Young (N/m^2 atau Pa)
 σ = tegangan (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 Rhinoceros.
- 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 *analysis systems* Ansys yang berfungsi untuk mengkaji *ansient explicit dynamics* yang dapat menampilkan simulasi dalam bidang-bidang rekayasa, termasuk kelakuan pemodelan nonlinear dari benda-benda solid, fluida, gas dan interaksi yang dengannya. Sub program Ansys *explicit dynamics* dapat 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 *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 untuk melakukan visualisasi fisik dalam kurun waktu singkat terhadap pemodelan atau produk yang dibuat yang memiliki kasus nonlinear tinggi dan gaya transien dinamik sehingga dapat memaksimalkan desain atau produk yang sudah dibuat.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \quad (8)$$

Dimana,

- 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, dan energi dalam koordinat Lagrangian. Persamaan ini sama dengan pemodelan material dan acuan serta kondisi batas ditentukan akan menghasilkan solusi lengkap dalam sebuah masalah analisis.



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,

$$\frac{\rho_0 V_0}{V} = \frac{m}{V} \quad (9)$$

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

$$\rho \ddot{x} = b_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \quad (10)$$

$$\rho \ddot{y} = b_y + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} \quad (11)$$

$$\rho \ddot{z} = b_z + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} \quad (12)$$

Konservasi dari sebuah energi diperlihatkan sebagai,

$$\dot{e} = \frac{1}{\rho} (\sigma_{xx} \dot{\epsilon}_{xx} + \sigma_{yy} \dot{\epsilon}_{yy} + \sigma_{zz} \dot{\epsilon}_{zz} + 2\sigma_{xy} \dot{\epsilon}_{xy} + 2\sigma_{yz} \dot{\epsilon}_{yz} + 2\sigma_{zx} \dot{\epsilon}_{zx}) \quad (13)$$

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 dalam *explicit dynamic* kita tidak mencari persamaan keseimbangan, kita hanya mencari hasil dari sebuah titik waktu sebelumnya untuk memperkirakan hasil pada waktu analisis berikutnya. Tidak diperlukan untuk sebuah iterasi. Dalam hasil simulasi *explicit dynamics*, massa, momentum dan energi harus diperhatikan. Hanya massa dan konservasi momentum yang dihasilkan. 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 ap sudut jatuh kapal dengan bentuk *straight bow* pada saat t_0 menggunakan *software* Ansys.



BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pelaksanaan penelitian terhitung mulai dari bulan April hingga September 2024.

2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini berbasis simulasi, yaitu menginvestigasi gerak *slamming* pada bagian haluan kapal dengan menggunakan *straight 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 Aluminium. Adapun data ukuran utama dapat dilihat pada Tabel 1.

A. Data Umum

- a. Nama kapal : Farra Ciara
- b. Tipe kapal : *Passengesr Ship*
- c. *Flag* : *Unitede Kingdom*
- d. Jenis material kapal : Aluminium

B. Ukuran Utama Kapal

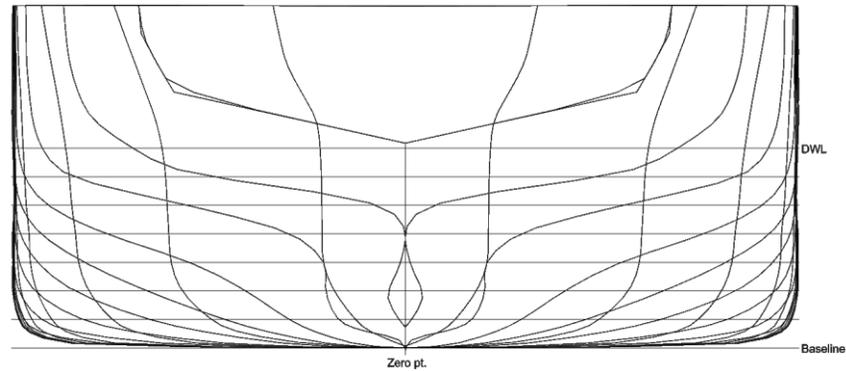
Tabel 1. Ukuran utama kapal

| No. | Ukuran Utama | Nilai | Satuan |
|-----|-----------------------|-------|--------|
| 1 | Length Over All (LOA) | 157 | m |
| | Breadth (B) | 28 | m |
| | Depth (H) | 12 | m |
| | Draught (T) | 7 | m |
| | data | | |



C. Rencana Garis Air (*Lines Plan*)

Gambar rencana garis air untuk model kapal yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat seperti Gambar 12 berikut.



