

Jurnal Teknik BKI

PROPULSI

Penggerak Informasi Teknik Jasa Klasifikasi Indonesia

Tinjauan Kecelakaan Kapal Laut

Kecelakaan
KMP. Laut Teduh 2

Analisa Keselamatan
Kapal Feri Ro-Ro

VDR Sebagai
Black Box Kapal



BKI
50th
1964 - 2014



BKI Selalu Siap Menjadi Partner Anda.

Berpengalaman selama 50 tahun, kami siap melayani kebutuhan Anda dalam jasa klasifikasi kapal dan instalasi bangunan lepas pantai yang didukung lebih dari 200 tenaga ahli teknik. Kami ada untuk meningkatkan keselamatan dan perlindungan lingkungan laut pada setiap aset anda. Temukan apa yang dapat kami lakukan di www.bki.co.id.

PT. BIRO KLASIFIKASI INDONESIA (Persero)



Pembaca Yang Budiman,

Keberadaan sebuah media yang menyajikan informasi teknik jasa klasifikasi kapal dan instalasi lepas pantai sangat diperlukan oleh pemakai jasa BKI untuk menambah wawasan mengenai riset dan kajian teknik yang dilakukan baik oleh peneliti dan surveyor BKI maupun oleh praktisi dibidang maritim. Untuk mewujudkan hal tersebut, BKI meluncurkan Jurnal Teknik yang dinamakan

PROPULSI yang berarti Penggerak dengan motto "**Penggerak Informasi Teknik Jasa Klasifikasi Indonesia**". Kami berharap Jurnal Teknik BKI **PROPULSI** bermanfaat bagi pemakai jasa BKI karena merupakan satu-satunya media yang bergerak dibidang informasi teknik jasa klasifikasi kapal dan instalasi lepas pantai di Indonesia.

Perkembangan suatu organisasi tidak terlepas dari kebutuhan internal dan selalu berusaha memenuhi tuntutan pemakai jasa. Kami pun melakukan konsolidasi ke dalam dengan mereorganisasi BKI menjadi lebih profesional dan tanggap terhadap setiap kebutuhan pemakai jasa. Beberapa perubahan organisasi yang kami lakukan yang berhubungan langsung dengan pemakai jasa diantaranya adalah:

- Melakukan penyatuan (merger) Divisi Lambung & Material dan Divisi Mesin & Listrik menjadi Divisi Teknik yang memiliki tupoksi untuk melakukan pemeriksaan dan pengesahan dokumen dan gambar konstruksi dan sistem kapal. Tujuan dari penyatuan divisi tersebut adalah untuk mempercepat proses pemeriksaan dan pengesahan dokumen dan gambar tersebut.

- Membentuk Divisi Pelayanan Pelanggan untuk membantu pemakai jasa BKI dalam mengakses jasa klasifikasi, berkonsultasi mengenai perkembangan pemeriksaan dokumen dan gambar dan menyampaikan segala macam masukan dalam bentuk saran, kritik dan keluhan. Kami harapkan divisi tersebut menjadi kanal komunikasi antara BKI dan pemakai jasa sehingga kami dapat memberikan pelayanan lebih baik lagi.
- Pemisahan organisasi di BKI Cabang menjadi segmen klasifikasi dan segmen komersil dilakukan dengan maksud lebih fokus terhadap jenis layanan yang dibutuhkan pemakai jasa sehingga diharapkan kecepatan pelayanan untuk kedua segmen tersebut lebih ditingkatkan.

Selain melakukan re-organisasi, kami terus berupaya meningkatkan kualitas dan profesionalitas lebih dari 200 personil teknik yang dimiliki BKI. Salah satunya bergabung dengan The Royal Institution of Naval Architects (RINA) Corporate Partner bersama lebih dari 100 institusi bidang maritim diseluruh dunia melalui kerjasama pengembangan SDM.

Memasuki usia yang ke-50, BKI terus bergerak menjadi lebih baik untuk tetap menjaga kepercayaan anda. Terima kasih.

Salam Hangat,

Rudiyanto

Direktur Utama Biro Klasifikasi Indonesia

Salam Propulsi.

