[Investigasi Khusus 2026-001]

Laporan Investigasi Khusus Kecelakaan Maritim

- Tenggelamnya Kapal Penangkap Ikan Seogyeong No. 22 -

Tanggal Kecelakaan: 9 Februari 2025

Tanggal Publikasi: 24 Maret 2026

Pengadilan Keselamatan Maritim Korea
Divisi Investigasi Khusus

CATATAN

Laporan ini disusun berdasarkan Pasal 18-3 Undang-Undang tentang Penyidikan dan Peradilan Kecelakaan Maritim yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kecelakaan maritim dan membagikan pembelajaran untuk mencegah terjadinya kecelakaan maritim serupa di kemudian hari.

Perlu diketahui bahwa peraturan perundang-undangan maupun nama lembaga yang disebutkan dalam laporan ini mengacu pada keadaan pada saat laporan ini disusun.

Daftar Isi

1. Gambaran Umum Kecelakaan ····· 2

2. Informasi Faktual ····· 4

2.1 Spesifikasi Kapal ····· 4

2.2 Manajemen Kapal dan Operasi Penangkapan Ikan ····· 6

2.3 Komposisi Awak Kapal ····· 7

2.4 Metode Penangkapan Ikan dengan Pukat Hela (Trawl) Besar ····· 7

2.5 Kondisi Cuaca di Laut ····· 8

2.6 Pintu Slipway Buritan dan Lubang Pembebasan ····· 10

3. Kronologi Kecelakaan ····· 13

3.1 Keberangkatan dan Operasi Penangkapan Ikan Pertama ····· 13

3.2 Terjadinya Kecelakaan ····· 14

3.3 Pencarian dan Penyelamatan ····· 16

3.4 Akibat Kecelakaan ····· 16

4. Analisis Kecelakaan ····· 19

4.1 Analisis Jejak Pelayaran ····· 19

4.2 Evaluasi Kondisi Muatan Kapal dan Stabilitas Kapal saat Keberangkatan ····· 20

4.3 Pemeriksaan Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kapal Terbalik ····· 24

4.4 Analisis Kondisi Pergerakan Lambung Kapal saat Kecelakaan ····· 25

4.5 Analisis Lengan Penegak (GZ) pada Kondisi Penuh Muatan dan Pengaruh Masuknya Air ····· 26

4.6 Simulasi Terbalik dan Tenggelamnya Kapal ····· 29

4.7 Muatan Melebihi Garis Muat Maksimum saat Keberangkatan ····· 33

4.8 Pintu Slipway Buritan Kapal Tidak Ditutup ····· 35

4.9 Ketidaktepatan Teknik Pelayaran saat Cuaca Buruk ····· 37

5. Kesimpulan ····· **39**

6. Poin Pembelajaran ····· **41**

6.1 Pemeriksaan Garis Muat Maksimum dan Pencegahan Muatan Berlebih Secara Ketat Sebelum Keberangkatan ····· 41

6.2 Penutupan Pintu Slipway untuk Menjaga Stabilitas Lambung Kapal ····· 41

6.3 Pemahaman dan Penerapan Teknik Pelayaran untuk Memastikan Keselamatan saat Cuaca Buruk ····· 42

7. Rekomendasi ····· **44**

7.1 Pengawasan dan Pengelolaan yang Ketat untuk Mencegah Kelebihan Muatan Kapal Penangkap Ikan ····· 44

7.2 Penutupan Pintu Slipway dan Peningkatan Pelatihan Keselamatan dalam Teknik Pelayaran saat Cuaca Buruk ····· 44

BAB

1

Gambaran Umum Kecelakaan

1. Gambaran Umum Kecelakaan

1.1 Kapal Seogyeong No. 22 adalah kapal penangkap ikan dengan pukat hela (trawl) besar dengan tonase kotor (GT) 139 ton, bertolak dari Pelabuhan Gamcheon, Busan pada 8 Februari 2025 sekitar pukul 12.55 menuju area penangkapan ikan di Heuksando dengan mengangkut 14 orang awak kapal termasuk nakhoda.

1.2 Pada saat kapal berangkat, peringatan gelombang tinggi[1)] sedang berlaku di wilayah perairan yang akan dilalui. Kapal terus berlayar ke arah barat setelah meninggalkan Pelabuhan Gamcheon untuk menuju area penangkapan ikan yang direncanakan di perairan sebelah barat Heuksando.

1.3 Sekitar 7 jam setelah berangkat, kapal melakukan penebaran jaring pertama pada tanggal 8 Februari sekitar pukul 19.00, lalu mengangkat jaring pada hari yang sama sekitar pukul 23.00 dan memperoleh sekitar 15 peti hasil tangkapan. Hasil tangkapan tersebut disimpan di ruang pembekuan cepat. Jaring yang telah digunakan dirapikan dan diletakkan di tengah geladak buritan[2)].

1.4 Jaring di atas geladak dibentangkan untuk persiapan penebaran jaring berikutnya, dengan sebagian jaring dijulurkan hingga ke ujung buritan, dan bagian ujung jaring telah diikat agar tidak jatuh ke laut atau tersangkut baling-baling.

1.5 Kapal selanjutnya melanjutkan pelayaran normal, namun pada 9 Februari sekitar pukul 00.42, kecepatannya turun drastis dari sekitar 11 knot menjadi di bawah 7 knot, dan mendadak lambung miring ke kiri secara berlebihan. Haluan kapal berubah secara signifikan dari sekitar 250 derajat menjadi sekitar 075 derajat, dan sinyal AIS hilang pada hari yang sama sekitar pukul 00.43.

1.6 Setelah lambung kapal miring ke kiri, kapal tidak dapat kembali ke posisi semula dan laju kemiringannya bertambah cepat. Kapal diperkirakan terbalik dalam waktu sekitar kurang dari 5 menit sejak lambung mulai miring ke kiri.

1.7 Ketika kecelakaan terjadi, air laut dalam jumlah besar masuk ke atas geladak melalui buritan dan bagian lainnya sehingga menggenangi area akomodasi dan ruangan lainnya. Diperkirakan kapal kehilangan stabilitas kemudian terbalik pada 9 Februari 2025 sekitar pukul 00.43 dan tidak lama kemudian tenggelam. Lokasi kecelakaan berada di perairan dengan jarak sekitar 10,8 mil laut pada arah 086 derajat dari Menara Suar Sangbaekdo, Yeosu.

1.8 Setelah kecelakaan terjadi, melalui operasi pencarian dan penyelamatan oleh penjaga pantai dan pihak terkait, sebanyak 4 dari 14 orang awak kapal berhasil diselamatkan dalam keadaan hidup. Sebanyak 5 orang awak kapal berkewarganegaraan Korea termasuk nakhoda berhasil dievakuasi namun meninggal dunia, sedangkan 5 orang awak kapal yang hilang termasuk markonis tidak berhasil ditemukan.

---

1) Pada Perairan Lepas Pantai Dalam Laut Selatan Bagian Timur, berlaku peringatan gelombang tinggi mulai tanggal 8 Februari 2025 pukul 05.00, peringatan dicabut pada tanggal 9 Februari 2025 pukul 03.00

2) Dikutip dari kesaksian awak kapal yang selamat

BAB

2

Informasi Faktual

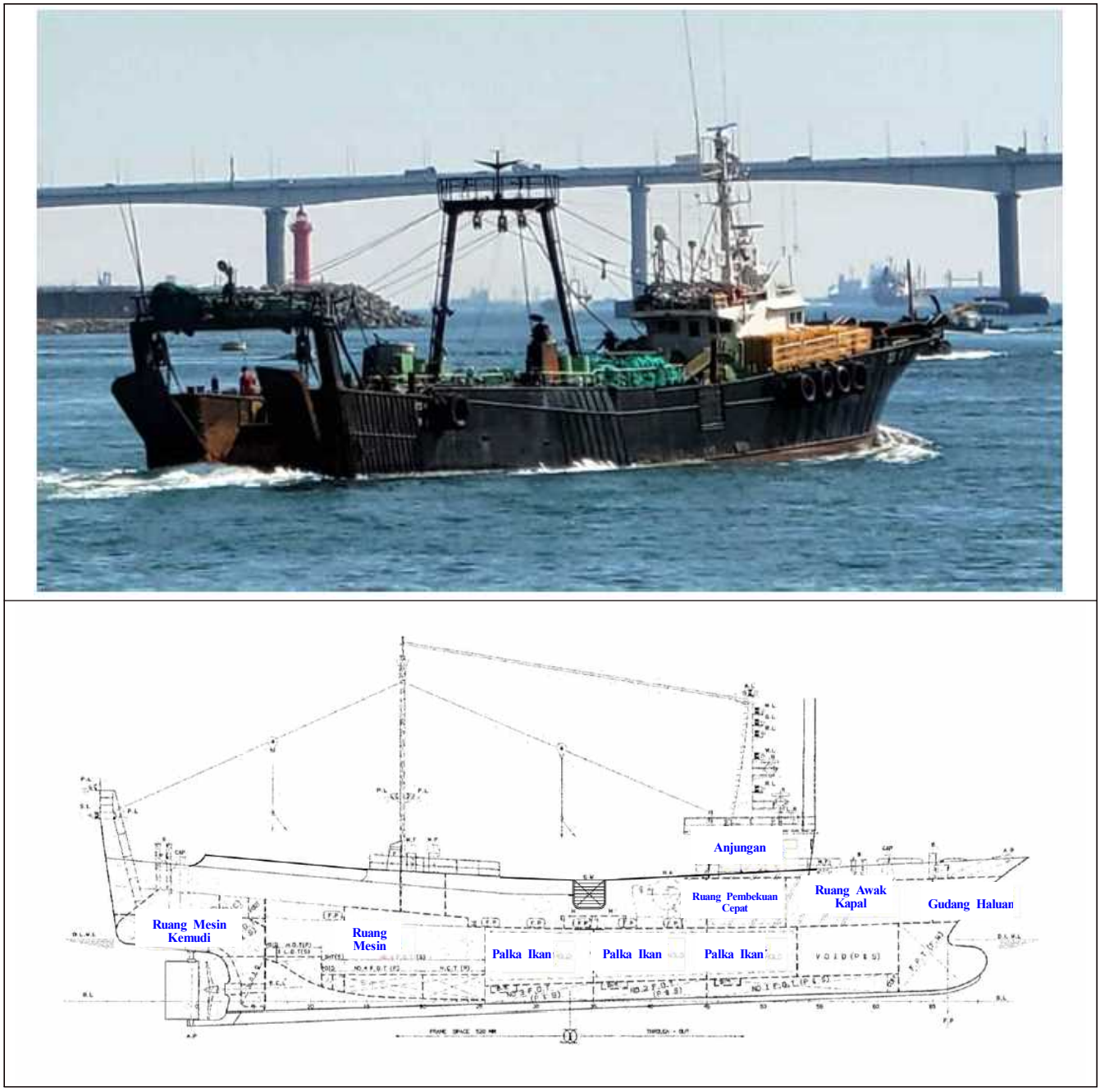
2. Informasi Faktual

2.1 Spesifikasi Kapal

2.1.1 Kapal Seogyeong No. 22 adalah kapal pukat hela (trawl) besar yang diluncurkan pada 18 September 1996 di Galangan Kapal Daewon, Republik Korea. Spesifikasi kapal ini memiliki tonase kotor (GT) sebesar 139 ton, panjang 36,69 meter, lebar 7,15 meter, dan tinggi 3,28 meter, serta dilengkapi dengan 1 unit mesin diesel kapal berdaya maksimum 1.293 kW.

Nama Kapal	Seogyeong No. 22
Kebangsaan	Republik Korea
Pelabuhan Pendaftaran	Kota Metropolitan Busan
Jenis Kapal	Kapal Penangkap Ikan (Pukat Hela/Trawl Besar)
Jenis Hasil Tangkapan Utama	Ikan Layur, Ikan Bawal Putih, Cumi-cumi, Ikan Makerel Pasifik, dll
Area Operasi Penangkapan	Lepas Pantai
Pemilik Kapal	Moon**
Kapasitas Maksimum Awak (orang)	14
Galangan Pembuat	Galangan Kapal Daewon
Tanggal Peluncuran	18 September 1996
Lembaga Inspeksi Kapal	Korea Maritime Transportation Safety Authority (KOMSA)
Tonase Kotor (Ton)	139,00
Panjang (Meter)	36,69
Lebar (Meter)	7,15
Tinggi (Meter)	3,28
Mesin Utama	Mesin Diesel Kapal
Daya Maksimum (kW)	1.293
Baling-baling	Baling-baling tetap (1 unit)
Kemudi	1

<Tabel 1> Spesifikasi Utama Kapal Seogyeong No. 22



<Gambar 1> Tampilan Menyeluruh Kapal Seogyeong No. 22 (Atas) dan Rencana Umum Kapal (Bawah)

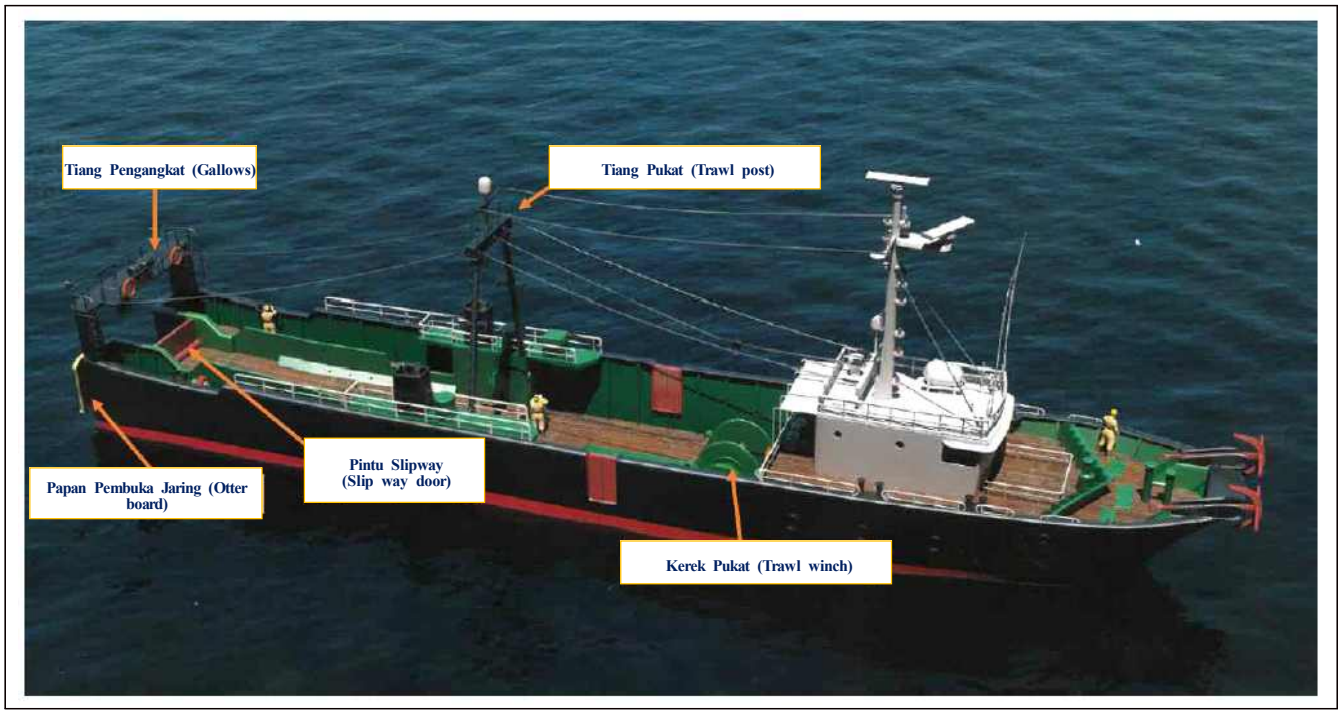
2.1.2 Kapal Seogyeong No. 22 merupakan kapal penangkap ikan berbahan baja (*steel*) dengan anjungan (ruang kemudi) di bagian haluan (tipe *bridge-forward*). Dimulai dari bagian haluan kapal ini, di bawah geladak haluan terdapat gudang haluan, ruang akomodasi awak kapal, dan ruang pembekuan cepat. Di bagian atas tengah geladak haluan terdapat anjungan. Di bawah bagian tengah geladak atas terdapat 3 buah palka ikan, di belakangnya terdapat ruang mesin, serta di bagian ujung paling belakang terdapat ruang mesin kemudi (*steering gear room*).

2.1.3 Di anjungan kapal ini, dipasang peralatan navigasi dan komunikasi utama seperti 2 unit Radar Navigasi (RADAR), 2 unit Sistem Navigasi Satelit (*Plotter* GPS), Sistem Identifikasi Otomatis Kapal (AIS), Peralatan Radio Frekuensi Sedang/Tinggi (*Radio* SSB), dan Peralatan Radio Frekuensi Sangat Tinggi (*Radio* VHF).

2.2 Manajemen Kapal dan Operasi Penangkapan Ikan

2.2.1 Kapal Seogyeong No. 22 adalah kapal penangkap ikan yang beroperasi dalam usaha penangkapan ikan dengan pukat hela (*trawl*) besar[3] berdasarkan Undang-Undang Perikanan. Kapal ini telah menjalani Intermediate Survey Kelas 1 dari Korea Maritime Transportation Safety Authority (KOMSA) pada 7 Juli 2023, serta Intermediate Survey Kelas 2 pada 11 Juni 2024, dengan masa berlaku sertifikat hingga 11 Juli 2025.

2.2.2 Pelabuhan pangkalan untuk kapal Seogyeong No. 22 adalah Pelabuhan Gamcheon, Busan. Kapal ini beroperasi terutama di Laut Barat atau lepas pantai dekat Pulau Jeju selama 2 hingga 3 hari, kemudian masuk ke Pelabuhan Gamcheon untuk membongkar hasil tangkapan. Setelah itu kapal beristirahat selama 2 hari hingga satu minggu sebelum beroperasi kembali. Jenis ikan utama yang ditangkap antara lain ikan layur, ikan bawal putih, cumi-cumi, ikan makarel pasifik dan lainnya.



<Gambar 2> Peralatan Utama Operasi Kapal Pukat Hela (Trawl) Besar
(Data dari National Institute of Fisheries Science)

2.2.3 Di geladak kapal ini, dipasang kerek pukat (*trawl winch*) yang diperlukan untuk proses pengangkatan jaring (*hauling*), penebaran jaring (*shooting*), dan penarikan jaring di dalam air (*towing*). Di bagian tengah geladak juga terdapat tiang pukat (*trawl post*) yang digunakan untuk mengoperasikan alat tangkap selama proses pengangkatan dan penebaran jaring.

2.2.4 Di bagian buritan, dipasang tiang pengangkat (*gallows*) yang berfungsi untuk menahan beban saat mengangkat alat tangkap, jalur luncur (*slipway*) tempat keluar-masuknya jaring dan hasil tangkapan, pintu *slipway* (*slipway door*) untuk mencegah air laut masuk melalui *slipway*, serta papan pembuka jaring yang berfungsi merentangkan dan membuka lebar mulut jaring saat proses penarikan jaring di dalam air.

---

[3] Usaha Penangkapan Ikan dengan Pukat Hela (*Trawl*) Besar: Kegiatan perikanan yang menggunakan 1 unit kapal penangkap ikan bertenaga mesin untuk menangkap biota laut menggunakan jaring pukat yang dilengkapi dengan papan pembuka jaring (papan berbentuk perisai yang dipasang di kedua sisi tali jaring untuk merentangkan jaring) (Peraturan Pelaksana 「Undang-Undang Perikanan」 Pasal 21 (Jenis-Jenis Perikanan Lepas Pantai) Ayat (1) Butir 6)

2.2.5 Di anjungan dipasang 2 unit pendeteksi ikan (*fish finder*) untuk mendeteksi keberadaan ikan serta mengukur kedalaman perairan dan kondisi dasar laut di lokasi penangkapan ikan.