Plan kapal
data

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.

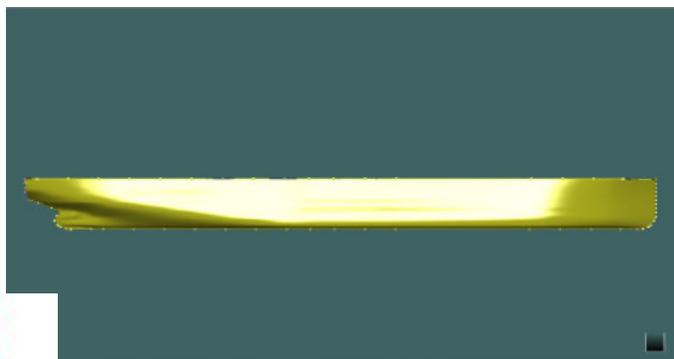
2.4 Metode Pengolahan Data

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 Dynamic* 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 Rhinoceros 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. Berikut gambar model kapal.

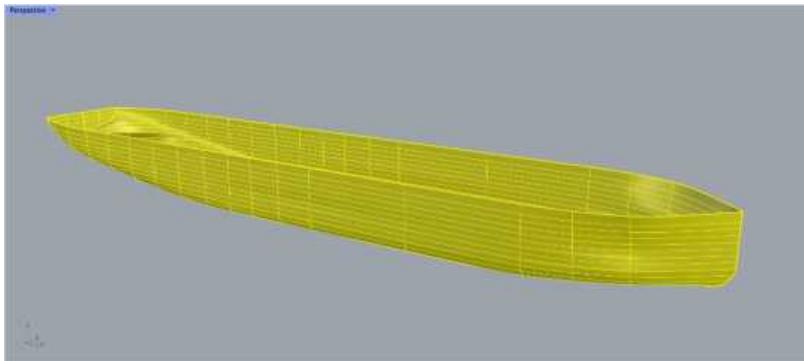
Kapal dimodelkan dengan bantuan *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dimana menggunakan *straight bow*. Visualisasi model kapal yang dibuat di *software* Maxsurf Pro Modeler V.20 Bentley dapat dilihat seperti Gambar 13.



sasi model kapal
data

Penelitian ini hanya berfokus pada haluan saja maka gambar yang akan di simulasikan hanya pada haluan mulai dari sekat haluan hingga ujung *straight 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.

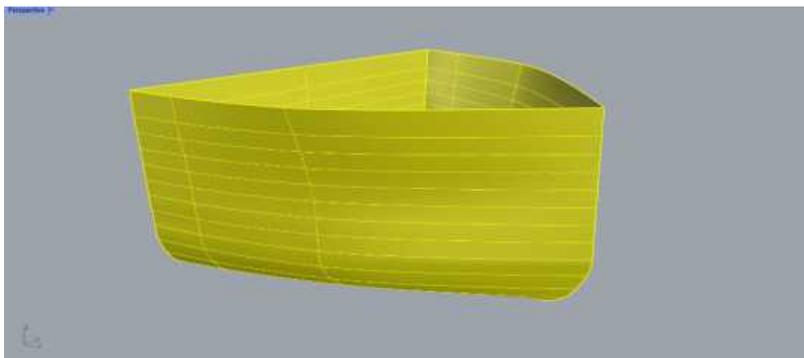
1. Buka *Software* Rhinoceros 6 dan *import file* model yang telah dibuat pada Maxsurf. Tampilan awal *file* yang telah di *import* seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Proses *import* file Maxsurf ke Rhinocros 6