Pada edisi pertama ini kami menghadirkan tema yang terkait dengan keselamatan maritim khususnya kecelakaan kapal yang beberapa tahun ini sering terjadi di Indonesia. Dari hasil investigasi menunjukkan bahwa sebagian besar kecelakaan kapal yang salah satunya terjadi diperairan Indonesia disebabkan oleh kelalaian manusia (*Human Error*). Hal inilah yang mendorong IMO sebagai organisasi maritim internasional mengeluarkan beberapa aturan baru statutoria terkait kelayakan dan kompetensi ABK kapal yang tercantum didalam ISM (*International Safety management*) dan MLC (*Maritime Labour Convention*) yang diaplikasikan melalui audit tambahan untuk setiap kejadian kecelakaan kapal. Disamping itu perlunya peran aktif dari pemilik kapal untuk segera menginformasikan apabila terjadi kecelakaan pada kapalnya, hal ini akan berpengaruh terhadap validitas sertifikat kapal tersebut dan juga perlunya pengumpulan data kecelakaan kapal baik yang bersifat kerusakan minor maupun major dalam rangka pengembangan statistik kerusakan (*damage statistic*) yang nantinya akan dijadikan salah satu acuan untuk pengembangan aturan teknik BKI.

Beberapa artikel utama dalam jurnal ini menjelaskan secara lebih mendalam terkait tema kecelakaan kapal dalam upaya memberikan informasi dan solusi dalam meningkatkan

keselamatan laut di Indonesia, meliputi studi kasus berupa hasil investigasi dan analisa terjadinya kecelakaan salah satu kapal penumpang diperairan Indonesia, analisa pengaruh kebocoran terhadap stabilitas kapal yang cukup memberikan informasi mengenai kondisi kapal-kapal yang berlayar diperairan Indonesia, kajian kriteria stabilitas yang bertujuan untuk pengembangan aturan keselamatan yang berhubungan dengan garis muat dan stabilitas kapal domestik dan pengenalan peralatan kapal yang berfungsi untuk meningkatkan keselamatan dilaut. Disamping juga beberapa artikel pendukung dari berbagai bidang dan kompetensi yang ada di BKI diantaranya tulisan terkait informasi teknik tentang aturan bangunan lepas pantai, permesinan kapal dan analisa resiko struktur bangunan lepas pantai.

Akhir kata, semoga dengan diterbitkannya Jurnal Teknik BKI ini, dapat menjadi sumber informasi dan referensi bagi para pembaca dan tak lupa saran dan masukan kami harapkan guna penyempurnaan pada edisi-edisi selanjutnya, Terima Kasih!

Selamat Membaca!

Jurnal teknik ini dapat diakses melalui website BKI di www.bki.co.id.

Pengarah : Direksi BKI
Penanggungjawab : Kepala Divisi Manajemen Strategis
Pemimpin Redaksi : Senior Manager Riset dan Pengembangan Teknikal
Anggota : Mochammad Zaky
Sukron Makmun
Defri Sumarwan
Eko Maja Priyanto
Gde Sandhyana Pradhita

ALAMAT REDAKSI :
Dewan Redaksi
Divisi Manajemen Strategis
Biro Klasifikasi Indonesia
Telp. 021-4301017 ext 2001
Email : propulsi@bki.co.id
Jl. Yos Sudarso No. 38-40
Jakarta