2.3 Komposisi Awak Kapal

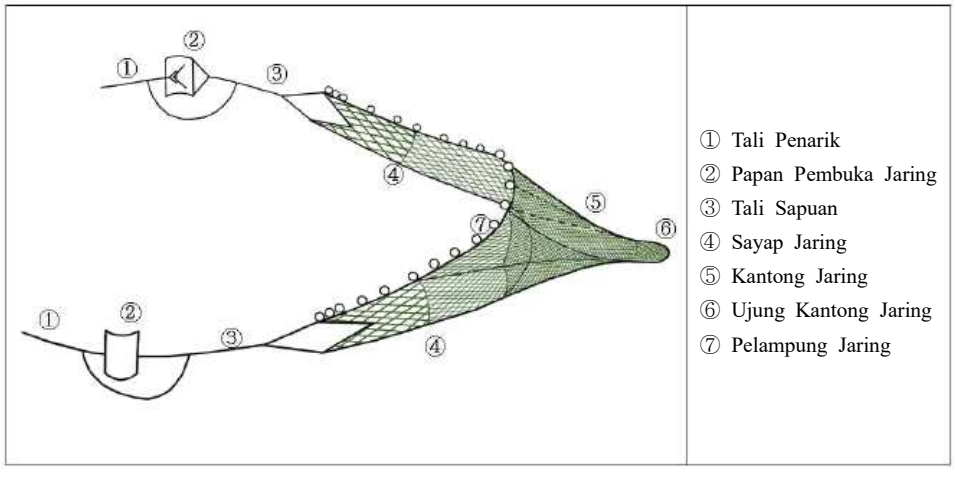
2.3.1 Saat terjadi kecelakaan, kapal Seogyeong No. 22 dinaiki oleh total 14 orang awak kapal. Sebanyak 8 orang adalah warga negara Korea, termasuk Nakhoda dan Kepala Kamar Mesin, sedangkan 6 orang awak kapal sisanya terdiri dari 3 orang warga negara Vietnam dan 3 orang warga negara Indonesia.

2.3.2 Nakhoda kapal ini memegang Sertifikat Ahli Nautika Tingkat V dan memiliki total pengalaman berlayar selama kurang lebih 22 tahun. Beliau telah bertugas sebagai nakhoda pada kapal penangkap ikan perairan pantai dan lepas pantai (*coastal-offshore*) selama kurang lebih 9 tahun 7 bulan, dan mulai bertugas di kapal ini pada 20 Juni 2024, yaitu sekitar 8 bulan sebelum terjadinya kecelakaan.

2.4 Metode Penangkapan Ikan dengan Pukat Hela (*Trawl*) Besar

2.4.1 Penangkapan ikan dengan pukat hela (*trawl*) besar adalah metode di mana 1 unit kapal penangkap ikan bertenaga mesin yang memiliki izin usaha penangkapan ikan, menarik 1 set jaring berbentuk kantong yang dilengkapi dengan papan pembuka jaring (*otter board*) untuk menangkap hewan laut yang masuk ke dalam kantong jaring tersebut.

2.4.2 Istilah pukat hela (*trawl*) dalam arti luas mengacu pada seluruh jenis alat tangkap tarik (*dragged gears*), sedangkan istilah perikanan pukat yang digunakan secara umum merujuk pada pukat yang menggunakan papan pembuka jaring[4]. Berdasarkan kedalaman penarikan alat tangkap, pukat dibedakan menjadi pukat dasar dan pukat pertengahan perairan.



<Gambar 3> Skema Alat Tangkap Pukat Hela (Trawl) Besar

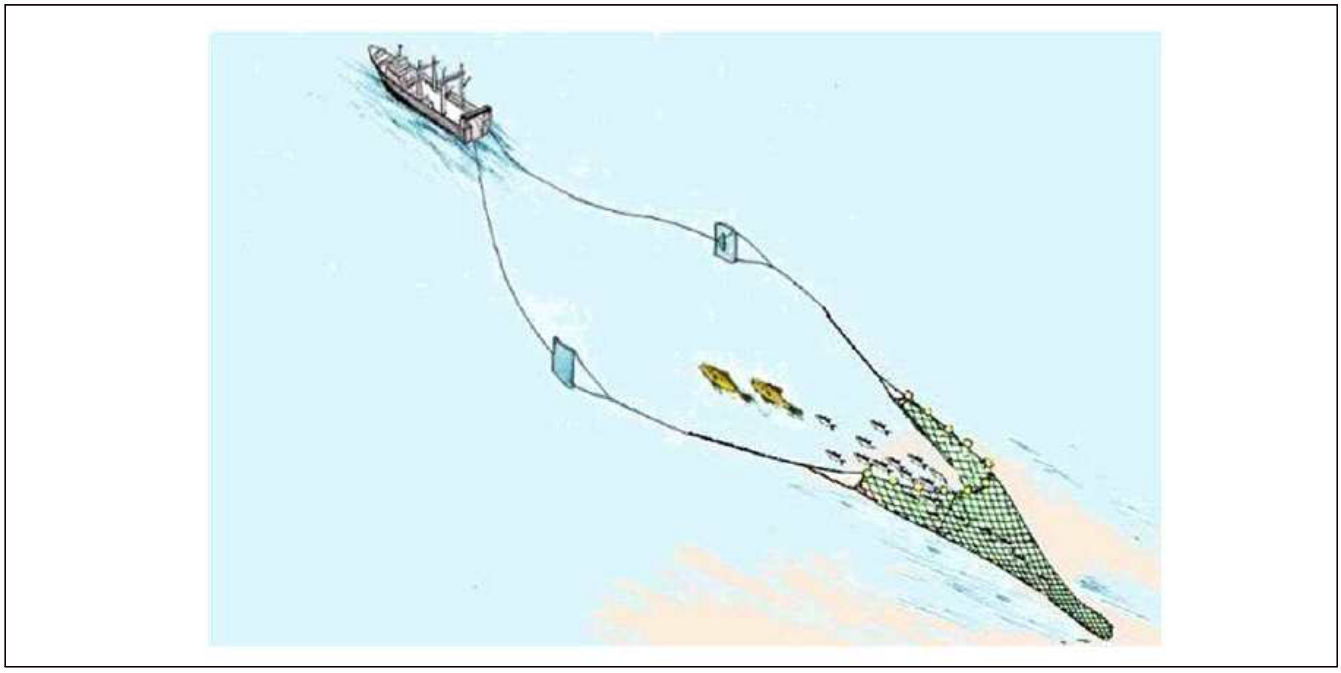
(Lampiran 2 Gambar Tambahan F-1 Peraturan Pelaksana Undang-Undang Perikanan)

[4] Mengutip hlm. 25 "Buku Panduan Bergambar Kapal Penangkap Ikan Pantai dan Lepas Pantai Korea" (terbitan National Institute of Fisheries Science)

2.4.3 Alat tangkap yang digunakan dalam perikanan pukat besar terdiri dari tali penarik, papan pembuka jaring, tali sapuan (*sweep line*), sayap jaring (*wing net*), kantong jaring (*bag net*), ujung kantong jaring dan pelampung jaring seperti yang ditunjukkan pada <Gambar 3>. Operasi penangkapan ikan dilakukan dengan urutan penebaran jaring, penarikan jaring di air, dan pengangkatan jaring.

2.4.4 Pertama-tama, penebaran jaring dilakukan dari buritan dengan urutan: kantong jaring, sayap jaring, tali sapuan, papan pembuka jaring, dan tali penarik; kemudian alat tangkap ditarik pada kedalaman penarikan yang telah direncanakan. Setelah proses penarikan selesai, pengangkatan jaring dilakukan dengan urutan terbalik: tali penarik, papan pembuka jaring, tali sapuan, sayap jaring, dan kantong jaring, di mana alat tangkap ditarik naik ke geladak melalui *slipway* yang berada di buritan.

2.4.5 Saat jaring ditarik, papan pembuka jaring mendapatkan hambatan air sehingga masing-masing terbuka ke arah kiri dan kanan, dan daya renggang tersebut diteruskan ke tali sapuan sehingga mulut jaring terbentang lebar ke kiri dan ke kanan. Selama proses penarikan, bentuk yang dibentuk oleh tali penarik dan tali sapuan menyerupai belah ketupat yang memanjang.



<Gambar 4> Diagram Skema Operasi Pukat Hela (Trawl) Besar

(Lampiran 2 Gambar Tambahan F-3 Peraturan Pelaksana Undang-Undang Perikanan)

2.5 Kondisi Cuaca di Laut

2.5.1 Kapal Seogyeong No. 22 terbalik pada 9 Februari 2025 sekitar pukul 00.43 di lokasi yang berjarak sekitar 10,8 mil laut dari Menara Suar Sangbaekdo, Kota Yeosu, dan pada saat kecelakaan terjadi, peringatan gelombang tinggi[5] sedang berlaku[6] di wilayah perairan tersebut.

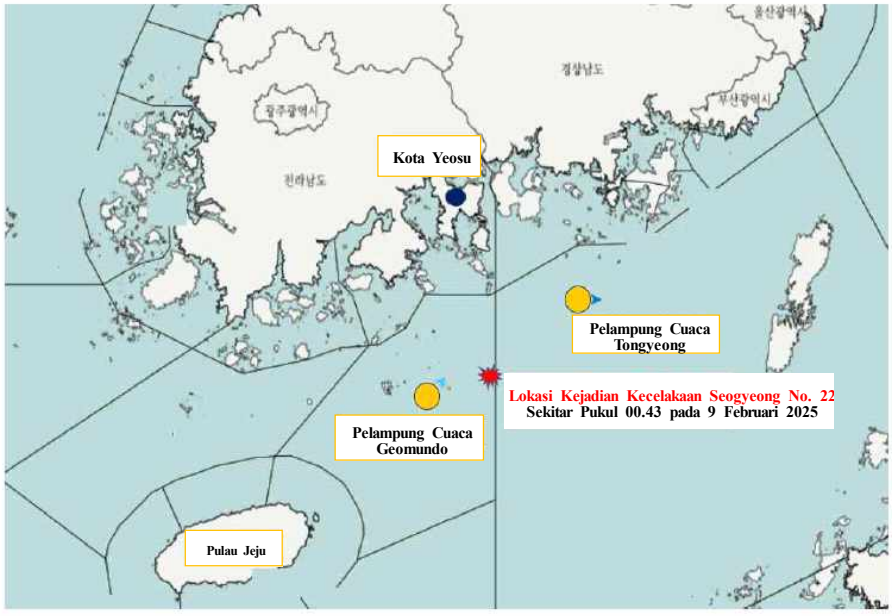
[5] Peringatan Gelombang Tinggi: Diterbitkan apabila kecepatan angin di laut mencapai 14 m/s (27 knot, 7 Skala Beaufort) atau lebih yang berlangsung selama 3 jam atau lebih, atau ketika tinggi gelombang signifikan diperkirakan mencapai 3 meter atau lebih

[6] Peringatan gelombang tinggi sedang berlaku di Perairan Lepas Pantai Timur Laut Selatan Bagian Barat dan Perairan Lepas Pantai Dalam Laut Selatan Bagian Timur, lalu dicabut pada 9 Februari 2025 pukul 03.00

2.5.2 Data hasil pengamatan[7] dari pelampung cuaca Geomundo dan Tongyeong milik Badan Meteorologi Korea (KMA) yang berada di sekitar lokasi kejadian kecelakaan kapal ini ditunjukkan pada <Tabel 2> di bawah ini, dan lokasi pelampung cuaca tersebut ditunjukkan pada <Gambar 5>.

	Arah Angin	Arah Gelombang	Kecepatan Angin	Tinggi Gelombang
Geomundo	Utara-Barat Laut	Utara-Barat Laut	10,6–10,8 m/s, Kecepatan Angin Maksimum Sesaat 15,1 m/s	Tinggi Gelombang Signifikan 1,5–1,6 m, Tinggi Gelombang Maksimum 2,5 m
Tongyeong	Utara-Barat Laut	Barat Laut	5,9–7,4 m/s, Kecepatan Angin Maksimum Sesaat 9,8 m/s	Tinggi Gelombang Signifikan 1,2–1,3 m, Tinggi Gelombang Maksimum 1,3 m

<Tabel 2> Data Pengamatan Pelampung Cuaca (Pukul 00.00-01.00, 9 Februari 2025)



<Gambar 5> Lokasi Pelampung Cuaca di Sekitar Lokasi Kejadian Kecelakaan

2.5.3 Berdasarkan data pengamatan pelampung cuaca di sekitar lokasi kejadian kecelakaan dari pukul 00.00 hingga 01.00 pada 9 Februari 2025, pada data pengamatan Pelampung Cuaca Geomundo yang berjarak paling dekat dengan lokasi kejadian kecelakaan, pada saat itu di laut bertiup angin utara-barat laut dengan kecepatan sekitar 10,6 hingga 10,8 m/s.

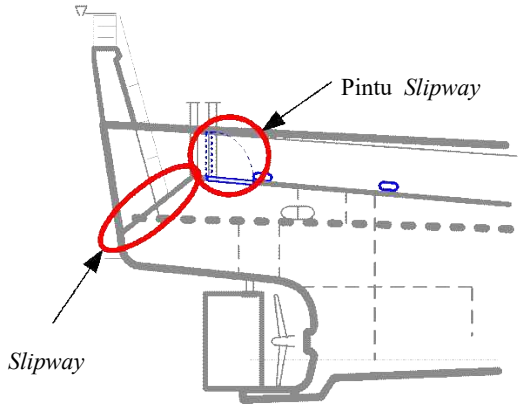
2.5.4 Selain itu, kecepatan angin maksimum sesaat mencapai 15,1 m/s, tinggi gelombang signifikan diperkirakan sekitar 1,5 hingga 1,6 meter, arah gelombang dari arah utara-barat laut, dan tinggi gelombang maksimum diperkirakan mencapai 2,5 meter.

2.5.5 Kondisi cuaca laut setempat yang dikonfirmasi oleh kapal patroli Penjaga Pantai Korea (KCG) pada saat kejadian kecelakaan, juga memperlihatkan angin barat laut berkecepatan sekitar 10 hingga 12 m/s dan tinggi gelombang sekitar 2 meter, sehingga dapat dipastikan bahwa kondisi tersebut tidak berbeda jauh dari data pengamatan pelampung cuaca milik Badan Meteorologi Korea (KMA).

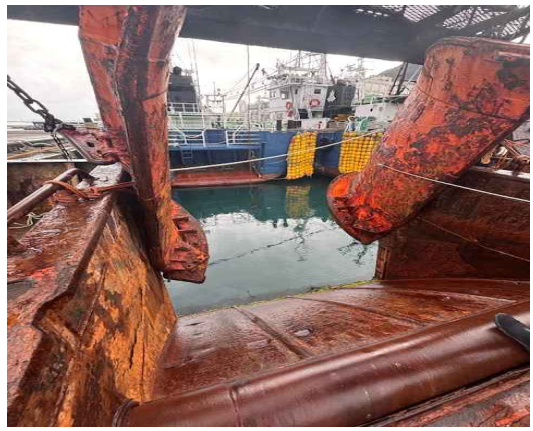
[7] Referensi: website cuaca Badan Meteorologi Korea (www.weather.go.kr), Portal Informasi Cuaca Laut, Portal Keterbukaan Data Meteorologi, data penyidikan Penjaga Pantai Korea (KCG), dan lain-lain.

2.6 Pintu *Slipway* Buritan dan Lubang Pembebasan

2.6.1 Pada bagian buritan kapal pukat hela (*trawl*) besar, terpasang *slipway* untuk menarik naik jaring ikan. Gambar skema *slipway* kapal Seogyeong No. 22 serta bentuk *slipway* yang terpasang pada kapal sejenis ditunjukkan pada gambar berikut.



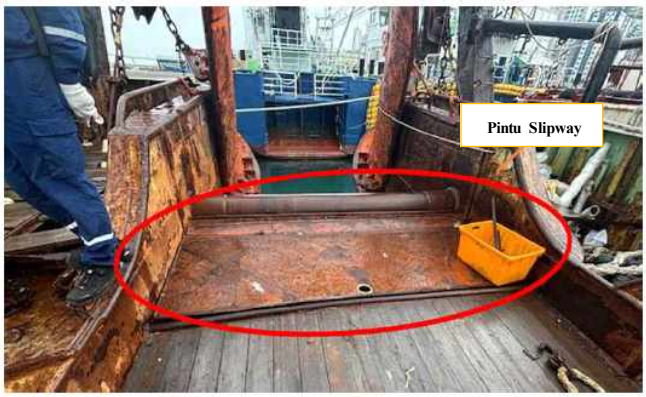
< Skema *Slipway* Kapal Seogyeong No. 22>



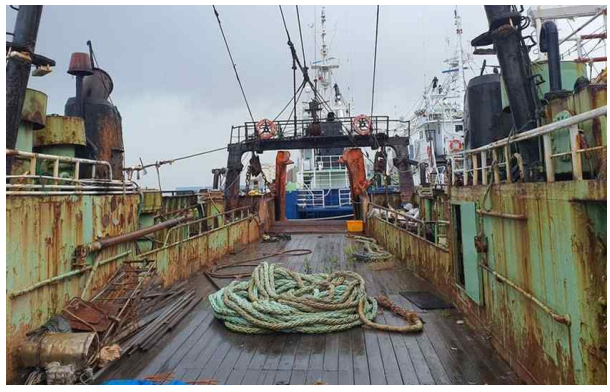
< Tampilan *Slipway* pada Kapal Sejenis >

<Gambar 6> Skema Slipway Kapal Seogyeong No. 22 dan Tampilan Slipway pada Kapal Sejenis

2.6.2 Pada *slipway*, terpasang pintu *slipway* yang bertujuan untuk mencegah air laut mengalir masuk melalui *slipway* serta untuk menjaga stabilitas badan kapal. Bentuk pintu *slipway* yang terpasang pada kapal sejenis ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



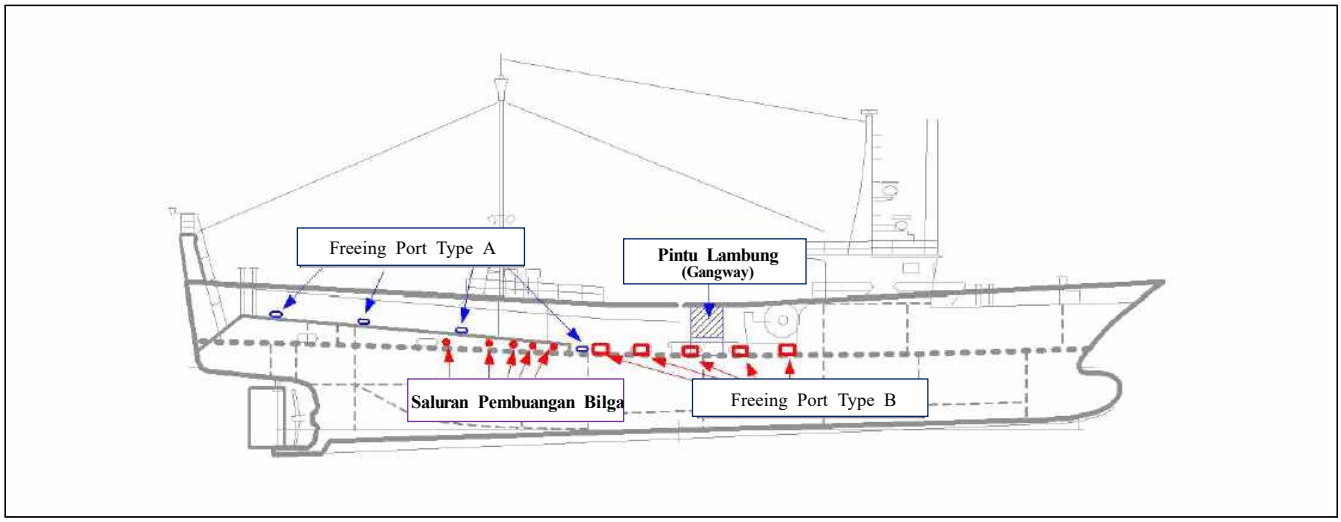
< Pintu *Slipway* pada Kapal Sejenis >



< Geladak Buritan pada Kapal Sejenis >

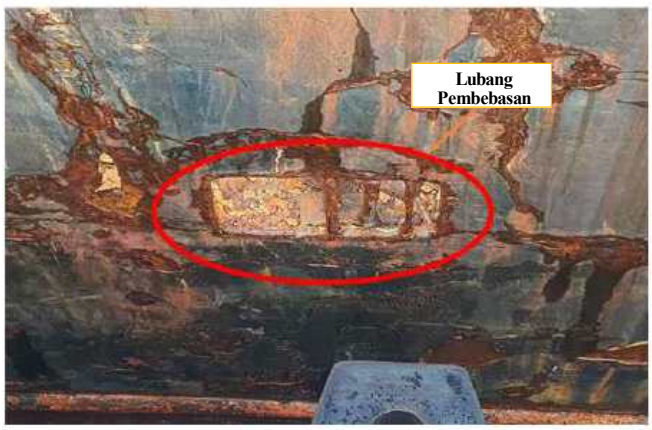
<Gambar 7> Pintu Slipway dan Geladak Buritan pada Kapal Sejenis

2.6.3 Lubang pembebasan (*freeing port*) adalah struktur yang berfungsi untuk membuang air laut yang tergenang di geladak atau sumur (*well*)[8] kapal ke luar kapal secara cepat[9]. Lokasi lubang pembebasan pada kapal ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



<Gambar 8> Lokasi Lubang Pembebasan Kapal Seogyeong No. 22

2.6.4 Lubang pembebasan di geladak terangkat (*raised deck*) (*Freeing Port Type A*) berjumlah total 4 buah yang terletak di lambung kiri dan lambung kanan. Lubang pembebasan berpenutup (*Freeing Port Type B*) berjumlah 5 buah yang ditempatkan di bagian tengah geladak atas, dan bentuk lubang pembebasan dengan tipe yang sama pada kapal sejenis ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



< Lubang Pembebasan di *Raised Deck* (Tipe A) >

< Lubang Pembebasan Berpenutup (Tipe B) >

<Gambar 9> Bentuk Lubang Pembebasan pada Kapal Sejenis

[8] Standar Struktur Kapal Perikanan Pasal 5 (Definisi): "Sumur (*well*)" mengacu pada bagian yang dikelilingi oleh geladak terbuka dan bulwark atau suprastruktur dan bulwark, merupakan area di mana air dalam jumlah besar dapat tergenang di atas geladak akibat olengan dan anggukan selama kapal berlayar.