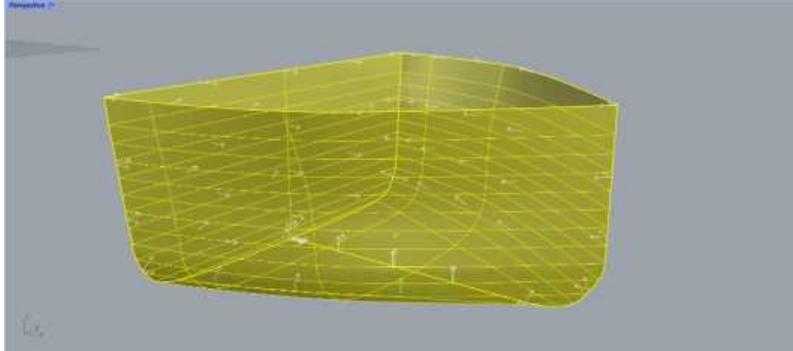
Sumber: Hasil olah data

2. Setelah itu model akan di *trim* pada sekat haluannya karena yang akan disimulasikan hanya bagian haluannya saja seperti pada Gambar 15. Hal ini dilakukan untuk memudahkan simulasi yang akan dilaksanakan.



sasi haluan yang akan disimulasikan data

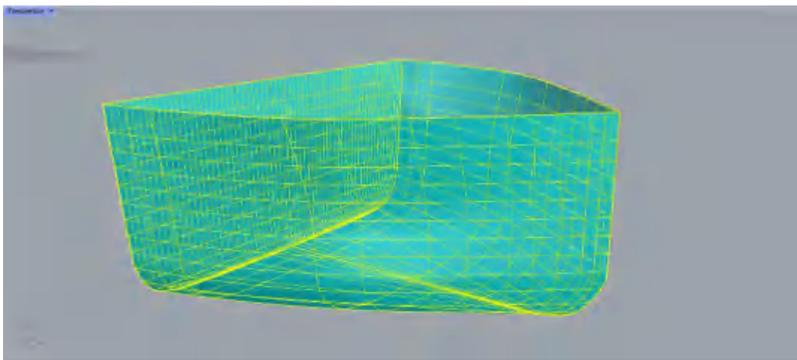
mberi ketebalan kulit pada model dengan cara menggunakan *tool* rti pada Gambar 16.



Gambar 16. Proses penggambaran ketebalan kulit pada model

Sumber: Hasil olah data

4. Setelah menggambar ketebalan kulit maka model menjadi akan menjadi *Closed Polysurface* pada bagian kanan atas maka model dinyatakan solid seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Model haluan kapal yang telah solid

Sumber: Hasil olah data

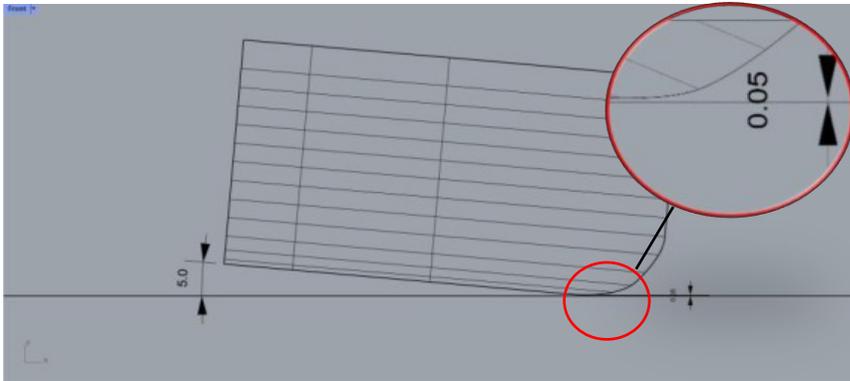
Selanjutnya model yang telah solid di *export* dalam format rhino 3-D model (.3dm) kemudian dilakukan simulasi pada *Software Ansys Workbench 2021 R2-Explicit Dynamics*.

2.4.2. Dropping test

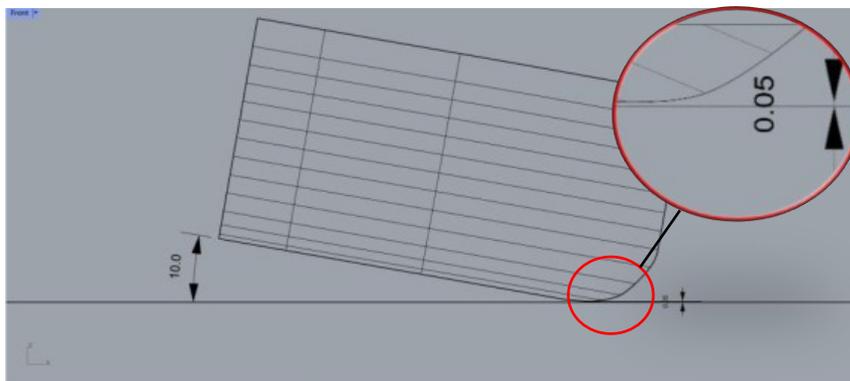
Untuk mendapatkan pengaruh sudut jatuh kapal terhadap nilai tekanan, simulasi dilakukan dengan 4 sudut jatuh pada saat dijatuhkan yang disimulasikan *ns Explicit Dynamics*.