3 **Sambutan Direktur**

4 **Salam Redaksi**

5 **Daftar Isi**

7 **Kecelakaan KMP. Laut Teduh 2**

Di Perairan Sekitar Pulau Tempurung Selat Sunda, Banten 28 Januari 2011



15 **ANALISA KESELAMATAN KAPAL FERI RO-RO DITINJAU DARI DAMAGE STABILITY**

SAFETY ANALYSIS ON RO-RO FERRY BASED ON DAMAGE STABILITY



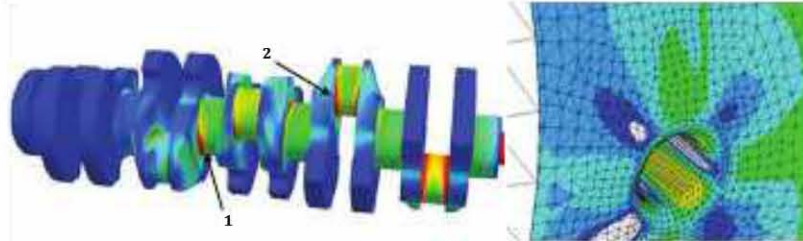
23 **VDR SEBAGAI BLACK BOX KAPAL**



31 **KARAKTERISTIK LINGKUNGAN PERAIRAN INDONESIA:**

DASAR PENENTUAN KRITERIA STABILITAS KAPAL DALAM NEGERI

- 41 **CRANKSHAFT (1) :**
Faktor Penyebab Kerusakan dan Metode Pencegahannya



- 47 **BKI GUIDELINE FOR FLOATING LIQUEFIED GAS TERMINAL**



- 57 **PENERAPAN SISTEM SCR (SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION) PADA KAPAL GUNA MENGURANGI PENCEMARAN UDARA DILAUT**

- 65 **PENILAIAN RESIKO (RISK ASSESSMENT) PADA STRUKTUR ETB JACKET PLATFORM**
TERHADAP BAHAYA KELALAHAN (FATIGUE HAZARD)
UNTUK PERPANJANGAN UMUR OPERASI

- 74 **DAFTAR LENGKAP KANTOR PT. BIRO KLASIFIKASI INDONESIA**

- 76 **DAFTAR RULES & GUIDELINES BKI**

- 79 **PEDOMAN PENULISAN JURNAL TEKNIK BKI**

- H. Pada kolom ini terdapat tab-tab yang berisi informasi-informasi lain seperti data kapal, informasi alarm yang terjadi dan tampilan AIS kapal bilamana VDR/S-VDR tidak terhubung dengan radar. Selain itu juga terdapat tampilan khusus radar dalam resolusi tinggi.
- I. Kolom ini berisi informasi engine telegraph yang berupa status motor penggerak kapal baik saat berjalan maju, mundur ataupun berhenti.

Referensi

- [1] SOLAS consolidate edition 2009.
- [2] Instruction manual JRC Voyage Data Recorder JCY-1800.
- [3] MSC/Circ.1024, Guidelines on Voyage Data Recorder (VDR) Ownership And Recovery.
- [4] MSC.163(78), Performance Standards for Shipborne Simplified Voyage Data Recorders (S-VDRs)
- [5] MSC.333(90), Adoption of Revised Performance Standards for Shipborne Voyage Data Recorders (VDRs)
- [6] Ships electrical systems, DokMar publisher
- [7] Fundamental of marine electronic data, Australian Transport Safety Bureau in association with Republic Indonesia Ministry of Transportation, National Transportation Safety Committee.

KARAKTERISTIK LINGKUNGAN PERAIRAN INDONESIA: DASAR PENENTUAN KRITERIA STABILITAS KAPAL DALAM NEGERI



Daeng Paroka, ST, MT, Ph.D

- Staff Pengajar Teknik Perkapalan Fakultas Teknik
- Universitas Hasanuddin
- E mail : d_paroka@yahoo.com

1. Pendahuluan

Stabilitas merupakan salah satu parameter keselamatan kapal dalam pelayaran. Untuk mendapatkan sertifikat kelaikan, setiap kapal harus menunjukkan hasil perhitungan stabilitas yang sudah diperiksa (approved) oleh badan klasifikasi dimana kapal tersebut dikelaskan. Proses pemeriksaan stabilitas didasarkan pada kriteria stabilitas baik kriteria stabilitas dalam negeri untuk kapal pelayaran lokal atau kriteria stabilitas internasional untuk kapal pelayaran internasional. Negara yang belum mempunyai kriteria stabilitas sendiri dapat mengadopsi kriteria stabilitas IMO (International Maritime Organization) sebagai badan otoritas PBB yang menangani masalah kemaritiman. Indonesia merupakan salah satu negara yang mengadopsi kriteria stabilitas IMO baik untuk kapal pelayaran lokal maupun pelayaran internasional. Kriteria stabilitas IMO terdiri atas kriteria umum (general criteria) yang berlaku untuk semua type kapal serta kriteria khusus yang hanya berlaku untuk type kapal tertentu seperti kriteria cuaca (weather criteria) yang harus dipakai untuk mengevaluasi stabilitas kapal penumpang atau kapal dengan luas permukaan bidang tangkap angin yang besar, kriteria stabilitas untuk kapal ikan serta type kapal lainnya seperti container dan lain-lain (IMO, 2002).