[9] Standar Struktur Kapal Perikanan Pasal 349 (Umum): ① Jika bulwark pada bagian terbuka di geladak lambung timbul atau suprastruktur membentuk sumur, maka harus dipasang lubang pembebasan yang memadai untuk membuang air secara cepat dari atas geladak.

BAB

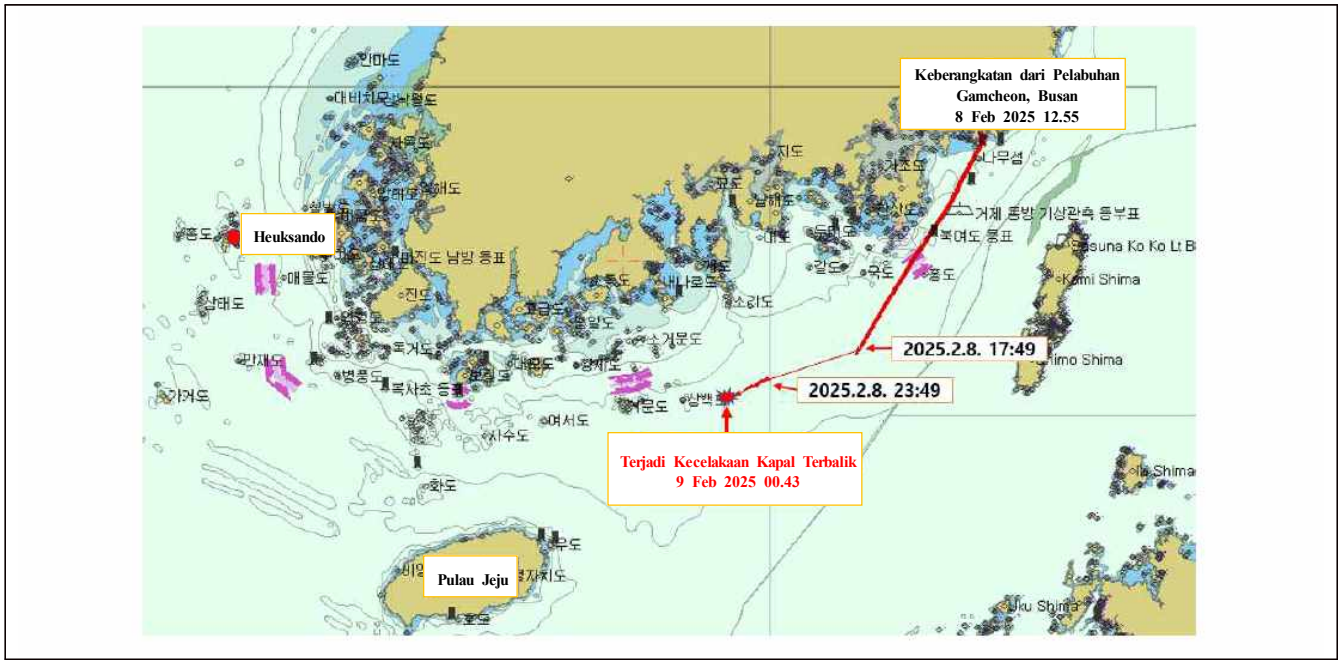
3

Kronologi Kecelakaan

3. Kronologi Kecelakaan

3.1 Keberangkatan dan Operasi Penangkapan Ikan Pertama

3.1.1 Kapal Seogyeong No. 22 berangkat dari Pelabuhan Gamcheon, Busan pada 8 Februari 2025 sekitar pukul 12.55 dengan membawa 14 orang awak kapal termasuk Nakhoda. Setelah berangkat, kapal terus berlayar ke arah barat[10] menuju daerah penangkapan ikan di perairan sebelah barat Heuksando, dan di wilayah perairan ini peringatan gelombang tinggi[11] sedang diberlakukan.



<Gambar 10> Jejak Pelayaran dari Saat Keberangkatan hingga Kejadian Kecelakaan

3.1.2 Sekitar 7 jam setelah berangkat, yaitu pada 8 Februari sekitar pukul 19.00, kapal melakukan penurunan jaring pertama, lalu menarik naik jaring pada hari yang sama sekitar pukul 23.00 dan memperoleh hasil tangkapan sekitar 15 peti (satu peti berbobot sekitar 25 kg).

3.1.3 Hasil tangkapan yang diperoleh disimpan di dalam ruang pembekuan cepat, sedangkan jaring yang digunakan dalam operasi, ditarik naik menggunakan mesin kerek lalu dirapikan dan ditaruh di bagian tengah buritan, namun tetap diletakkan terbentang di atas geladak untuk operasi penangkapan ikan berikutnya.

[10] Sinyal AIS kapal ini terekam sejak berangkat dari Pelabuhan Gamcheon, Busan hingga 8 Februari 2025 sekitar pukul 17.49, namun setelah itu sinyal AIS tidak terkonfirmasi selama kurang lebih 6 jam hingga pukul 23.49 di hari yang sama.

[11] Pada Perairan Lepas Pantai Dalam Laut Selatan Bagian Timur, Peringatan Gelombang Tinggi diberlakukan pada 8 Februari 2025 pukul 05.00 dan dicabut pada 9 Februari 2025 pukul 03.00

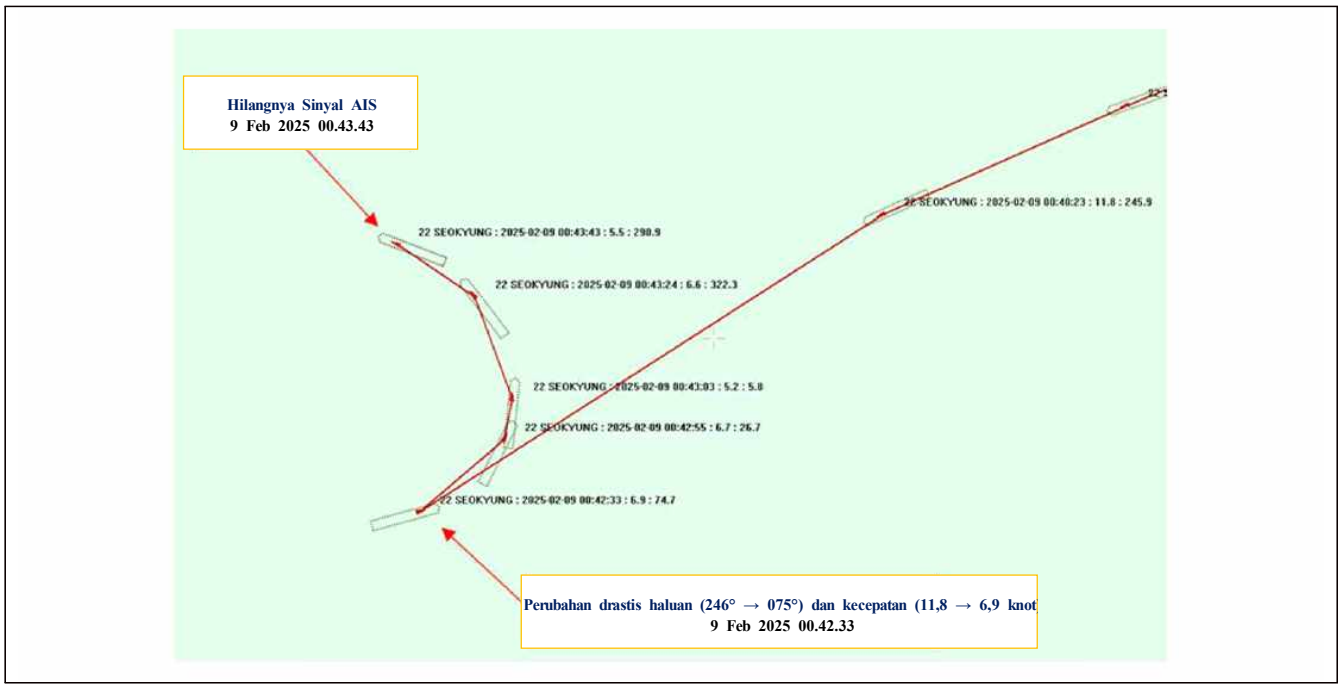
3.1.4 Berdasarkan keterangan dari para awak kapal yang selamat, sebagian jaring diulur hingga ke ujung buritan dan bagian ujung jaring diikat dan difiksasi menggunakan rantai[12] sedangkan papan pembuka jaring yang berfungsi merentangkan jaring secara horizontal saat operasi penangkapan ikan diikat dan dikunci dengan memasang kait ke lubangnya.

3.2 Terjadinya Kecelakaan

3.2.1 Kapal melanjutkan pelayaran ke arah barat setelah operasi penangkapan ikan pertama. Meskipun terdapat pergerakan badan kapal akibat angin kencang dan gelombang tinggi, kondisinya tidak jauh berbeda dari pelayaran biasa dalam cuaca buruk[13].

3.2.2 Kapal terus berlayar secara normal hingga sekitar pukul 00.40 tanggal 9 Februari, lalu diperkirakan tiba-tiba miring ke sisi kiri secara berlebihan pada sekitar pukul 00.41.

3.2.3 Pada sekitar pukul 00.42 di hari yang sama, kecepatan kapal mendadak anjlok dari sekitar 11 knot menjadi di bawah 7 knot, dan haluan yang semula dipertahankan pada sekitar 250 derajat berubah drastis menjadi sekitar 075 derajat. Selain itu, sinyal AIS terkonfirmasi hilang pada sekitar pukul 00.43 di hari yang sama.



<Gambar 11> Jejak Pelayaran Kapal Seogyeong No. 22 pada saat Terjadinya Kecelakaan Kapal Terbalik (Berdasarkan Informasi Jejak Pelayaran AIS)

[12] Awak kapal yang selamat menyatakan bahwa bagian ujung jaring yang digunakan pada operasi pertama terjulur sekitar 5 hingga 6 meter di atas geladak buritan, dan bagian ujungnya dikaitkan dengan kait sehingga jaring tidak dapat terkeluar melampaui bagian luar buritan

[13] Keterangan yang selaras dari para awak kapal yang selamat

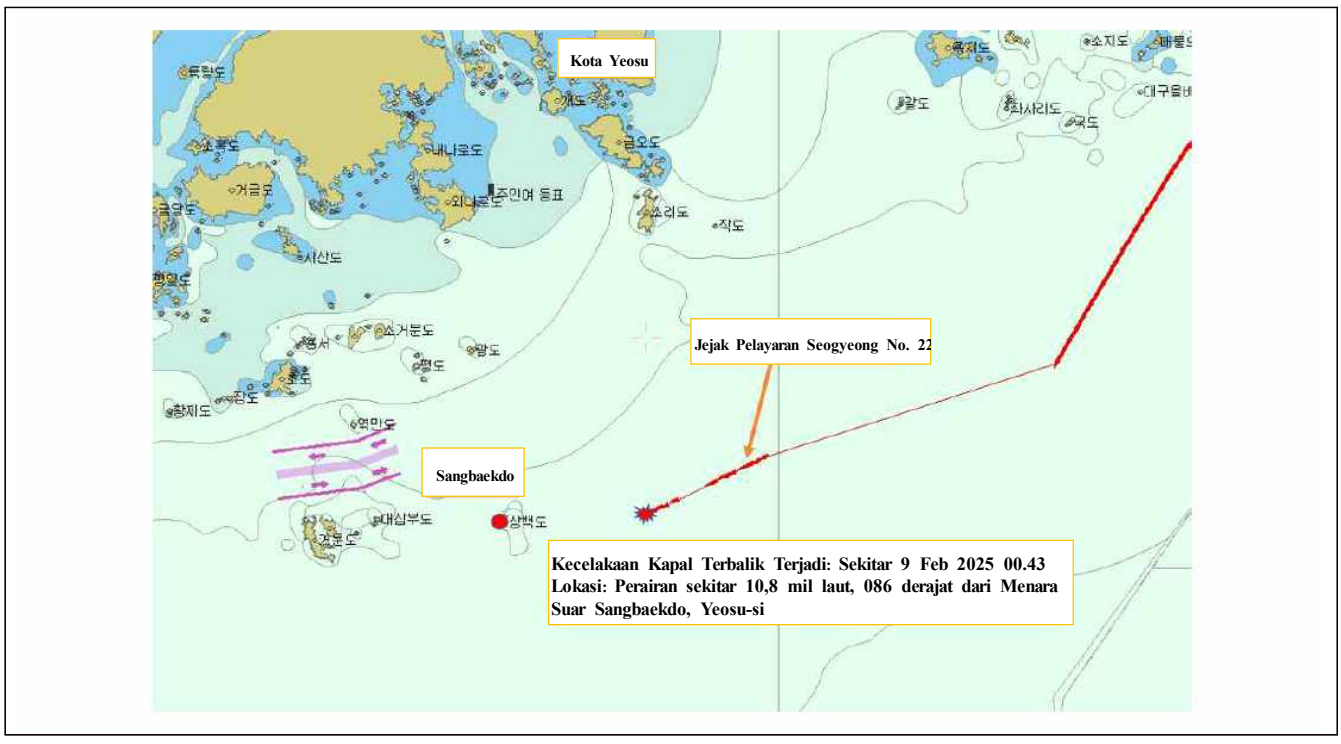
3.2.4 Badan kapal miring ke arah kiri dan tidak kembali ke posisi semula, kecepatan kemiringannya semakin bertambah cepat, dan kapal ini diperkirakan terbalik dalam waktu sekitar 5 menit setelah lambung miring ke kiri.

3.2.5 Awak kapal yang keluar paling awal dari area akomodasi menyatakan, "Ketika saya keluar dari kamar tidur menuju ruang makan, air sudah tergenang hingga setinggi lutut dan air terus menerus masuk", sementara awak kapal selamat lainnya menyatakan, "Saat saya keluar dari kamar tidur, kapal telah miring hingga sekitar 45 derajat dalam waktu kurang dari 1 menit".

3.2.6 Mengingat air laut telah tergenang dan terus mengalir masuk ketika awak kapal yang selamat melewati ruang makan, diperkirakan bahwa air laut juga telah banyak tergenang di geladak atas kapal, serta diperkirakan bahwa generator berhenti dan mesin utama juga mati setelah kamar mesin terendam air.

3.2.7 Waktu terjadinya kecelakaan kapal terbalik diperkirakan sekitar pukul 00.43 tanggal 9 Februari 2025[14] dan lokasi kecelakaan berada di perairan sejauh sekitar 10,8 mil laut dengan arah 086 derajat dari Menara Suar Sangbaekdo, Yeosu-si, Jeollanam-do (34°03'58" LU, 127°47'59" BT).

3.2.8 Pada saat kejadian kecelakaan, peringatan gelombang tinggi sedang diberlakukan di laut, angin bertiup dari arah utara-barat laut dengan kecepatan maksimum sekitar 15 m/s, tinggi gelombang maksimum sekitar 2,5 meter, dan jarak pandang sekitar 3 mil dengan cuaca mendung.



<Gambar 12> Jejak Pelayaran dan Lokasi Kecelakaan Seogyeong No. 22

[14] Pukul 00.43 tanggal 9 Februari 2025 saat sinyal AIS hilang diperkirakan sebagai waktu terbaliknya badan kapal

3.3 Pencarian dan Penyelamatan

3.3.1 Kapal miring secara mendadak ke sisi kiri dan terbalik tanpa sempat melaporkan terjadinya kecelakaan kepada instansi terkait seperti Penjaga Pantai Korea (KCG), lalu tenggelam tidak lama setelah terbalik.

3.3.2 Akibat kapal miring ke sisi kiri dan tenggelam secara mendadak, fakta tenggelamnya kapal ini baru diketahui ketika Kapal Haeseong No. 9, yang berlayar di sekitar lokasi, meminta konfirmasi kepada kapal patroli Penjaga Pantai Korea (KCG) pada 9 Februari 2025 sekitar pukul 01.40 dengan menyatakan, "Kapal Seogyeong No. 22 tidak terlihat pada tampilan radar dan tidak merespons komunikasi".

3.3.3 Kapal patroli Penjaga Pantai Korea (KCG) meneruskan fakta tersebut kepada Kantor Penjaga Pantai Korea (KCG) Yeosu pada hari yang sama sekitar pukul 01.41, dan Kantor Penjaga Pantai Korea (KCG) Yeosu mengonfirmasi hilangnya posisi Kapal Seogyeong No. 22. Segera setelah kecelakaan terkonfirmasi, Penjaga Pantai Korea (KCG) mengerahkan kapal-kapal patroli ke lokasi kejadian dan memulai tanggap darurat.

3.3.4 Setelah kecelakaan terjadi, operasi pencarian dan penyelamatan di laut dilaksanakan dengan mengerahkan kapal patroli Penjaga Pantai Korea (KCG) dan Angkatan Laut, pesawat, kapal pemerintah, kapal sipil dan lain-lain, serta menerjunkan penyelam laut dalam untuk melakukan pencarian di dalam kapal dan di bawah air.

3.3.5 Melalui operasi pencarian dan penyelamatan, dari 5 orang yang naik ke atas rakit penolong, 4 orang awak kapal warga negara asing berhasil diselamatkan dalam kondisi hidup, namun Nakhoda warga negara Korea meninggal dunia. 4 orang warga negara Korea lainnya juga berhasil dievakuasi oleh Penjaga Pantai Korea (KCG) namun semuanya meninggal dunia, sedangkan 5 orang sisanya, termasuk Markonis, dinyatakan hilang.