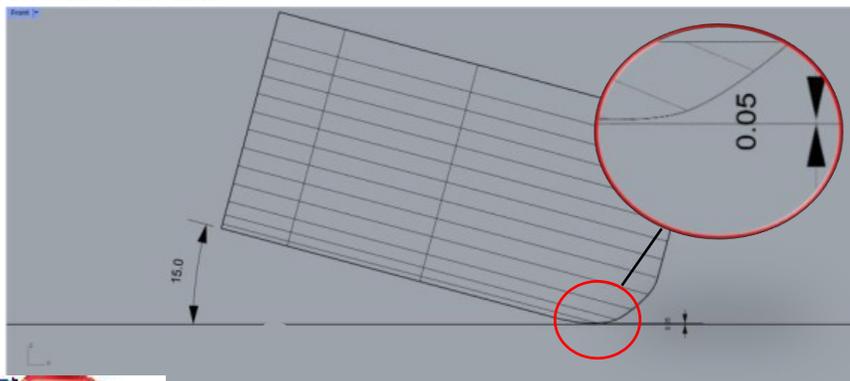
n kapal diposisikan di atas tanki dengan jarak 5 cm (0,05m) di atas permukaan air. Kemudian dimiringkan sebesar sudut jatuh 10 derajat, 15 derajat, dan 20 derajat). Peletakan haluan kapal Gambar 18 sampai Gambar 21 seperti berikut.



Gambar 18. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 5 derajat
 Sumber: Hasil olah data

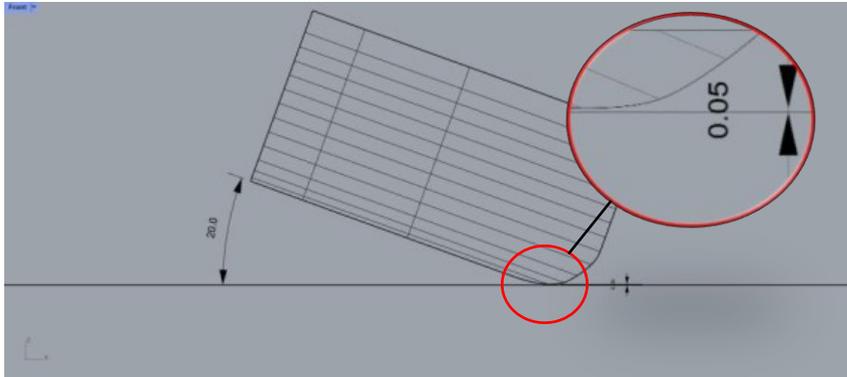


Gambar 19. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 10 derajat
 Sumber: Hasil olah data



Gambar 20. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 15 derajat
 Sumber: Hasil olah data

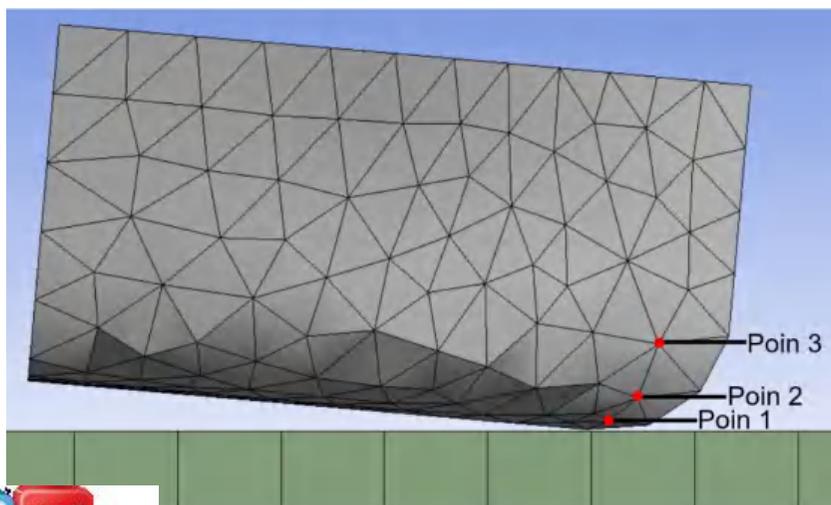




Gambar 21. Visualisasi dropping test dengan sudut jatuh 20 derajat
Sumber: Hasil olah data