Kriteria umum stabilitas IMO dikembangkan oleh Rahola (1930) berdasarkan statistik karakteristik lengan stabilitas kapal yang ada pada saat itu baik yang masih beroperasi ataupun yang sudah tenggelam. Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang perkapalan, topologi kapal juga mengalami evolusi yang mengharuskan IMO untuk mengembangkan kriteria stabilitas yang dapat dipakai untuk semua kapal. Salah satu pengembangan kriteria stabilitas adalah kriteria untuk kapal penumpang atau kapal dengan luas bidang tangkap angin

yang besar. Kriteria cuaca dimaksudkan untuk menghindari terjadinya ketenggelaman kapal akibat angin dan gelombang dimana sistem propulsi dan kemudi tidak berfungsi atau lebih umum dikenal dengan istilah "dead ship" (IMO, 2008). Prinsip dasar pengembangan kriteria cuaca adalah metode keseimbangan energy antara momen oleng akibat angin dengan momen pengembali pada saat kapal mengalami gerak oleng (rolling). Energy gelombang dan angin yang menyebabkan kapal mengalami kemiringan ke arah portside sebesar sudut oleng tertentu harus diimbangi dengan energi momen pengembali yang akan mengembalikan kapal pada kondisi tegak. Energi angin dan gelombang serta energi momen pengembali dapat diestimasi sebagai luar yang dibatasi oleh kurva lengan stabilitas pada arah portside dan starboard. Agar kapal dapat terhindari dari bahaya ketenggelaman, energi momen pengembali harus sama dengan atau lebih besar dari energi angin dan gelombang yang mengakibatkan kapal mengalami kemiringan (oleng).

Kriteria cuaca IMO (IMO, 2008) diadopsi dari kriteria cuaca Rusia dan Jepang (Kobyliński, 2003). Pada kriteria cuaca Rusia, faktor fluktuasi angin tidak dipertimbangkan sehingga kecepatan angin diasumsikan konstan. Berbeda dengan kriteria cuaca Jepang dimana faktor fluktuasi angin dipertimbangkan dengan estimasi faktor keamanan sebesar 50 persen lebih besar dari kecepatan angin konstan. Penentuan faktor fluktuasi angin pada kriteria cuaca Jepang didasarkan pada data hasil pengukuran kecepatan angin yang diberikan oleh Watanabe, et. al. (1955) pada berbagai kondisi badai. Berdasarkan data tersebut diperoleh nilai rata-rata faktor fluktuasi angin sebesar 50 persen lebih besar dari kecepatan angin konstan. Lokasi pengukuran kecepatan angin tidak dijelaskan tetapi besar kemungkinan data angin tersebut dikoleksi di Perairan Jepang.

Karakteristik angin seperti kecepatan dan fluktuasi kecepatan angin sangat tergantung pada letak geografis dari suatu lokasi. Oleh karena itu, untuk kepentingan kriteria cuaca bagi kapal-kapal pelayaran lokal dapat ditentukan faktor fluktuasi angin tersebut berdasarkan karakteristik data angin dimana kapal akan dioperasikan. Begitu juga dengan asumsi kecepatan angin konstan yang akan digunakan sangat tergantung pada lokasi. Kecepatan angin maksimum pada satu lokasi dapat berbeda dengan kecepatan angin maksimum pada lokasi yang lain. Pada kriteria cuaca IMO kecepatan angin yang digunakan adalah 26 m/det yang juga diadopsi dari kriteria cuaca Jepang (Watanabe, et. al., 1956). Kecepatan angin tersebut ditentukan berdasarkan hasil penghitungan perbandingan antara energi momen pengembali dengan energi momen oleng akibat angin dan gelombang pada beberapa kapal sampel dengan kecepatan angin yang bervariasi mulai dari 10 m/det sampai dengan 35 m/det. Kapal-kapal yang dijadikan sampel adalah kapal yang dibangun dan beroperasi saat itu yang mana mempunyai perbedaan typology dengan kapal yang ada sekarang baik evolusi akibat permintaan ataupun yang disebabkan oleh perkembangan teknologi perkapalan.