3.4 Akibat Kecelakaan

3.4.1 Akibat kecelakaan ini, dari total 14 orang awak kapal, sebanyak 4 orang awak kapal (2 warga negara Vietnam, 2 warga negara Indonesia) selamat, 5 orang awak kapal warga negara Korea termasuk Nakhoda dan Kepala Kamar Mesin ditemukan namun meninggal dunia, serta 5 orang awak kapal (3 warga negara Korea, 1 warga negara Vietnam, 1 warga negara Indonesia) termasuk Markonis dinyatakan hilang. Badan kapal tenggelam setelah terbalik.

3.4.2 Situasi penyelamatan para awak kapal yang berada di atas Kapal Seogyeong No. 22 adalah seperti yang tercantum pada tabel berikut:

No.	Nama	Jabatan	Kewarganegaraan	Keterangan
1	Phạm**	ABK	Vietnam	Selamat (4 orang)
2	Hồng**	ABK	Vietnam	
3	Adriz**	ABK	Indonesia	
4	Ahyaah**	ABK	Indonesia	
5	Park**	Kepala Navigasi	Republik Korea	Hilang (5 orang)
6	Yang**	ABK (Markonis)	Republik Korea	
7	Jang**	Masinis	Republik Korea	
8	Trần**	ABK	Vietnam	
9	Da **	ABK	Indonesia	
10	Kim**	Nakhoda	Republik Korea	Meninggal (5 orang)
11	Park**	Kepala Kamar Mesin	Republik Korea	
12	Kim**	Kelasi	Republik Korea	
13	Kim**	ABK (Juru Masak)	Republik Korea	
14	Kim**	ABK	Republik Korea	

<Tabel 3> Daftar dan Status Penyelamatan Awak Kapal Seogyeong No. 22

BAB

4

Analisis Kecelakaan

4. Analisis Kecelakaan

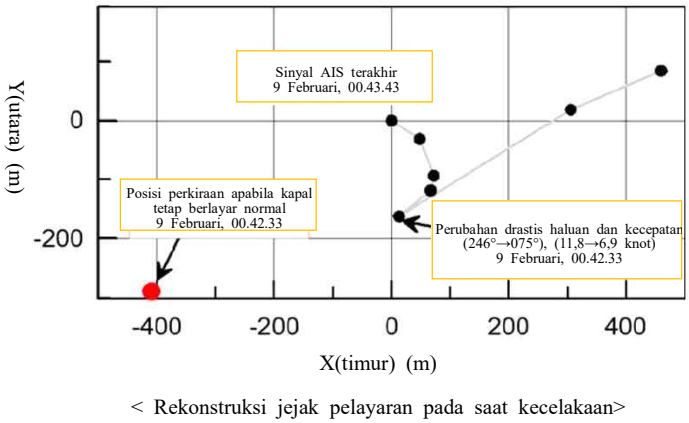
4.1 Analisis Jejak Pelayaran

4.1.1 Berdasarkan data AIS Kapal Seogyeong No. 22 tepat sebelum kecelakaan, sinyal pelayaran normal diterima hingga 9 Februari pukul 00.40.23, namun pada sinyal pukul 00.42.33 terkonfirmasi bahwa haluan dan kecepatan kapal berubah secara mendadak. Setelah itu, sekitar 1 menit 10 detik kemudian, sinyal AIS pada pukul 00.43.43 menjadi sinyal terakhir yang tercatat.

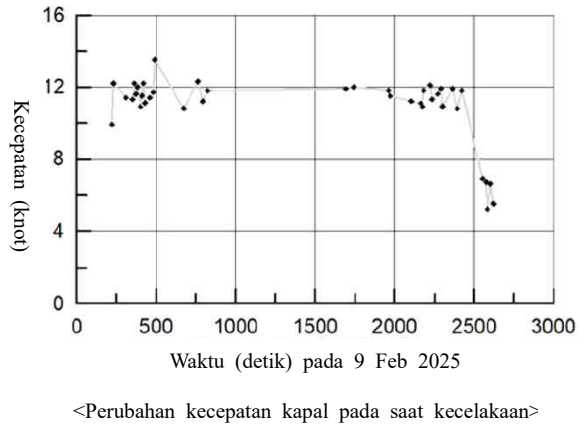
Nama Kapal	Waktu Penerimaan	Kecepatan	Haluan	Lintang Derajat (°)	Lintang Menit (')	Lintang Detik (")	Bujur Derajat (°)	Bujur Menit (')	Bujur Detik (")	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:38:23	10.9	248.4	34	4	8.364	127	48	36.504	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:39:23	11.9	247.2	34	4	3.4752	127	48	23.983	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:39:55	10.8	250.6	34	4	1.236	127	48	17.269	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:40:23	11.8	245.9	34	3	59.094	127	48	11.268	Diperkirakan Berlayar Normal
22 SEOKYUNG	**2025-02-09 0:42:33**	**6.9**	**74.7**	34	3	53.215	127	47	59.863	Perubahan Drastis Haluan dan Kecepatan
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:42:55	6.7	26.7	34	3	54.648	127	48	1.9548	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:43:03	5.2	5.8	34	3	55.458	127	48	2.1708	
22 SEOKYUNG	2025-02-09 0:43:24	6.6	322.3	34	3	57.474	127	48	1.2348	
22 SEOKYUNG	**2025-02-09 0:43:43**	5.5	290.9	34	3	58.489	127	47	59.359	Sinyal AIS Terakhir, Setelah Ini Sinyal Hilang

<Gambar 13> Data Sinyal AIS Kapal Seogyeong No. 22 Tepat Sebelum Kecelakaan

4.1.2 Rekonstruksi jejak pelayaran dan perubahan kecepatan kapal pada saat kecelakaan berdasarkan data AIS adalah seperti pada gambar di bawah ini.



< Rekonstruksi jejak pelayaran pada saat kecelakaan>



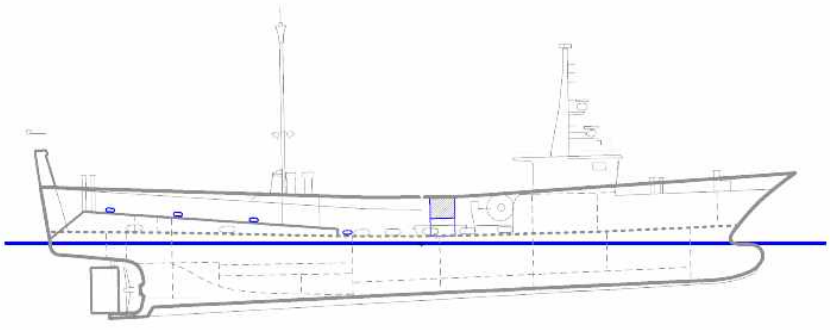
<Perubahan kecepatan kapal pada saat kecelakaan>

<Gambar 14> Perubahan Jejak Pelayaran dan Kecepatan Kapal Seogyeong No. 22 saat Terjadinya Kecelakaan

4.1.3 Melalui analisis data jejak pelayaran, terkonfirmasi bahwa pada saat kecelakaan kapal berlayar secara normal hingga pukul 00.40.23 tanggal 9 Februari, lalu sekitar 2 menit 10 detik[15] kemudian kecepatan kapal turun dari sekitar 12 knot menjadi sekitar 7 knot, dan haluan[16] berubah secara mendadak dari sekitar 246 derajat menjadi sekitar 075 derajat.

4.2 Evaluasi Kondisi Muatan Kapal dan Stabilitas Kapal saat Keberangkatan

4.2.1 Kondisi muatan saat muatan penuh berdasarkan lembar perhitungan stabilitas kapal (Case A) adalah seperti pada gambar di bawah ini. Dalam kondisi ini, sarat air haluan (*bow draft*) adalah 2,498 meter, sarat air buritan (*stern draft*) adalah 3,129 meter, trim buritan adalah 0,631 meter, dan nilai GM[17] adalah 0,925 meter.



Item	Weight (MT)	LCG from M/S (m)	LCG-m	VCG above B.L. (m)	VCG-m	Catatan
Light Ship	377.925	-2.815	-1,063.859	3.003	1,134.909	
Crew W/H 1P	0.120	7.280	0.874	6.500	0.780	
Crew U/DK 14P	1.680	14.040	23.587	4.300	7.224	
Store (BOS'N)	0.200	17.380	3.476	4.400	0.880	
Store (E/R)	0.148	-9.360	-1.385	2.100	0.311	
Prov. (Galley)	0.450	11.440	5.148	4.000	1.800	
Prov. (Store)	0.675	16.120	10.881	4.300	2.903	
OTTER Board	2.000	-21.075	-42.150	3.700	7.400	
Alat Tangkap	4.350	-13.000	-56.550	5.000	21.750	
Net Wire	4.560	4.420	20.155	4.800	21.888	
Winch Net	1.500	4.420	6.630	4.800	7.200	
Peti Ikan	0.400	5.280	2.112	2.147	0.859	
Air Tawar*	13.770	16.320	224.726	2.120	29.192	
Minyak Bahan Bakar*	93.105	1.956	182.113	1.184	110.236	
Hyd&Lub Oil*	5.609	-7.217	-40.480	1.031	5.783	
E/R Small Tnk*	2.888	-13.031	-37.634	4.082	11.789	
Total	**509.38**	**-1.497**	-762.356	**2.680**	1,364.904	
Displacement:	496.948 m^3					

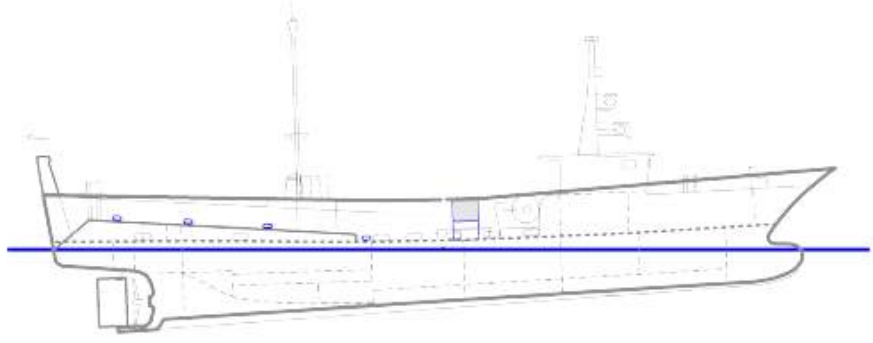
<Gambar 15> Kondisi Muatan Penuh Berdasarkan Lembar Perhitungan Stabilitas Kapal Seogyeong No. 22 (Case A)

[15] Dalam rentang waktu sekitar 2 menit 10 detik antara pukul 00.40.23 hingga pukul 00.42.33 tanggal 9 Februari, tidak ada sinyal AIS yang diterima

[16] Haluan (*course*) yang dimaksud adalah arah gerak kapal (*course over ground*), bukan arah yang ditunjuk hidung kapal (*heading/azimuth*)

[17] GM (*Metacentric Height* / Tinggi Metasentrik): Angka kuantitatif yang mengukur kemampuan badan kapal untuk kembali ke posisi semula ketika miring ke samping akibat gaya luar seperti gelombang dan angin. Ini mengacu pada jarak antara titik pusat berat kapal (G) dan titik metasenter (M, *Metacenter*), yaitu titik potong antara garis kerja gaya apung saat kapal tegak dan garis kerja gaya apung saat miring pada sudut kecil

4.2.2 Selain itu, kondisi muatan saat keberangkatan berdasarkan data keterangan pihak-pihak terkait mengenai kondisi pemuatan kapal (Case B) adalah seperti pada gambar di bawah ini. Dalam kondisi ini, sarat air haluan adalah 2,1656 meter, sarat air buritan adalah 3,3188 meter, trim buritan adalah 1,1622 meter, dan nilai GM adalah 0,757 meter.



Item	Weight (MT)	LCG from M/S (m)	LCG-m	VCG above B.L. (m)	VCG-m	Catatan
Light Ship	377.925	-2.815	-1,063.859	3.003	1,134.909	
Crew W/H 1P	0.120	7.280	0.874	6.500	0.780	
Crew U/DK 14P	1.680	14.040	23.587	4.300	7.224	
Store (BOS'N)	0.200	17.380	3.476	4.400	0.880	
Store (E/R)	0.140	-9.360	-1.310	2.100	0.294	
Prov. (Galley)	0.225	11.440	2.574	4.000	0.900	
Prov. (Store)	0.337	16.120	5.432	4.300	1.449	
OTTER Board	2.000	-21.075	-42.150	3.700	7.400	
Alat Tangkap	4.350	-13.000	-56.550	5.000	21.750	
Net Wire	4.560	4.420	20.155	4.800	21.888	
Winch Net	1.500	4.420	6.630	4.800	7.200	
Peti Ikan	0.400	10.000	4.000	5.500	2.200	
Ikan*	0.400	8.000	3.200	4.000	1.600	
Air Tawar*	10.000	16.444	164.440	1.767	17.670	
Minyak Bahan Bakar*	29.100	6.426	186.997	1.473	42.864	
Hyd&Lub Oil*	5.609	-7.217	-40.480	1.031	5.783	
E/R Small Tnk*	2.888	-13.031	-37.634	4.082	11.789	
Es*	2.200	-1.783	-3.923	1.022	2.248	
Air Laut*	47.594	-5.646	-268.716	2.156	102.613	
Total	**491.228**	**-2.226**	-1,093.257	**2.833**	1,391.441	
Displacement:	479.247 m^3					

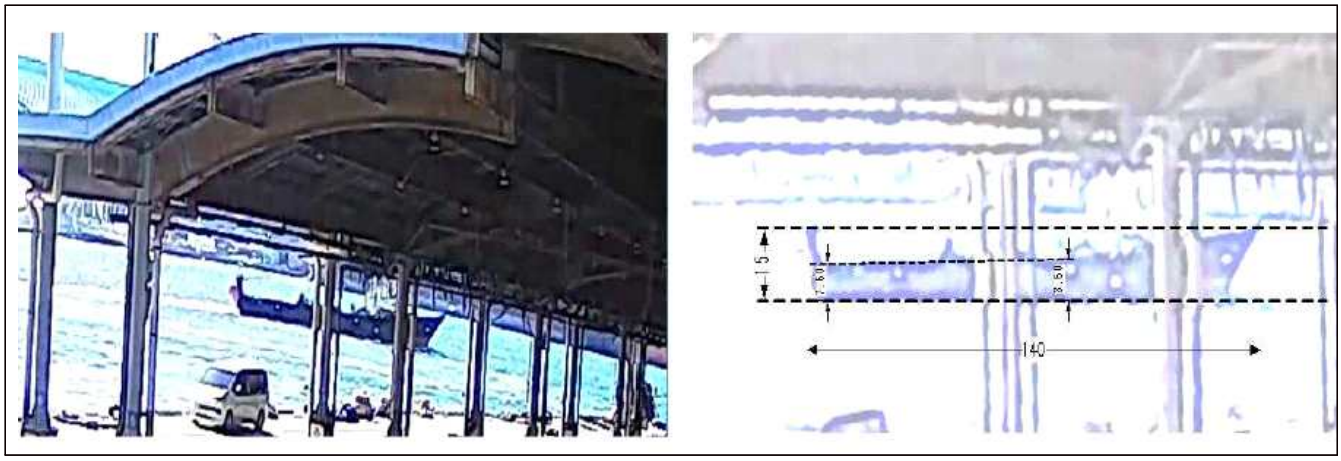
<Gambar 16> Kondisi Muatan saat Keberangkatan Kapal Seogyeong No. 22 Berdasarkan Keterangan Pihak Terkait (Case B)

4.2.3 Dalam situasi seperti pada <Gambar 16>, bagian atas haluan berumbi (*bulbous bow*) badan kapal sedikit terlihat di atas permukaan air, sedangkan di bagian buritan, bagian bawah *slipway* yang digunakan untuk menarik jaring berada sejajar dengan garis air.

4.2.4 Namun demikian, kondisi pemuatan ini merupakan nilai estimasi dengan mempertimbangkan keterangan dari pihak-pihak terkait lainnya di tengah situasi di mana awak kapal utama seperti Nakhoda telah meninggal dunia atau hilang, sehingga terdapat keterbatasan untuk menyimpulkan bahwa kondisi pemuatan ini merupakan kondisi pemuatan yang tepat saat kapal berangkat berlayar.

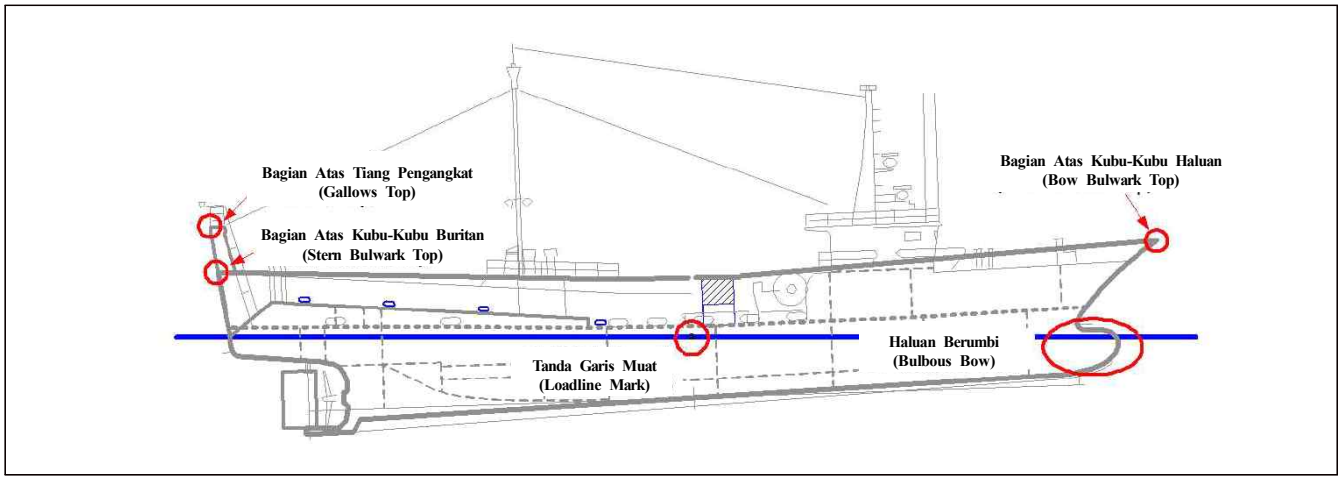
4.2.5 Oleh karena itu, dengan mengonfirmasi kondisi kapal saat terapung di permukaan laut dan sarat air (*draft*) melalui rekaman CCTV yang diambil saat kapal ini bertolak dari Pelabuhan Gamcheon, Busan, lalu menghitung kembali kondisi pemuatannya berdasarkan data tersebut, dapat menjadi metode yang andal untuk memperkirakan kondisi pemuatan kapal saat keberangkatan.

4.2.6 Tampilan yang tertangkap CCTV saat kapal ini bertolak dinilai sebagai data objektif yang paling mendekati kenyataan dalam menunjukkan kondisi pemuatan saat keberangkatan, di tengah situasi saat ini di mana awak kapal utama telah meninggal dunia atau hilang dan badan kapal telah tenggelam. Foto hasil *screenshot* dari rekaman CCTV beserta data analisisnya[18] adalah seperti pada gambar di bawah ini.