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 *straight bow* sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 22 yang telah ditentukan dan secara konsisten untuk tiap kondisi kemiringan. Ordinat poin ditentukan dari titik 0 buritan kapal yaitu, poin 1 (153,27m;0,28m), poin 2 (154,2m;1,17m) dan poin 3 (154,8m;3,07m).



yang dideteksi pada bagian haluan *straight bow*
data

2.4.4. Simulasi Ansys *Explicit Dynamics*

Simulasi numerik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Software Ansys Workbench 2021 R2 -Explicit Dynamics*. Simulasi ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

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* yang memuat beberapa menu antara lain *Engineering Data, Geometry, Model, Setup, Solution, dan Results*.

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*. 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.

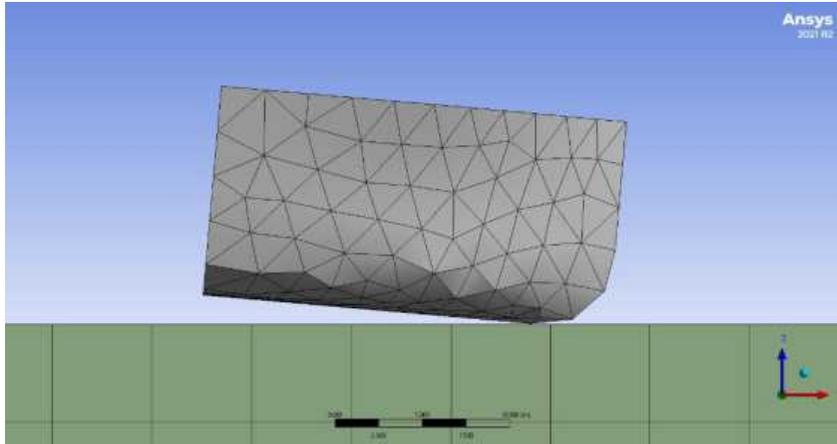
Material air dapat dipilih dengan menekan *Engineering Data Sources*. *Engineering Data Sources* memuat berbagai jenis material, mulai dari *General Material, Thermal Material, Fluid Material* hingga *Geomechanical Material*. Untuk material air sendiri, dapat dipilih pada *Fluid Material* dengan nama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

Selanjutnya, mengimpor model haluan kapal, air, serta kolam yang akan disimulasikan pada menu utama *Geometry*. Hasil *import* akan terdefinisi sebagai suatu geometri, dimana geometri tersebut terbagi menjadi beberapa *part* atau bagian. Bagian-bagian tersebut harus didefinisikan sesuai dengan jenis material yang telah ditentukan sebelumnya.

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 1, dapat dilihat pada Gambar 23.

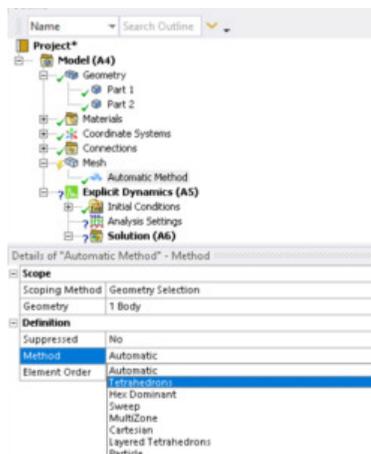




Gambar 23. Contoh penggunaan *Tetrahedron Mesh*

Sumber: Hasil olah data

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 24.