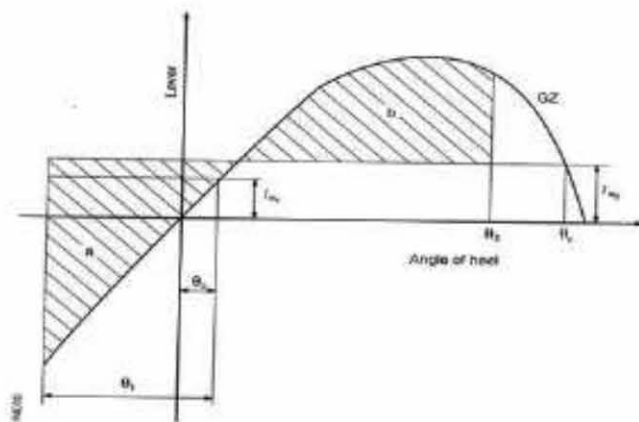
Selain karakteristik angin, karakteristik gelombang pada satu perairan juga dapat berbeda dengan karakteristik gelombang pada lokasi perairan yang berbeda secara letak dan kondisi geografis. Berdasarkan Beaufort Scale yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi Dunia (WMO) karakteristik gelombang di perairan bebas berupa periode dan tinggi gelombang signifikan sangat berkorelasi dengan kecepatan angin rata-rata. Berdasarkan teori pembangkitan gelombang akibat angin, tinggi dan periode gelombang sangat tergantung pada kecepatan angin dan jarak penjalaran gelombang. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan jarak antar pulau yang tidak terlalu jauh sangat memungkinkan karakteristik

gelombang yang ditimbulkan oleh angin sangat berbeda dengan karakteristik gelombang pada perairan terbuka. Oleh karena itu diperlukan data gelombang atau setidaknya prediksi karakteristik gelombang untuk dapat menentukan parameter gelombang khususnya kecuraman gelombang untuk kriteria cuaca pada kriteria stabilitas untuk kapal-kapal yang beroperasi di Perairan Indonesia.

Berdasarkan uraian yang diberikan pada beberapa paragraph di atas, data lingkungan perairan sangat diperlukan untuk dapat mengembangkan kriteria cuaca khusus untuk kapal-kapal yang beroperasi dalam negeri. Untuk penentuan kecepatan angin dapat mengikuti metode penentuan kecepatan angin yang diberikan oleh Watanabe et. al. (1956) atau dengan memakai data angin Perairan Indonesia jika tersedia dengan pendekatan probabilitas apabila batas tingkat resiko ketenggelaman yang masih dapat diterima telah ditentukan. Untuk sarana atau fasilitas umum, badan dunia menetapkan tingkat resiko yang dapat diterima adalah 10^{-6} (referensi).

2. Kriteria Cuaca IMO

Parameter evaluasi kriteria cuaca adalah perbandingan antara energi momen pengembali dengan energi momen oleng yang disebabkan oleh angin dan gelombang. Nilai perbandingan tersebut tidak boleh kurang dari satu. Energi momen pengembali dapat diestimasi dari luasan yang dibatasi oleh kurva stabilitas sampai dengan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas sudah sama dengan nol (angle of vanishing stability) atau sudut dimana bukaan yang ada di geladak utama sudah menyentuh permukaan air (downflooding angle) atau sudut 50 derajat, diambil nilai yang terkecil. Energi momen oleng akibat angin dan gelombang adalah luasan yang dibatasi oleh kurva lengan stabilitas sampai pada sudut kemiringan dalam arah berlawanan yang disebabkan oleh angin dan



Gambar 1. Parameter evaluasi stabilitas untuk kriteria cuaca (weather criteria) (IMO, 2002).