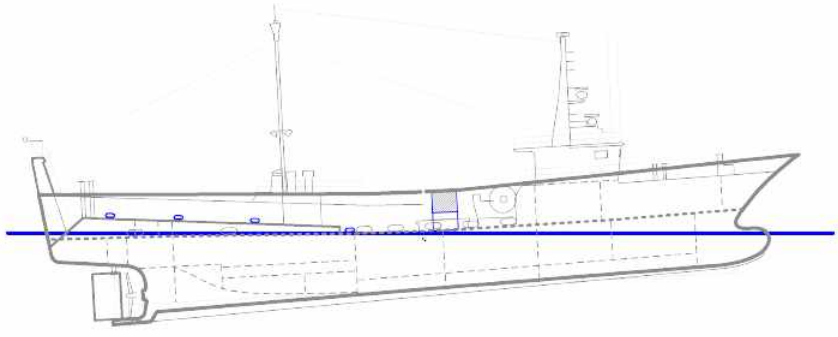
<Gambar 17> Tampilan Kapal Seogyeong No. 22 Sesaat Setelah Keberangkatan (Cuplikan Layar CCTV)

4.2.7 Dari pengamatan foto tersebut, bagian atas *bulwark* (kubu-kubu) haluan terlihat sedikit lebih tinggi atau hampir setara dibandingkan dengan bagian atas tiang pengangkat (*gallows*) buritan. Dari pengamatan bagian buritan, garis atas *bulwark* terlihat hampir sejajar dengan permukaan air. Jika sarat air kapal dikonfirmasi dalam kondisi tersebut, sarat air haluan adalah sebesar 2,19 meter dan sarat air buritan adalah sekitar 4,01 meter.



<Gambar 18> Posisi-posisi untuk Menentukan Kondisi Sarat Air (Draft) Kapal Seogyeong No. 22

[18] Mengutip sebagian dari data analisis dalam "Laporan Jasa Konsultasi dan Analisis Simulasi Kecelakaan Terbalik Kapal Seogyeong No. 22"

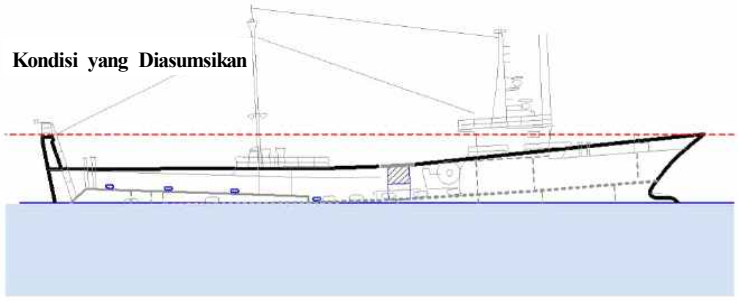


<Gambar 19> Estimasi Kondisi Badan Kapal Berdasarkan Rekaman CCTV Sesaat Setelah Keberangkatan Kapal Seogyeong No. 22

4.2.8 Gambar di atas menunjukkan kondisi badan kapal yang diasumsikan berdasarkan data CCTV saat kapal bertolak. Tampilannya terlihat sangat mirip dengan foto pada saat keberangkatan yang sebenarnya, dan jika dibandingkan dengan kondisi pemuatan pada <Gambar 16> yang mempertimbangkan keterangan pihak-pihak terkait, badan kapal terlihat lebih tenggelam dan tanda garis muat (*load line mark*) berada di bawah permukaan laut.

4.2.9 Namun, dengan mempertimbangkan situasi ketika kapal sedang berlayar, sarat air tambahan yang timbul akibat efek *squat* (penurunan badan kapal saat berlayar)[19] diperhitungkan sebesar sekitar 0,1 meter. Jika efek ini dikeluarkan, diestimasi bahwa sebelum berangkat, sarat air rata-rata adalah 2,998 meter, sarat air haluan adalah 2,084 meter, sarat air buritan adalah 3,912 meter, dan sarat air ekuivalen (*equivalent draft*) adalah 3,402 meter[20].

4.2.10 Selain itu, bobot benaman (deplasemen/*deplacement*) pada kondisi sarat air ini adalah sekitar 570 ton. Dibandingkan dengan bobot benaman saat muatan penuh berdasarkan lembar perhitungan stabilitas kapal ini yang sebesar 509,38 ton, terhitung bahwa kapal memuat beban berlebih sekitar 61 ton saat berangkat berlayar.



Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Bobot Benaman (ton)	570,00	Volume Benaman (m^3)	556,098
LCG (m)	-3,182	VCG (m)	2,833
Sarat Air Rata-rata	2,998		
Sarat Air Haluan	2,084	Sarat Air Buritan	3,912
Trim	1,828	Kemiringan Memanjang	3,011

* Sarat air dihitung berdasarkan garis dasar (*Base Line*), * Satuan untuk sarat air dan trim adalah meter (m), sedangkan satuan untuk kemiringan memanjang adalah derajat

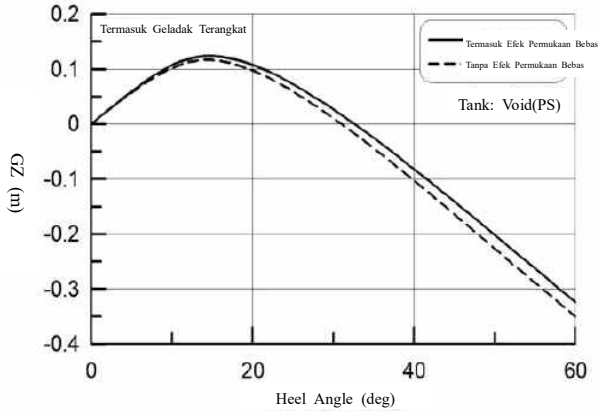
<Gambar 20> Estimasi Akhir Kondisi Keberangkatan Kapal Seogyeong No. 22 Berdasarkan Rekaman CCTV

[19] Squat (penurunan badan kapal saat berlayar): Fenomena tenggelamnya badan kapal akibat berkurangnya tekanan seiring timbulnya aliran air di sekitar lambung saat kapal berlayar. Secara rata-rata, penambahan sarat air terjadi sekitar 10% dari sarat air normal pada kecepatan maksimum kapal (Mengutip Laporan Jasa Konsultasi dan Analisis Simulasi Kecelakaan Terbalik Kapal Seogyeong No. 22)

[20] Nilai yang diperoleh dengan menambahkan tinggi lunas (keel height) sebesar 0,404 meter ke sarat air rata-rata (baseline-based draft) sebesar 2,998 meter

4.2.11 Pada kondisi ini, kurva lengan penegak dan angka-angka terkait stabilitas adalah seperti pada gambar di bawah ini, di mana nilai GM adalah 0,717 meter yang memenuhi kriteria batas regulasi sesuai standar stabilitas kapal penangkap ikan sebesar 0,619 meter.

4.2.12 Namun, jika lambung timbul dalam kondisi ini dihitung, nilainya adalah 0,287 meter, di mana angka ini lebih rendah daripada angka lambung timbul yang dipersyaratkan dalam Pedoman Keselamatan Pelayaran Kapal yang tercantum pada lembar perhitungan stabilitas kapal ini, yaitu sebesar 0,419 meter. Selain itu, sarat air ekuivalen juga sebesar 3,402 meter, melampaui batas[21] yang dipersyaratkan dalam pedoman tersebut sebesar 3,270 meter (melampaui 0,132 meter).



Parameter	Nilai	Keterangan
Sudut Kemiringan Statis (deg)	0	Sudut saat kapal tegak
Rentang Stabilitas (deg)	30,978	Rentang sudut kemiringan di mana kapal masih memiliki daya tegak kembali
Lengan Penegak Maksimum (m)	0,1167	
Sudut Lengan Penegak Maksimum (deg)	14	
Luas Total Area Kurva GZ (m-rad)	0,039109	Terkait energi stabilitas
Luas Area Kurva GZ 0° - 30° (m-rad)	0,039021	
Luas Area Kurva GZ 30° - 40° (m-rad)	-0,007871	
Luas Area Kurva GZ 0° - 40° (m-rad)	0,31149	
Lengan Penegak Dinamis Kritis (m)	0,083757	
Sudut Lengan Penegak Dinamis Kritis (deg)	7,643645	

<Gambar 21> Estimasi Akhir Kondisi Muatan Seogyeong No. 22 Sebelum Keberangkatan

4.3 Pemeriksaan Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kapal Terbalik

4.3.1 Kapal Seogyeong No. 22 terbalik pada 9 Februari 2025 sekitar pukul 00.43 saat sedang berlayar menuju daerah penangkapan ikan di pantai barat. Menurut keterangan awak kapal yang selamat, kapal ini miring secara mendadak ke sisi lambung kiri saat berlayar secara normal, dan tidak ada tanda-tanda kelainan seperti benturan dari luar sebelum kapal miring.

4.3.2 Kapal tidak sempat melaporkan fakta terjadinya kecelakaan kepada instansi terkait serta tidak memancarkan sinyal bahaya, dan awak kapal utama yang dapat mengetahui penyebab terjadinya kecelakaan seperti Nakhoda semuanya telah meninggal dunia atau hilang. Badan kapal juga berada dalam kondisi tenggelam di dasar laut pada kedalaman sekitar 70 meter, sehingga terdapat keterbatasan dalam mengidentifikasi penyebab pasti kecelakaan.

4.3.3 Oleh karena itu, penyebab terjadinya kecelakaan dapat ditelusuri dengan cara meneliti berbagai penyebab yang dapat membuat kapal ini terbalik, lalu mengidentifikasi penyebab-penyebab dengan tingkat probabilitas tinggi untuk mempersempit potensi penyebab kecelakaan.

[21] Pedoman Keselamatan Pelayaran Kapal menetapkan bahwa "Kapal ini telah ditetapkan memiliki lambung timbul Musim Panas (Summer Freeboard) sebesar 419 MM, sehingga dalam kondisi apa pun sarat air ekuivalen tidak boleh melebihi 3,270 meter."

4.3.4 Penyebab utama yang dapat mengakibatkan kapal terbalik antara lain tubrukan, kandas, cikar (putar kemudi penuh), jaring tersangkut, papan pembuka jaring terlepas, dan hilangnya stabilitas. Di antara penyebab tersebut, tubrukan, kandas, dan cikar kemudi disertai oleh guncangan badan kapal yang mendadak sehingga dapat disadari dengan mudah oleh awak kapal, maka kemungkinan terjadinya pada kecelakaan kali ini tampak kecil.

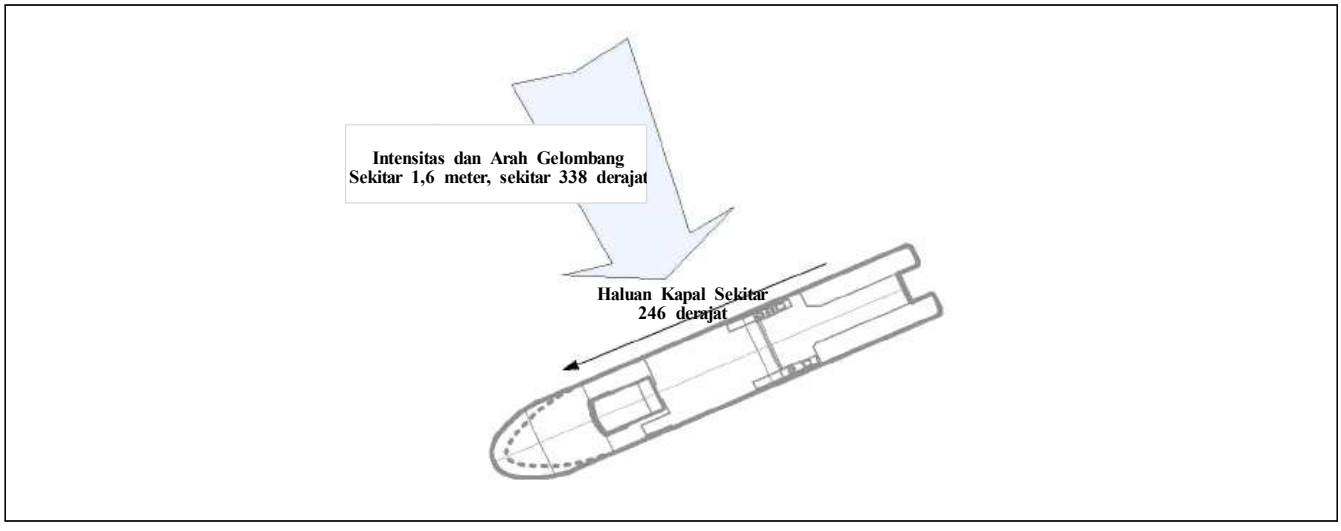
4.3.5 Selain itu, berdasarkan keterangan awak kapal yang selamat bahwa bagian ujung jaring telah diikat agar tidak merosot ke arah buritan dan papan pembuka jaring juga telah diikat agar tidak terlepas, serta menimbang bahwa jika situasi seperti ini terjadi pun akan timbul getaran dan guncangan badan kapal yang besar, maka kemungkinan terjadinya hal ini juga diperkirakan kecil.

4.3.6 Oleh sebab itu, bagian hilangnya stabilitas badan kapal dapat ditinjau secara mendalam dengan menganalisis kondisi pergerakan badan kapal terhadap terpaan angin dan gelombang dari tegak lurus lambung kanan pada saat kejadian, menganalisis stabilitas badan kapal pada saat berangkat berlayar, serta mensimulasikan dampak masuknya air laut ke atas geladak dan kebocoran/kemasukan air pada badan kapal.

4.4 Analisis Kondisi Pergerakan Lambung Kapal saat Kecelakaan

4.4.1 Apabila menganalisis kondisi pergerakan badan kapal saat kecelakaan, pada tanggal 9 Februari 2025 sekitar pukul 00.40.23, yaitu sebelum haluan dan kecepatan kapal ini berubah secara mendadak, haluan kapal adalah sekitar 246 derajat dan kecepatannya adalah sekitar 11,8 knot.

4.4.2 Sebagaimana telah diamati sebelumnya pada bagian *2.5 Kondisi Cuaca di Laut*, saat itu angin bertiup dari arah utara-barat laut dengan kecepatan sekitar 10,8 m/s, tinggi gelombang signifikan (*significant wave height*) sekitar 1,6 meter, dan arah gelombang berasal dari utara-barat laut. Seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini, gelombang[22)] datang dari arah sekitar 90 derajat pada lambung kanan kapal saat kecelakaan terjadi.



<Gambar 22> Haluan dan Arah Gelombang Seogyeong No. 22 saat Kejadian Kecelakaan

[22)] Gelombang dapat berupa gelombang multidireksional yang datang dari berbagai arah, maupun gelombang unidireksional yang hanya datang dari satu arah

4.4.3 Berdasarkan hasil perhitungan pergerakan badan kapal akibat gelombang[23] dalam kasus gelombang unidireksional dengan tinggi gelombang sekitar 1,6 meter, nilai signifikan oleng adalah sekitar 3,0 derajat dan nilai maksimumnya adalah sekitar 6,0 derajat. Selain itu, terkonfirmasi bahwa apabila tinggi gelombang mencapai sekitar 2,0 meter, nilai oleng dapat terjadi hingga maksimum sekitar 7,2 derajat.

4.4.4 Nilai oleng ini tidak cukup untuk membuat kapal terbalik, namun dinilai telah memperburuk stabilitas kapal dan memberikan dampak besar terhadap kejadian terbaliknya kapal.

Tinggi Gelombang Signifikan (m)	Gerak Naik-Turun (Heave)		Gerak Oleng Melintang (Roll)		Gerak Pengangguk Memanjang (Pitch)	
	Nilai Signifikan (m)	Nilai Maksimum (m)	Nilai Signifikan (deg)	Nilai Maksimum [21](deg)	Nilai Signifikan (deg)	Nilai Maksimum (deg)
1.5	0.8126	1.6252	2.7384	5.4768	0.3492	0.6984
1.6	0.8658	1.7316	2.9336	5.8672	0.3562	0.7124
1.7	0.9182	1.8364	3.1228	6.2456	0.3624	0.7248
1.8	0.9700	1.94	3.2988	6.5976	0.3680	0.7360
1.9	1.0212	2.0424	3.4556	6.9112	0.3736	0.7472
2.0	1.0720	2.1440	3.6224	7.2448	0.3776	0.7552

< Pergerakan Lambung Kapal pada Kondisi Gelombang Searah >

Tinggi Gelombang Signifikan (m)	Gerak Naik-Turun (Heave)		Gerak Oleng Melintang (Roll)		Gerak Pengangguk Memanjang (Pitch)	
	Nilai Signifikan (m)	Nilai Maksimum (m)	Nilai Signifikan (deg)	Nilai Maksimum (deg)	Nilai Signifikan (deg)	Nilai Maksimum (deg)
1.5	0.6418	1.2836	1.9612	3.9224	2.2446	4.4892
1.6	0.6932	1.3864	2.1120	4.2240	2.3604	4.7208
1.7	0.7444	1.4888	2.2590	4.5180	2.4692	4.9384
1.8	0.7956	1.5912	2.3972	4.7944	2.5718	5.1436
1.9	0.8468	1.6936	2.5208	5.0416	2.6694	5.3388
2.0	0.8978	1.7956	2.6450	5.2900	2.7604	5.5208

< Pergerakan Lambung Kapal pada Kondisi Gelombang Tidak Searah >

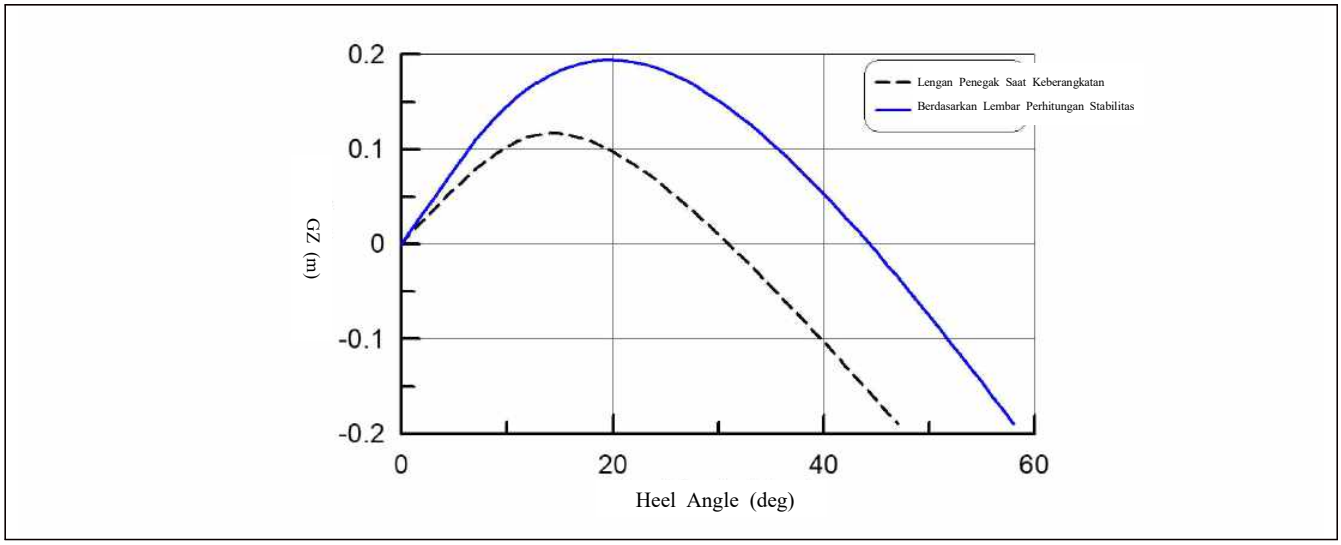
<Gambar 23> Analisis Pergerakan Lambung Kapal Seogyeong No. 22 saat Kejadian Kecelakaan

4.5 Analisis Lengan Penegak (GZ) pada Kondisi Penuh Muatan dan Pengaruh Masuknya Air

4.5.1 Sebagaimana telah diulas sebelumnya pada bagian *4.2 Evaluasi Kondisi Muatan Kapal dan Stabilitas Kapal saat Keberangkatan*, pada saat kapal ini berangkat, sarat air rata-rata diperkirakan sekitar 2,998 meter dan lambung timbul sekitar 0,287 meter. Jika kondisi ini dibandingkan dengan lengan penegak pada kondisi muatan penuh yang ada di dalam Lembar Perhitungan Stabilitas, hasilnya adalah seperti ditunjukkan pada <Gambar 24> berikut.