Gambar 24. Tampilan dari *Mesh Methode*

Sumber: Hasil olah data

4. Mengatur solver

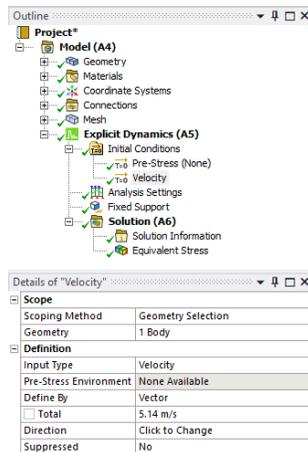


Optimized using
trial version
www.balesio.com

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

Bertujuan untuk menambahkan kecepatan suatu geometri dengan arah tertentu. Simulasi yang akan dilakukan yaitu *drop test* haluan pada ketinggian 1,5 meter dari permukaan air. Tetapi, simulasi memerlukan waktu yang sangat lama maka tinggi *drop test*

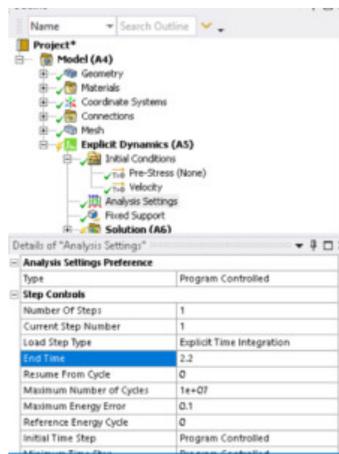
ditrunkan menjadi 5 cm sebelum menyentuh permukaan air sehingga penambahan kecepatan disesuaikan dengan kondisi tersebut. Penambahan kecepatan pada geometri dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Detail dari Velocity
 Sumber: Hasil olah data

b. *Analysis setting*

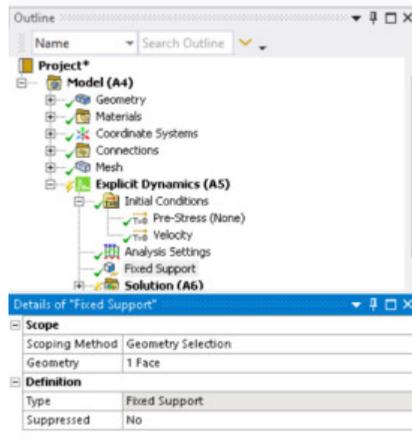
Pada gambar 26, menunjukkan *end time* dari simulasi yang akan dilakukan. *End time* adalah waktu maksimum suatu fenomena yang akan disimulasikan pada software Ansys.



Analysis Setting
 data

port

port bertujuan untuk menahan geometri pada posisinya akibat tasi. Pengaturan *fixed support* dapat dilihat pada Gambar 27.

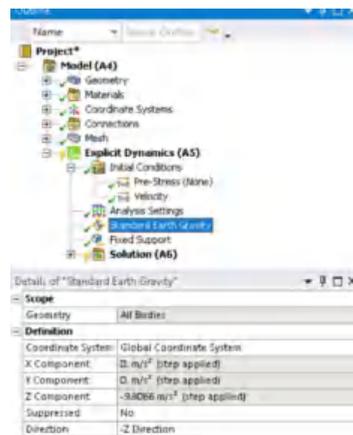


Gambar 27. Detail dari *Fixed Support*

Sumber: Hasil olah data

d. *Standard earth gravity*

Menambahkan *Standard earth gravity* bertujuan agar geometri dapat jatuh bebas sesuai dengan arah yang dikehendaki. Gambar 28 menunjukkan bahwa geometri berada di sumbu z, sehingga *direction* atau arah gravitasi harus bernilai negatif di sumbu z.



Gambar 28. Detail dari *Standard Earth Gravity*

Sumber: Hasil olah data



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Hasil simulasi yang didapatkan akan diverifikasi sesuai dengan hasil yang ditentukan. Jika hasil simulasi tidak memenuhi persyaratan, pengecekan ulang terhadap permodelan serta tahap simulasi yang sebelumnya. Adapun verifikasi yang dimaksudkan adalah konvergensi model.

2.4.6. Analisis Data

Setelah proses running dan verifikasi telah selesai, maka data grafik tekanan akan muncul. Adapun hasil yang dikeluarkan berupa *impact pressure* pada model haluan kapal yang dimiringkan secara global dan lokal, maka dapat dianalisis hubungan sudut jatuh kapal dengan tekanan yang dihasilkan.

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. Alur Penguujian