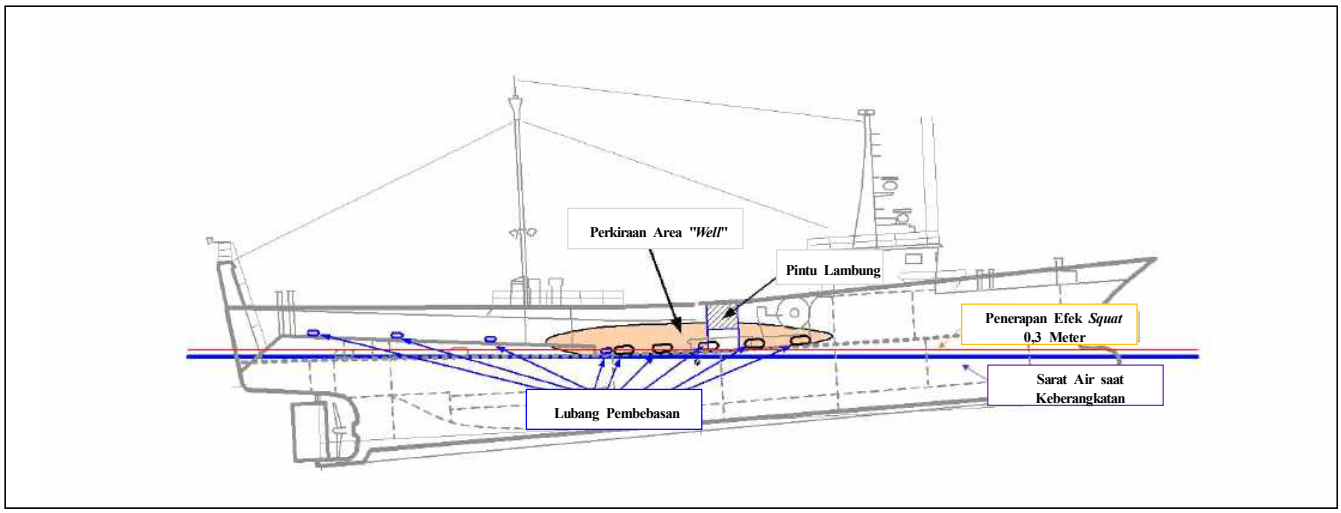
4.5.2 Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui bahwa pada saat keberangkatan, lengan penegak kapal ini berada dalam kondisi yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi muatan penuh standar yang tercantum di Lembar Perhitungan Stabilitas, dan energi stabilitas[24] juga menyusut hingga menjadi hanya sekitar satu per tiga (1/3) bagiannya saja.

[23] Mengacu pada Laporan Jasa Konsultasi dan Analisis Simulasi Kecelakaan Terbalik Kapal Seogyeong No. 22
[24] Luas daerah bagian bernilai positif pada kurva lengan penegak (*righting arm curve / GZ curve*)



<Gambar 24> Perbandingan Lengan Penegak Kondisi Muatan Penuh Berdasarkan Lembar Perhitungan Stabilitas dan Lengan Penegak saat Keberangkatan pada Kapal Seogyeong No. 22

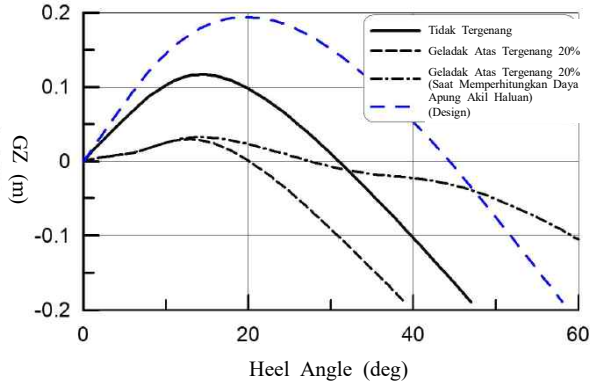
4.5.3 Selain itu, kapal ini berlayar dengan kecepatan sekitar 11,8 knot seperti pada saat kejadian, sehingga dapat mengalami *squat* (penurunan badan kapal saat berlayar) hingga maksimum sekitar 0,376 meter. Apabila diasumsikan terjadi *squat effect* sebesar sekitar 0,3 meter pada saat kejadian, tepi bawah lubang pembebasan pada geladak atas di bagian tengah badan kapal dapat berada pada posisi yang lebih rendah dari permukaan air laut.



<Gambar 25> Kondisi Sarat Air dan Lubang Pembebasan Kapal Seogyeong No. 22 saat Kejadian Kecelakaan

4.5.4 Dalam kondisi seperti ini, apabila badan kapal menerima gelombang yang datang dari arah tegak lurus lambung kanan, air laut menjadi dapat keluar dan masuk melalui lubang pembebasan di atas geladak. Jika air laut yang masuk ke atas geladak mendadak bertambah akibat gelombang tinggi dan sejenisnya, air laut dapat tergenang pada area *well* di bagian tengah geladak atas.

4.5.5 Apabila mengasumsikan situasi di mana air laut yang masuk ke geladak atas tidak terbuang keluar melainkan membentuk *well* hingga terisi air setinggi sekitar 20 persen dari tinggi *bulwark*, maka lengan penegak kapal ini adalah seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



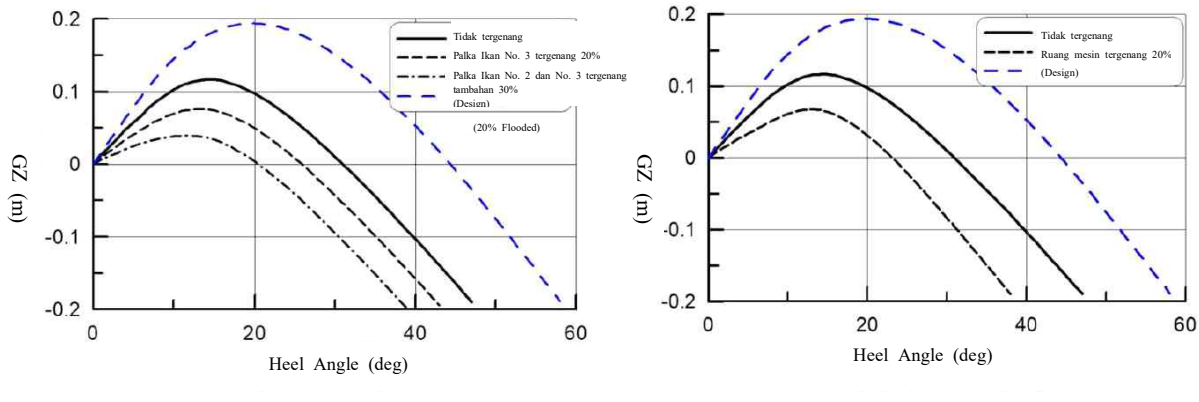
<Gambar 26> Lengan Penegak Seogyeong No. 22 saat Geladak Atas Terisi Air Laut (Sekitar 20%)

4.5.6 Berdasarkan grafik tersebut, terkonfirmasi bahwa dalam situasi air laut tergenang di atas geladak, stabilitas kapal menjadi sangat buruk akibat efek permukaan bebas air laut dan ditambah dengan bergesernya titik pusat berat ke atas.

4.5.7 Sementara itu, awak kapal yang selamat memberikan keterangan bahwa saat ia keluar dari ruang tidur menuju geladak melalui ruang makan, air laut di ruang makan sudah tergenang hingga setinggi lutut, dan ketika ia mencoba naik ke anjungan, air laut sudah meluap hingga setinggi leher.

4.5.8 Melalui hal ini, dapat diperkirakan bahwa air laut di atas geladak tidak terbuang melainkan terus menumpuk, dan setelah melewati batas kapasitas aman, air laut mulai mengalir masuk ke dalam area akomodasi. Diperkirakan bahwa begitu badan kapal mulai miring ke sisi lambung kiri, air laut mengalir masuk ke dalam kompartemen kapal seperti area akomodasi dengan jauh lebih cepat.

4.5.9 Selain itu, ketika badan kapal mendadak miring secara drastis, pintu kedap air dapat terbuka atau penutup palka ikan terlepas, sehingga air laut mungkin telah mengalir masuk ke dalam ruang mesin dan palka ikan yang memiliki luas permukaan bebas besar di antara kompartemen kapal. Apabila memperhitungkan pengandaian ini dan menghitung lengan penegaknya, hasilnya adalah seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



< Kurva lengan penegak pada kondisi palka ikan tergenang air >

< Kurva lengan penegak pada kondisi ruang mesin tergenang air >

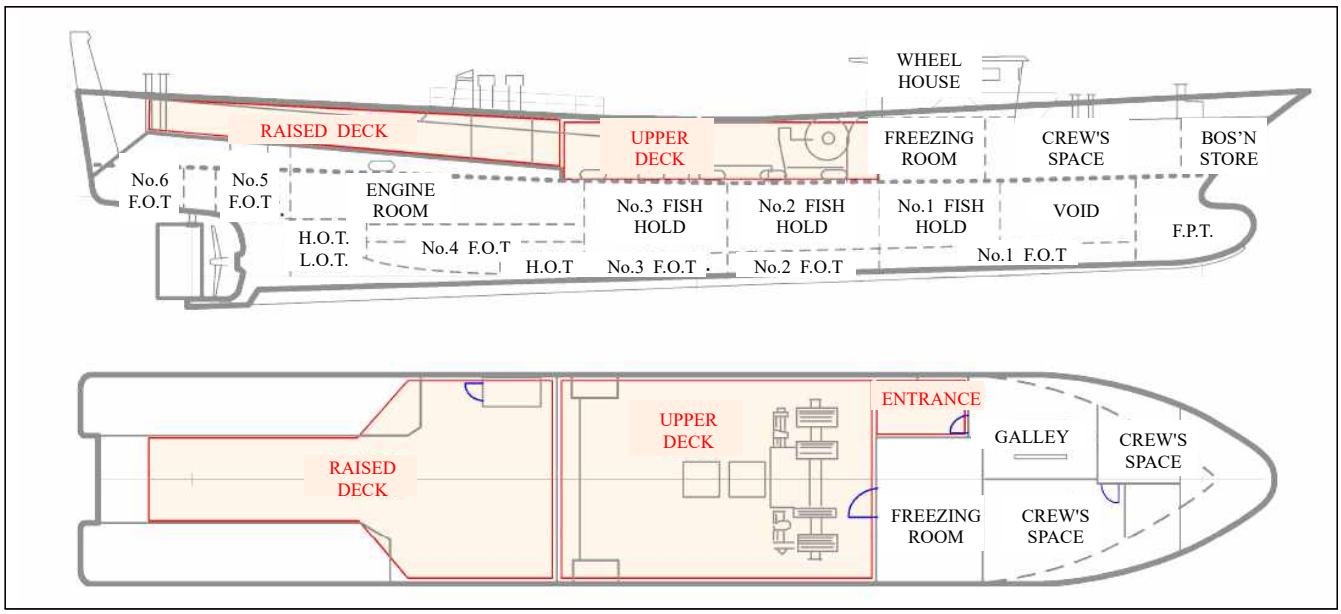
<Gambar 27> Kurva Lengan Penegak Kapal Seogyeong No. 22 saat Palka Ikan dan Ruang Mesin Tergenang Air

4.5.10 Grafik di sebelah kiri pada gambar di atas menunjukkan situasi ketika Palka Ikan No. 3 tergenang air sekitar 20 persen, serta situasi ketika ditambah genangan ekstra sebesar 30 persen pada Palka Ikan No. 2. Dapat dilihat bahwa lengan penegak menjadi semakin kecil dibandingkan sebelum tergenang.

4.5.11 Grafik di sebelah kanan menunjukkan situasi ketika ruang mesin tergenang air sekitar 20 persen, di mana terkonfirmasi bahwa lengan penegak juga menjadi lebih kecil dibandingkan sebelum tergenang, sehingga stabilitas kapal memburuk.

4.6 Simulasi Terbalik dan Tenggelamnya Kapal

4.6.1 Selanjutnya, melalui simulasi terbalik[25] dilakukan analisis[26] untuk mengetahui dalam situasi seperti apa Kapal Seogyeong No. 22 mengalami peristiwa terbalik. Untuk keperluan simulasi ini, kompartemen internal badan kapal serta geladak atas dan geladak terangkat telah dimodelkan.

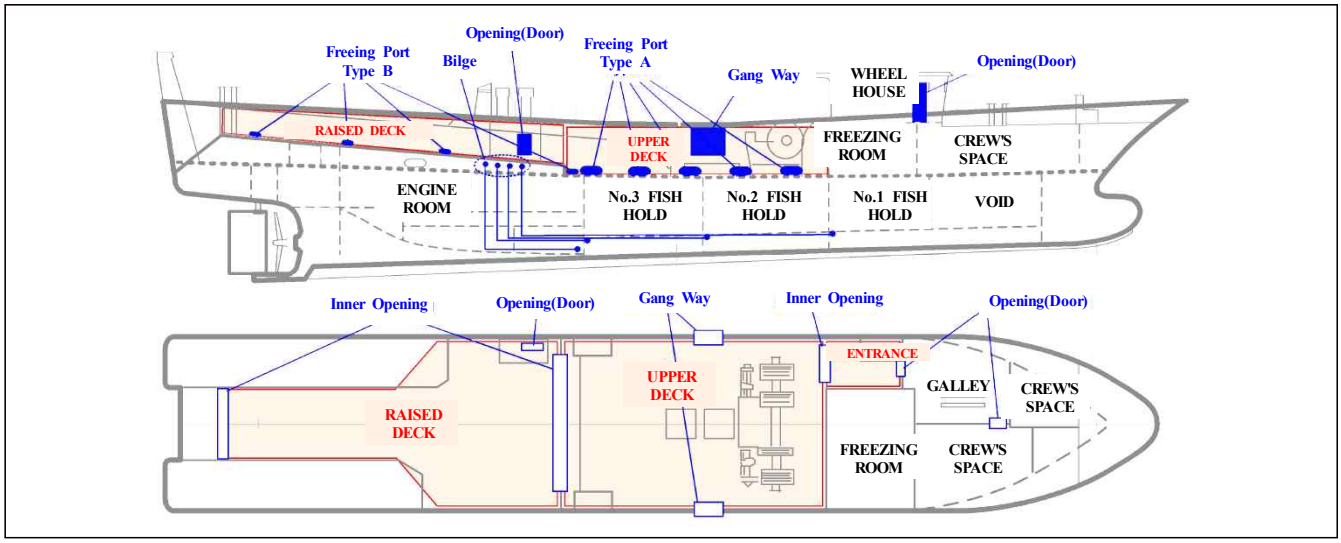


<Gambar 28> Skema Pemodelan Geladak dan Kompartemen Internal Kapal Seogyeong No. 22

4.6.2 Bukaan-bukaan tempat air laut dapat mengalir masuk ke dalam badan kapal adalah seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Kompartemen internal dimodelkan dalam bentuk pintu (*door*), sedangkan pada bagian buritan, bukaan ditetapkan dengan asumsi bahwa air laut dari luar dapat masuk ke geladak terangkat, dan diasumsikan bahwa air laut dapat mengalir secara bebas di atas geladak.

[25] Asumsi Dasar: Sarat air saat kejadian 2,998 meter, gelombang lambung dengan tinggi gelombang signifikan 2,0 meter, penurunan sarat air akibat pelayaran 0,3 meter, serta terjadi masuknya air laut ke atas geladak

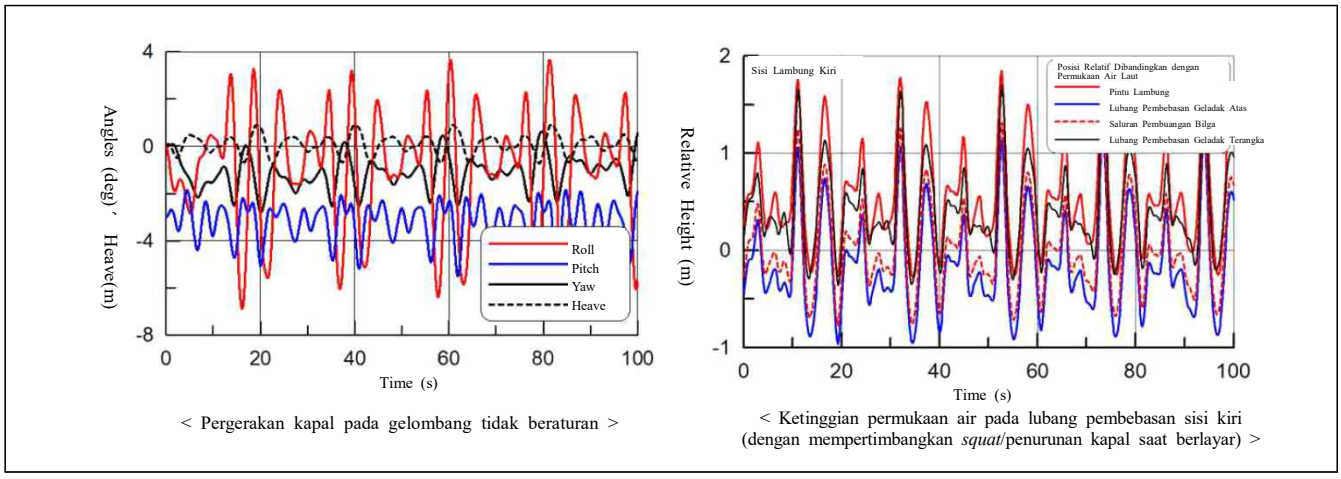
[26] Gelombang di laut menunjukkan pergerakan yang tidak beraturan, sehingga kepastian mengenai berapa lama waktu yang dibutuhkan hingga kapal terbalik tidak dapat ditentukan secara pasti. Oleh karena itu, waktu tersebut hanya dijadikan acuan, dan analisis difokuskan pada proses bagaimana kapal tersebut mengalami peristiwa terbalik



<Gambar 29> Pemodelan Lokasi Bukaan yang Digunakan dalam Simulasi

4.6.3 Pertama-tama, dilakukan perhitungan pergerakan badan kapal dan tinggi relatif lubang pembebasan terhadap permukaan air laut untuk mengonfirmasi apakah terdapat kemungkinan masuknya air laut ke atas geladak. Tinggi relatif di sini merujuk pada selisih ketinggian antara permukaan air laut dan lubang pembebasan kapal ini, di mana nilai positif menandakan bahwa posisi lubang pembebasan berada di atas permukaan air laut.

4.6.4 Gambar di bawah ini menunjukkan hasil perhitungan pergerakan badan kapal dan tinggi relatif lubang pembebasan saat badan kapal menerima terpaan angin dan gelombang dari arah tegak lurus lambung kanan dalam kondisi tinggi gelombang signifikan 2,0 meter.



< Pergerakan kapal pada gelombang tidak beraturan >

< Ketinggian permukaan air pada lubang pembebasan sisi kiri (dengan mempertimbangkan *squat*/penurunan kapal saat berlayar) >

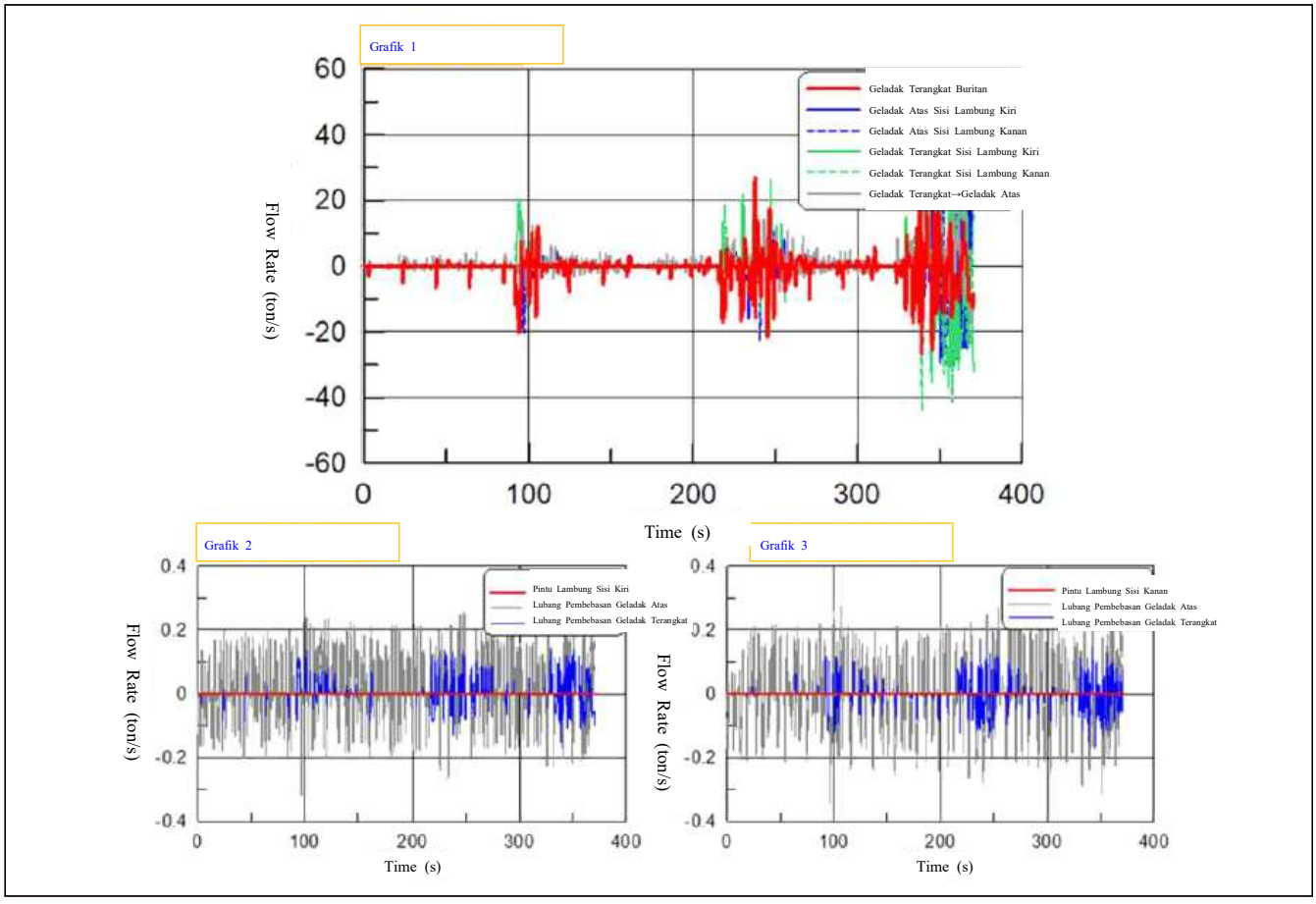
<Gambar 30> Hasil Simulasi Pergerakan Badan Kapal dan Tinggi Relatif Lubang Pembebasan

4.6.5 Terkonfirmasi bahwa badan kapal mengalami oleng dengan posisi cenderung miring ke sisi lambung kiri (ditunjukkan dengan nilai negatif) akibat pengaruh angin yang bertiup dari sisi lambung kanan. Berdasarkan analisis ketinggian lubang pembebasan pada sisi lambung kiri terhadap permukaan air laut, terlihat bahwa lubang pembebasan di bagian tengah geladak atas bergerak naik-turun melewati permukaan air laut secara berulang, dengan durasi waktu berada di bawah permukaan air laut hampir setara dengan durasi di atas permukaan air laut.

4.6.6 Selain itu, pintu lambung juga terlihat sesekali tenggelam di bawah permukaan air laut, sehingga dapat diperkirakan bahwa sejumlah besar air laut mengalir masuk ke atas geladak pada saat kejadian kecelakaan.

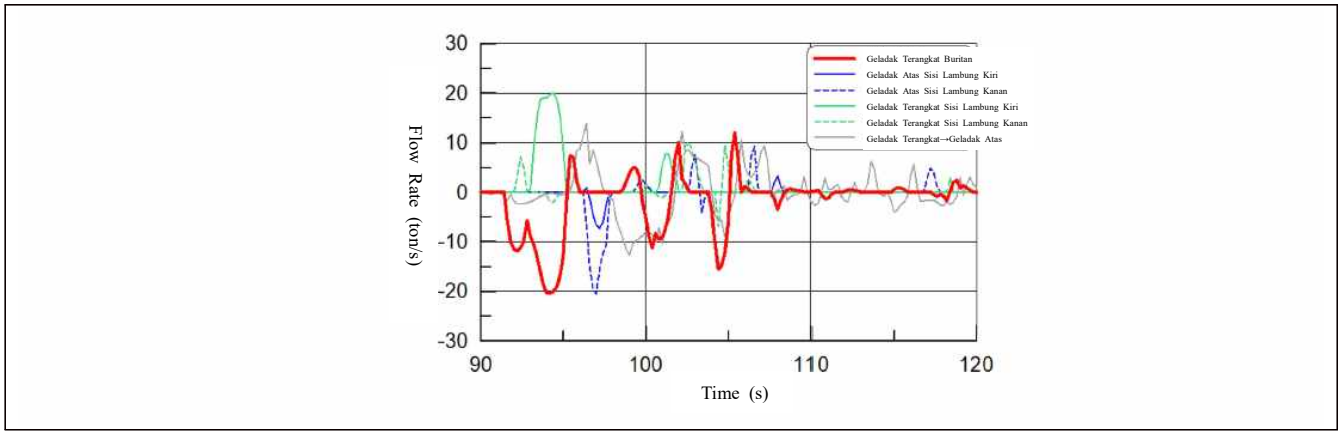
4.6.7 Selanjutnya, dilakukan simulasi volume masuk dan keluarnya air laut pada setiap bukaan geladak. Grafik hasil perhitungan pada <Gambar 31> menunjukkan debit aliran air laut yang mengalir melalui bukaan dalam satuan ton per detik (ton/s), di mana nilai negatif menandakan air laut masuk dari laut ke dalam kapal ini, sedangkan nilai positif menandakan air laut terbuang.

4.6.8 Mengamati Grafik 1, terlihat bahwa pada kisaran waktu sekitar 100 detik, 220 detik, dan 330 detik, volume air laut yang masuk dari arah buritan bernilai tinggi. Grafik 2 dan 3 menunjukkan air laut yang masuk ke geladak terbuang keluar melalui lubang pembebasan, di mana proses pembuangan berjalan lancar hingga akhirnya setelah kisaran waktu 330 detik, air laut di atas geladak tidak dapat terbuang dengan lancar lagi melalui lubang pembebasan.



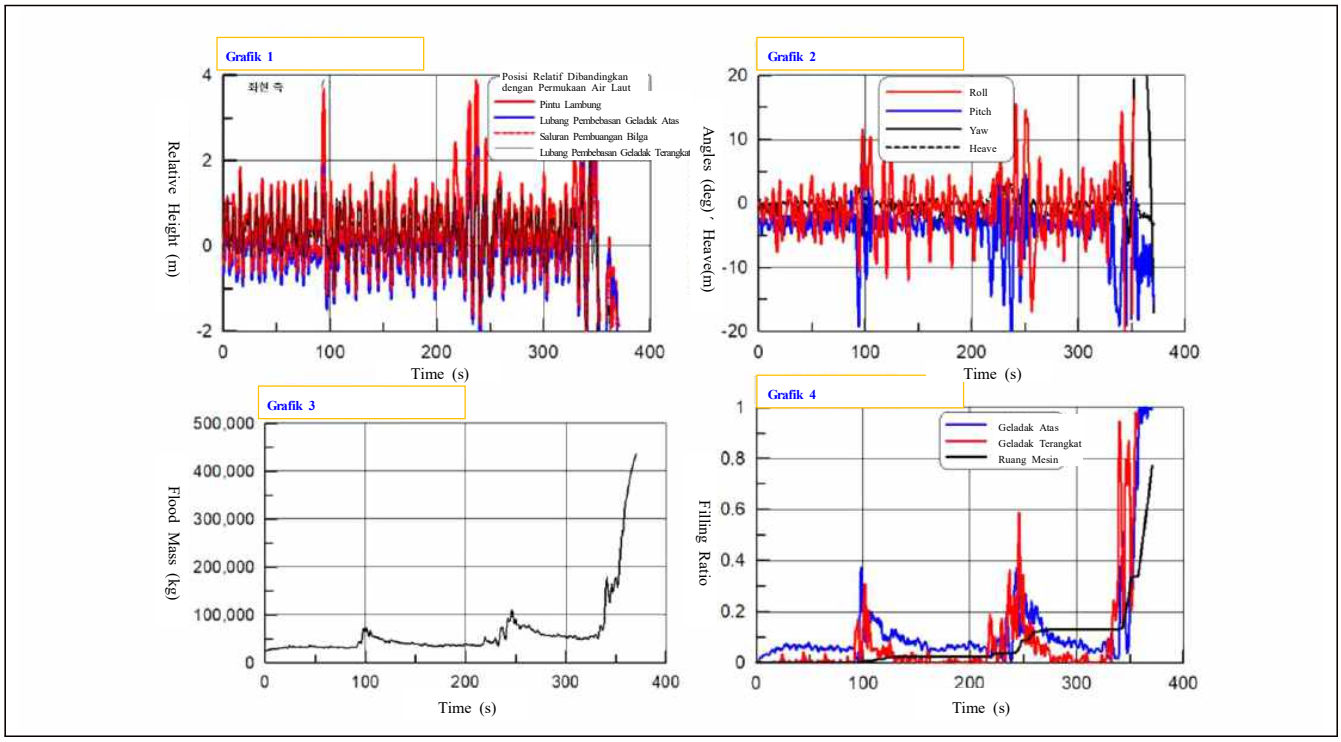
<Gambar 31> Hasil Simulasi Volume Masuk dan Keluarnya Air Laut di Atas Geladak

4.6.9 Apabila volume masuk dan keluarnya air laut pada kisaran waktu sekitar 100 detik diperbesar, hasilnya adalah seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Terkonfirmasi bahwa dari detik ke-92 hingga detik ke-95, air laut dalam jumlah besar mengalir masuk ke geladak terangkat melalui bagian buritan.



<Gambar 32> Simulasi Masuk dan Keluarnya Air Laut di Atas Geladak

4.6.10 Terakhir, situasi tenggelamnya kapal ini disimulasikan dengan metode mengkondisikan volume air laut yang masuk[27] melalui berbagai bukaan. Hasil simulasi pada kondisi yang paling sulit bagi air laut untuk masuk ke dalam kapal adalah seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



<Gambar 33> Hasil Simulasi (Kondisi di Mana Air Laut Paling Sulit Masuk ke Dalam Kapal)

4.6.11 Di antara hasil simulasi tersebut, Grafik 1 menunjukkan posisi relatif antara lubang pembebasan dan permukaan air laut, yang memperlihatkan bahwa lubang pembebasan bergerak naik-turun melewati permukaan air laut secara berulang.

[27] (Asumsi 1): Seluruh bukaan dalam kondisi terbuka, (Asumsi 2): Menambahkan kondisi peninggian ambang pintu masuk ruang mesin sebesar 0,2 meter di samping Asumsi 1, (Asumsi 3): Mempersempit pintu masuk menuju bangunan atas di samping Asumsi 2, (Asumsi 4): Pintu lambung dalam kondisi tertutup

4.6.12 Grafik 2 menunjukkan respons pergerakan badan kapal, di mana terlihat bahwa sudut kemiringan melintang membesar secara mendadak pada kisaran waktu detik ke-350. Grafik 3 menunjukkan jumlah total cairan bebas di dalam kapal[28] yang dapat menimbulkan efek permukaan bebas, di mana aliran air laut yang masuk melonjak secara drastis hingga mencapai sekitar 400 ton mulai dari kisaran detik ke-350.

4.6.13 Grafik 4 menunjukkan tingkat penggenangan berdasarkan kompartemen, di mana pada kisaran detik ke-250 geladak atas dan geladak terangkat telah tergenang dalam jumlah yang signifikan, dan pada kisaran detik ke-400 seluruh area termasuk ruang mesin telah tergenang total hingga menyebabkan kapal terbalik.

4.6.14 Hasil simulasi menunjukkan bahwa akibat terpaan angin kencang dan gelombang dari sisi lambung kanan badan kapal mengalami oleng dengan posisi cenderung miring ke sisi lambung kiri, serta lubang pembebasan bergerak naik-turun melewati permukaan air laut secara berulang.

4.6.15 Selain itu, terkonfirmasi bahwa akibat dinamika pergerakan air laut dan olengan kapal, sejumlah besar air laut mengalir masuk ke dalam badan kapal, dengan volume air masuk yang sangat dominan terjadi melalui bagian buritan.

4.6.16 Terkonfirmasi bahwa saat badan kapal terus mengalami oleng, sudut oleng melintang mendadak membesar dan volume air laut yang menerobos masuk ke dalam kompartemen interior kapal juga meningkat pesat. Bahkan ketika ditetapkan skenario dengan kondisi di mana air laut paling sulit masuk ke dalam kapal — yaitu ① pintu lambung dalam kondisi tertutup, ② ambang pintu masuk ruang mesin ditinggikan, dan ③ pintu akses suprastruktur dipersempit — perhitungan menunjukkan bahwa kapal tetap mengalami peristiwa terbalik.

4.6.17 Merangkum secara keseluruhan, saat berlayar di tengah cuaca buruk, kapal ini dihantam angin kencang dan gelombang dari arah tegak lurus lambung kanan. Akibatnya, sejumlah besar air laut yang mengalir masuk melalui bagian buritan dan area lainnya diperkirakan terkumpul di bagian tengah geladak atas hingga membentuk *well*.

4.6.18 Seiring berjalannya waktu, volume air laut yang tergenang di area *well* geladak atas terus bertambah secara bertahap. Air laut yang tidak sempat terbuang melalui lubang pembebasan akhirnya menerobos masuk ke kompartemen-kompartemen interior kapal. Penggenangan pada kompartemen interior ini dianalisis[29] telah memperburuk stabilitas badan kapal secara drastis hingga akhirnya mengakibatkan kapal terbalik.

4.7 Muatan Melebihi Garis Muat Maksimum saat Keberangkatan

4.7.1 Untuk menghitung stabilitas guna menilai kelaiklautan kapal ini, konfirmasi kondisi muatan saat keberangkatan merupakan hal yang sangat penting. Namun, mengingat para awak kapal utama termasuk Nakhoda telah meninggal dunia atau hilang, serta badan kapal tenggelam di dasar laut, terdapat keterbatasan untuk mengetahui secara pasti kondisi muatan kapal ini saat berangkat berlayar.

[28] Dimulai dari sekitar 25 ton, yang merupakan akumulasi dari bahan bakar minyak dan cairan lainnya
[29] Merujuk pada Laporan Jasa Konsultasi dan Analisis Simulasi Kecelakaan Terbalik Kapal Seogyeong No. 22

4.7.2 Selain itu, meskipun rekonstruksi kondisi muatan telah diupayakan melalui keterangan dari beberapa awak kapal yang selamat serta pihak terkait, hal tersebut juga banyak berdasarkan ingatan atau estimasi fakta pemuatan yang parsial, sehingga memang memiliki keterbatasan untuk memastikan kondisi muatan kapal ini secara akurat.

4.7.3 Oleh karena itu, rekaman kamera pengawas (CCTV) saat keberangkatan diperiksa sebagai bukti yang paling objektif dalam situasi saat ini untuk mengonfirmasi kondisi muatan kapal pada saat berangkat berlayar. Dari rekaman CCTV, memang tidak dapat diketahui kompartemen mana dari kapal ini yang diisi muatan dan berapa banyaknya, namun sarat air kapal dapat dikonfirmasi untuk mengestimasi kondisi muatan saat keberangkatan serta apakah melebihi garis muat maksimum atau tidak.

4.7.4 Hasilnya, sebagaimana telah dijelaskan dalam bagian *4.2 Evaluasi Kondisi Muatan Kapal dan Stabilitas Kapal saat Keberangkatan*, sarat air ekuivalen kapal ini saat bertambat di dermaga sebelum berangkat diestimasi sebesar 3,402 meter. Bobot benaman pada kondisi sarat air ini diperkirakan sebesar 570 ton, sehingga terhitung berada dalam kondisi kelebihan muatan sekitar 61 ton lebih berat dibandingkan bobot benaman saat muatan penuh pada lembar perhitungan stabilitas kapal ini yang sebesar 509,38 ton.

4.7.5 Beban berlebih tersebut tidak dapat diketahui secara pasti, tetapi bisa saja akibat pemuatan minyak bahan bakar dan air laut dalam jumlah banyak, atau peningkatan berat kapal kosong (*lightweight*)[30)] akibat penuaan badan kapal seperti penumpukan alat tangkap dan perlengkapan seiring bertambahnya usia kapal, perbaikan badan kapal, serta pengecatan berulang. Selain itu, faktor-faktor ini mungkin berpengaruh secara komposit hingga menjadi penyebab dilampauinya garis muat maksimum.

4.7.6 Garis muat maksimum merupakan batas muatan maksimum agar kapal penangkap ikan dapat berlayar secara aman, yang memainkan peran penting untuk menjamin daya apung cadangan badan kapal guna mencegah kapal terbalik akibat masuknya gelombang atau gaya luar, serta menjaga fungsi pembuangan air pada lubang pembebasan.

4.7.7 Oleh karena itu, pada Pasal 4 "Undang-Undang Kapal Perikanan" diatur bahwa kapal penangkap ikan dengan panjang 24 meter atau lebih wajib menampilkan garis muat maksimum sesuai dengan Pemberitahuan Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta menetapkan bahwa "Siapa pun dilarang berlayar dengan melampaui garis muat maksimum yang ditampilkan ini".

4.7.8 Selain itu, dalam pedoman keselamatan pelayaran kapal[31)] kapal ini diatur bahwa "Karena daerah pelayaran kapal ini adalah daerah pantai dan dekat pantai, maka kapal ini ditetapkan memiliki lambung bebas musim panas sebesar 419 MM, sehingga dalam kondisi pengoperasian apa pun tidak boleh melebihi sarat air ekuivalen sebesar 3,270 M." Namun, kapal ini diperkirakan telah berangkat berlayar dengan melebihi sarat air ekuivalen sekitar 0,132 meter pada pelayaran saat kecelakaan terjadi.

[30)] Peningkatan Berat Kapal Kosong (*Light Weight Increase, Increase in Lightweight*): Fenomena di mana berat aktual kapal menjadi lebih berat daripada berat kapal kosong pada saat desain awal kapal, yang disebabkan oleh berat puluhan lapisan cat akibat pengecatan (*painting*), pelapisan plat baja (*doubling*) saat perbaikan badan kapal, serta penambahan peralatan penangkapan ikan dan alat tangkap, yang berdampak pada turunnya stabilitas badan kapal dan berkurangnya daya apung cadangan

[31)] Lihat *7. Pedoman Keselamatan Pelayaran Kapal* yang tercantum pada lembar perhitungan stabilitas Kapal Seogyeong No. 22

4.7.9 Kapal ini seharusnya memastikan apakah garis muat maksimum yang ditampilkan di sisi lambung terlampaui saat keberangkatan dan mematuhinya sebelum berangkat, namun hal tersebut tidak dilakukan, dan hal ini diperkirakan berperan sebagai penyebab kecelakaan kapal terbalik dengan memburuknya stabilitas badan kapal.

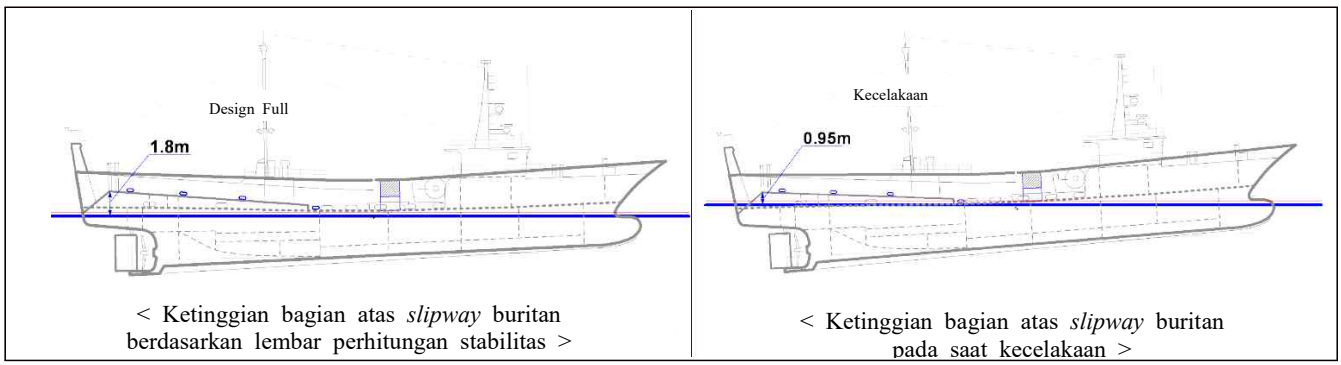
4.8 Pintu *Slipway* Buritan Kapal Tidak Ditutup

4.8.1 Dari perhitungan simulasi terbalik, diketahui bahwa pada saat kecelakaan terjadi, akibat pengaruh gelombang dan angin kencang dari arah tegak lurus lambung kanan, air laut yang mengalir masuk ke dalam kapal ini jumlahnya melebihi kapasitas pembuangan lubang pembebasan. Area dengan tingkat masuknya air laut paling dominan adalah bagian buritan.

4.8.2 Berdasarkan lembar perhitungan stabilitas kapal ini, dalam kondisi bertolak dengan muatan penuh, ketinggian bagian atas *slipway* berada sekitar 1,8 meter di atas permukaan air laut.

4.8.3 Namun, pada saat kejadian kecelakaan, kondisi kapal bertolak telah melebihi garis muat maksimum, sehingga badan kapal tenggelam lebih dalam. Diperkirakan[32] ketinggian bagian atas *slipway* pada saat itu hanya tersisa sekitar 0,95 meter di atas permukaan air laut.

4.8.4 Dengan mempertimbangkan *squat* (penurunan badan kapal saat berlayar) sebesar sekitar 0,3 meter saat berlayar, ketinggian bagian atas *slipway* dihitung hanya tersisa sekitar 0,65 meter dari permukaan air laut. Oleh karena itu, diperkirakan dalam kondisi cuaca buruk dengan gelombang tinggi, air laut sangat mudah menerobos masuk melalui *slipway*.



< Ketinggian bagian atas *slipway* buritan berdasarkan lembar perhitungan stabilitas >

< Ketinggian bagian atas *slipway* buritan pada saat kecelakaan >

<Gambar 34> Perbandingan Ketinggian Slipway Buritan Kapal Seogyeong No. 22

4.8.5 Sementara itu, pintu *slipway* menggunakan mekanisme plat besi yang ditutup dengan cara mengangkat dan menegakkan salah satu sisinya lalu dikunci. Untuk dapat mengunci pintu ini, area di atas pintu *slipway* harus bersih dari rintangan seperti jaring ikan dan peralatan lainnya.

[32] Merujuk pada Laporan Jasa Konsultasi dan Analisis Simulasi Kecelakaan Terbalik Kapal Seogyeong No. 22

4.8.6 Namun, berdasarkan kesaksian mayoritas awak kapal yang selamat, jaring (dengan panjang sekitar 160 meter) yang digunakan pada saat operasi penangkapan ikan pertama yang selesai sekitar pukul 23.00 tanggal 8 Februari diatur di atas geladak buritan tanpa diikat untuk persiapan penebaran jaring berikutnya. Dinyatakan pula bahwa sebagian jaring diletakkan hingga ke ujung buritan, lalu bagian ujung jaring ditahan dengan mengaitkan rantai[33)].

4.8.7 Dalam kondisi seperti ini, pintu *slipway* tidak dapat dikunci. Selain itu, terkonfirmasi bahwa pada operasi penangkapan ikan pukat hela (*trawl*) besar, kecuali saat berlayar pulang dengan muatan penuh, kegiatan penangkapan ikan sering kali dilanjutkan tanpa mengunci pintu *slipway* demi efisiensi penebaran jaring yang cepat selama operasi berlangsung.

4.8.8 Membiarkan pintu *slipway* tetap terbuka selama berlayar memang dapat memungkinkan operasi penangkapan ikan yang efisien seperti penebaran jaring yang cepat, tetapi hal ini dapat menjadi masalah besar dalam menjaga stabilitas kapal.

4.8.9 Khususnya dalam kondisi cuaca buruk seperti pada saat kecelakaan, air laut dalam jumlah besar dapat masuk melalui *slipway*. Air laut yang tergenang di atas geladak akan bergeser ke kiri dan ke kanan sehingga memperburuk stabilitas secara drastis[34)], serta memicu situasi berbahaya yang dapat menggenangi bagian dalam kapal dan membalikkan kapal dalam sekejap.

4.8.10 Oleh karena itu, Pasal 134 (Fasilitas Keselamatan untuk Bukaan Geladak, dll.) Standar Peralatan Kapal Penangkapan Ikan mengatur bahwa "Di bagian atas ramp buritan (*slipway*) kapal pukat hela (*trawl*) harus dipasang perangkat perlindungan yang memadai seperti pintu gerbang atau jaring yang memiliki ketinggian yang sama dengan *bulwark* atau pagar pelindung yang berdekatan".

4.8.11 Selain itu, dalam pedoman keselamatan pelayaran kapal[35)] untuk kapal ini diatur bahwa "Untuk menjamin lambung timbul kapal ini, selama berlayar seluruh perangkat penutup kedap air harus selalu ditutup kecuali saat digunakan untuk lalu lalang".

4.8.12 Pintu *slipway* kapal ini bukan sekadar pintu kerja biasa, melainkan struktur yang membentuk batas kedap air kapal. Oleh karena itu, menutup pintu *slipway* selama berlayar merupakan tindakan yang sangat diperlukan untuk mengamankan lambung timbul guna mempertahankan stabilitas badan kapal dan mencegah masuknya air laut.

4.8.13 Namun, kapal ini diperkirakan melanjutkan pelayaran tanpa menutup pintu *slipway* setelah menyelesaikan operasi penangkapan ikan pertama demi persiapan operasi penangkapan ikan berikutnya. Akibatnya, air laut dalam jumlah besar mengalir masuk ke atas geladak melalui *slipway*, yang disimpulkan menjadi penyebab memburuknya stabilitas kapal.

[33)] Awak kapal yang selamat menyatakan bahwa bagian ujung jaring ditahan agar jaring tidak merosot ke buritan lalu terlilit pada baling-baling atau hanyut, sedangkan papan pembuka jaring dikunci dengan mengaitkan kait ke lubang agar tidak terlepas

[34)] Ketika air laut terkumpul di atas geladak, efek permukaan bebas dari air laut tersebut akan secara langsung mengurangi momen stabilitas melintang yang mempertahankan daya tegak kapal

[35)] Merujuk pada Bagian *7. Pedoman Keselamatan Pelayaran Kapal* yang tercantum dalam lembar perhitungan stabilitas Kapal Seogyeong No. 22

4.8.14 Sementara itu, alat penangkap ikan beserta perlengkapannya yang digelar di atas geladak untuk kegiatan penangkapan ikan akan bergeser ke salah satu sisi apabila terjadi kemiringan melintang pada badan kapal. Alat penangkap ikan dan perlengkapan yang bergeser tersebut dapat menyumbat lubang pembebasan dan menghambat keluarnya air laut yang telah masuk, sehingga mungkin turut berdampak buruk pada stabilitas kapal.

4.9 Ketidaktepatan Teknik Pelayaran saat Cuaca Buruk

4.9.1 Sebagaimana telah diteliti sebelumnya, sebelum kecelakaan terjadi kapal ini sedang berlayar dengan haluan sekitar 246 derajat dan kecepatan sekitar 11 hingga 12 knot di perairan yang berada dalam peringatan gelombang tinggi. Angin bertiup dari arah utara-barat laut dengan kecepatan sekitar 10 hingga 12 m/s, tinggi gelombang sekitar 2 meter, dan arah gelombang dari utara-barat laut.

4.9.2 Dalam kondisi cuaca buruk seperti di atas, kapal ini terus berlayar dengan mempertahankan kondisi yang terus-menerus menerima terpaan angin kencang dan gelombang tinggi dari arah tegak lurus lambung kanan.

4.9.3 Dalam kondisi seperti ini, olengan menyamping badan kapal akan semakin membesar sehingga meningkatkan risiko hilangnya stabilitas dan kapal terbalik. Untuk menghindari hal ini, direkomendasikan untuk menyesuaikan haluan agar menerima angin dan gelombang dari arah 25-35 derajat dari haluan (*dead ahead*), serta menurunkan kecepatan ke kecepatan minimum yang masih memungkinkan pengemudian kapal[36].

4.9.4 Terkait hal ini, Kementerian Kelautan dan Perikanan Korea bersama Federasi Koperasi Perikanan Nasional telah mendistribusikan Pedoman Keselamatan Operasi Perikanan[37] yang memuat ketentuan "Untuk menghindari benturan akibat gelombang, hendaknya mengarahkan kapal agar menerima gelombang seluas mungkin dari arah haluan lambung kiri dan kanan" demi keselamatan pelayaran kapal penangkap ikan saat cuaca buruk.

4.9.5 Untuk mengurangi guncangan dan benturan pada badan kapal saat cuaca buruk, kapal ini seharusnya mengamankan keselamatan dengan memutar haluan ke sisi lambung kanan untuk mengarahkan kapal agar menerima gelombang seluas mungkin dari arah haluan lambung kiri dan kanan, bukan dari arah tegak lurus lambung kanan, serta berlayar pada kecepatan minimum yang masih memungkinkan pengemudian kapal, namun hal tersebut tidak dilakukan.

[36] Teknik Pelayaran *Heave to*: Metode mengarahkan haluan ke arah angin dan gelombang lalu maju dengan kecepatan minimum yang masih memungkinkan pengemudian kapal. Secara umum, disarankan untuk menerjang angin dan gelombang dari arah 25 derajat hingga 35 derajat ke lambung kiri atau kanan dari haluan (Buku Panduan Tanggap Darurat Nakhoda hlm. 14, Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019)

[37] Pedoman Keselamatan Operasi Perikanan Mandiri bagi Nelayan (Juli 2021)

BAB

5

Kesimpulan

5. Kesimpulan

5.1 Kecelakaan kali ini diperkirakan terjadi akibat kombinasi berbagai faktor, yaitu Kapal Seogyeong No. 22 berlayar di perairan bercuaca buruk dalam kondisi stabilitas badan kapal yang menurun karena melebihi garis muat maksimum, lalu guncangan badan kapal semakin membesar akibat angin kencang dan gelombang dari arah tegak lurus lambung kanan, serta sejumlah besar air laut yang naik ke atas geladak melalui *slipway* buritan dan sarana lainnya menggenangi kompartemen di dalam kapal sehingga memperburuk stabilitas secara drastis.

5.2 Hasil simulasi kapal terbalik menunjukkan bahwa akibat angin kencang dan gelombang dari arah tegak lurus lambung kanan, badan kapal oleng dengan miring ke sisi lambung kiri, serta lubang pembebasan terlihat bergerak naik-turun secara berulang di atas dan di bawah permukaan air. Selain itu, terkonfirmasi bahwa akibat pergerakan air laut dan guncangan badan kapal, sejumlah besar air laut masuk, khususnya aliran air laut yang masuk melalui bagian buritan terbilang tinggi.

5.3 Pada contoh kalkulasi simulasi terhadap gelombang tidak beraturan, terkonfirmasi bahwa olengan menyamping badan kapal membesar secara mendadak pada sekitar detik ke-350 setelah simulasi dimulai, dan jumlah air laut yang masuk ke dalam kompartemen internal kapal juga meningkat secara tiba-tiba. Kapal ini ternyata tetap terbalik bahkan dalam simulasi dengan pengandaian kondisi ketika air laut paling sulit masuk ke dalam kapal.

5.4 Berdasarkan hasil analisis kondisi muatan kapal ini melalui CCTV pada saat keberangkatan, kapal ini diperkirakan telah berangkat berlayar dengan melebihi garis muat maksimum. Kapal ini seharusnya memastikan apakah melebihi garis muat maksimum atau tidak dan mematuhinya untuk menjamin daya apung cadangan serta stabilitas badan kapal, namun hal tersebut tidak dilakukan.

5.5 Kapal ini seharusnya menutup pintu *slipway* di bagian buritan selama pelayaran untuk mempertahankan stabilitas badan kapal, namun diperkirakan tidak melakukannya. Hal ini diduga berperan sebagai penyebab yang memperburuk stabilitas badan kapal karena sejumlah besar air laut masuk ke atas geladak melalui *slipway* saat cuaca buruk.

5.6 Untuk mengamankan keselamatan saat berlayar di perairan bercuaca buruk, kapal ini seharusnya mengurangi guncangan dan benturan pada badan kapal dengan memutar haluan ke sisi lambung kanan untuk mengarahkan kapal agar menerima gelombang seluas mungkin dari arah haluan lambung kiri dan kanan, bukan dari arah tegak lurus lambung kanan, serta berlayar pada kecepatan minimum yang masih memungkinkan pengemudian kapal, namun hal tersebut tidak dilakukan.

BAB

6

Poin Pembelajaran

6. Poin Pembelajaran

6.1 Pemeriksaan Garis Muat Maksimum dan Pencegahan Muatan Berlebih Secara Ketat Sebelum Keberangkatan

6.1.1 Nakhoda harus menyadari bahwa mematuhi batas garis muat maksimum saat pemuatan merupakan elemen kunci untuk menjamin kelaiklautan kapal, serta wajib memahami batas pemuatan maksimum berdasarkan lembar perhitungan stabilitas agar minyak bahan bakar, air tawar, alat tangkap dan lainnya tidak dimuat melebihi batas pemuatan.

6.1.2 Selain itu, sebelum berangkat berlayar, Nakhoda harus memeriksa secara langsung dengan mata telanjang sarat air (*draft*) pada bagian haluan, buritan, dan bagian tengah kapal untuk menguji apakah melebihi garis muat maksimum atau tidak. Apabila terkonfirmasi melebihi garis muat maksimum, jumlah muatan wajib disesuaikan agar kapal berangkat dalam kondisi tidak melebihi garis muat maksimum.

6.1.3 Di samping itu, kapal harus dikelola sedemikian rupa agar peningkatan berat kapal kosong (*lightweight*) akibat penuaan badan kapal dapat diminimalkan, seperti membongkar alat tangkap yang tidak digunakan, suku cadang cadangan, dan limbah ke darat secara berkala.

6.1.4 Bersamaan dengan hal ini, tanda garis muat maksimum pada badan kapal harus dicat dan dirawat secara berkala agar tidak berkarat atau terhapus, sehingga awak kapal dapat mengonfirmasi kondisi muatan yang akurat kapan saja.

6.2 Penutupan Pintu *Slipway* untuk Menjaga Stabilitas Lambung Kapal

6.2.1 Nakhoda harus menyadari bahwa apabila pintu *slipway* tidak ditutup setelah operasi penangkapan ikan, air laut dapat masuk melalui slipway selama pelayaran dan menggenangi bagian dalam kapal sehingga menimbulkan bahaya serius bagi keselamatan kapal, serta wajib menutup pintu *slipway* selama berlayar.

6.2.2 Selain itu, setelah operasi penangkapan ikan selesai, barang-barang yang menumpuk seperti alat tangkap dan peralatan di sekitar pintu *slipway* harus dirapikan dan pintu *slipway* harus ditutup. Khususnya saat peringatan khusus cuaca seperti peringatan gelombang tinggi diberlakukan atau saat diperkirakan terjadi cuaca buruk, kondisi pintu *slipway* harus diperiksa kembali untuk menjamin keselamatan.

6.2.3 Di samping itu, alat tangkap, perlengkapan, dan peti ikan yang telah digunakan dalam operasi penangkapan ikan harus disimpan dan ditata secara sempurna agar tidak bergeser ke satu sisi akibat pergerakan badan kapal hingga menyumbat lubang pembebasan dan menghambat pembuangan air laut.

6.2.4 Pemilik kapal penangkap ikan serta instansi terkait seperti Federasi Koperasi Perikanan Nasional harus menyadari bahwa membiarkan pintu *slipway* terbuka selama pelayaran dapat bersamaan dengan perburukan cuaca hingga menyebabkan masuknya air laut ke dalam badan kapal dan berujung pada kecelakaan kapal terbalik seperti pada kejadian kali ini, serta harus memberikan edukasi secara berkelanjutan kepada Nakhoda dan awak kapal penangkap ikan mengenai pentingnya pintu *slipway* dari segi keselamatan, perlunya penutupan selama pelayaran beserta metode pengelolaannya, serta pentingnya penyimpanan alat tangkap dan perlengkapan lainnya.

6.3 Pemahaman dan Penerapan Teknik Pelayaran untuk Memastikan Keselamatan saat Cuaca Buruk

6.3.1 Nakhoda dan Mualim harus memahami teknik pelayaran untuk mengarahkan kapal agar menerima gelombang seluas mungkin dari arah haluan lambung kiri dan kanan serta berlayar pada kecepatan minimum yang masih memungkinkan pengemudian kapal saat cuaca buruk, dan harus menerapkannya dalam situasi cuaca buruk guna menjamin keselamatan kapal dan awak kapal.

6.3.2 Pemilik kapal penangkap ikan serta instansi terkait seperti Federasi Koperasi Perikanan Nasional harus menyadari bahwa jika kapal terus-menerus diterpa gelombang dan angin dari arah tegak lurus badan kapal saat cuaca buruk, risiko kapal terbalik menjadi tinggi akibat meningkatnya olengan menyamping badan kapal, serta harus berupaya mencegah terulangnya kecelakaan dengan secara berkelanjutan memberikan edukasi teknik pelayaran yang direkomendasikan demi keselamatan pelayaran saat cuaca buruk kepada Nakhoda dan Mualim.

BAB

7

Rekomendasi

7. Rekomendasi

7.1 Pengawasan dan Pengelolaan yang Ketat untuk Mencegah Kelebihan Muatan Kapal Penangkap Ikan

7.1.1 Kementerian Kelautan dan Perikanan perlu mengambil tindakan pencegahan terulangnya kejadian, seperti mengedukasi Nakhoda dan pemilik kapal penangkap ikan di garda depan mengenai pembelajaran dari kecelakaan ini agar kapal penangkap ikan tidak berangkat berlayar dalam kondisi melebihi garis muat maksimum, serta memastikan kepatuhan kapal penangkap ikan terhadap garis muat maksimum melalui pemeriksaan lapangan.

7.2 Penutupan Pintu *Slipway* dan Peningkatan Pelatihan Keselamatan dalam Teknik Pelayaran saat Cuaca Buruk

7.2.1 Kementerian Kelautan dan Perikanan perlu mengambil tindakan pencegahan terulangnya kejadian dengan mempertimbangkan karakteristik kapal pukat hela (*trawl*) besar, seperti menyelenggarakan edukasi yang disesuaikan mengenai pentingnya pintu *slipway* dan perlunya penutupan selama pelayaran, serta membuat dan mendistribusikan materi panduan tindakan keselamatan.

7.2.2 Selain itu, perlu diambil tindakan pencegahan terulangnya kejadian seperti mengedukasi Nakhoda dan Mualim kapal penangkap ikan di garda depan agar memahami teknik pelayaran (navigasi) yang aman, termasuk penyesuaian kecepatan kapal dan haluan saat cuaca buruk, serta membuat dan mendistribusikan bahan publikasi.

Kementerian Kelautan dan Perikanan

Pengadilan Keselamatan Maritim Korea