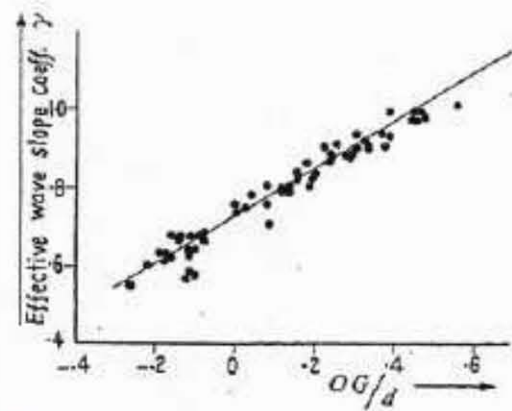
gelombang yang bekerja secara bersamaan (IMO, 2002) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Luasan “b” pada Gambar 1 adalah energi momen pengembali sedangkan luasan “a” adalah energi momen oleng akibat angin dan gelombang. Dengan demikian maka kriteria cuaca dapat akan terpenuhi jika b/a lebih besar atau sama dengan satu. lw_1 pada Gambar 1 adalah lengan pengganggu yang ditimbulkan angin dengan kecepatan konstan dimana IMO menetapkan kecepatan angin sama dengan 26 m/detik sebagai standar untuk kriteria cuaca. ϕ_0 adalah sudut kemiringan kapal akibat momen pengganggu angin dengan kecepatan konstan, ϕ_1 adalah sudut oleng kapal akibat gelombang dan angin yang bekerja secara bersamaan dan lw_2 adalah lengan momen pengganggu akibat fluktuasi kecepatan angin. ϕ_c dan ϕ_2 masing-masing adalah sudut kemiringan kapal dimana bukaan yang ada di geladak sudah menyentuh permukaan air (downflooding angle) dan sudut kemiringan kapal dimana lengan pengembali sama dengan nol dengan mempertimbangkan lengan momen pengganggu (angle of vanishing stability). Besarnya sudut kemiringan akibat momen angin dan gelombang yang bekerja secara bersamaan diestimasi dengan menggunakan formula yang diusulkan oleh Jepang dan Rusia.

$$\phi_1(\text{degrees}) = 109 \times k \times X_1 \times X_2 \sqrt{r \times s}$$

Konstanta 109 pada persamaan di atas adalah faktor keselamatan yang ditentukan berdasarkan hasil pengujian model fisik 58 kapal Jepang dari total 8.825 kapal berbendera Jepang dengan ukuran lebih besar dari 100 GT (Jepang, 1982). Nilai ini tidak mewakili kapal dengan tonase kurang dari 100 GT yang mana merupakan kapal yang banyak beroperasi di Perairan Indonesia. Faktor k, X_1 dan X_2 adalah faktor yang tergantung pada karakteristik geometri kapal sedangkan r dan s masing-masing adalah koefisien efektif slope gelombang (effective wave slope coefficient) dan kecuraman gelombang (wave steepness).

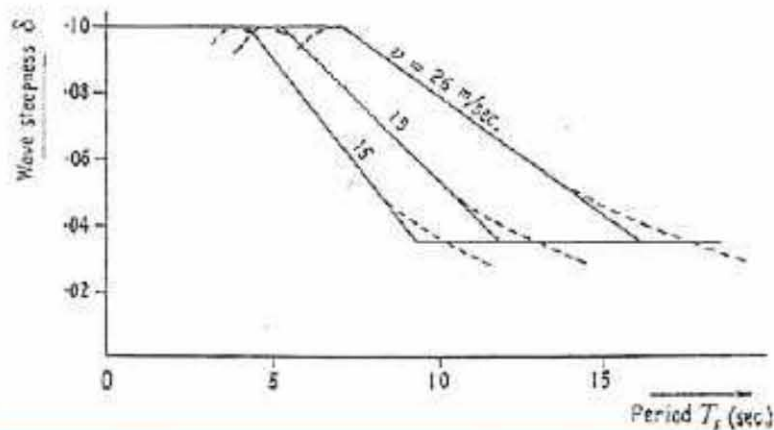
Koefisien efektif slope gelombang sangat tergantung pada panjang gelombang dan lebar kapal. Ketika panjang gelombang lebih kecil dari lebar kapal maka koefisien efektif slope gelombang samadengan nol. IMO menggunakan parameter jarak titik berat terhadap permukaan air tenang dan sarat kapal untuk mengestimasi koefisien efektif slope gelombang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan koefisien efektif slope gelombang IMO (IMO, 2008)

Untuk kapal-kapal yang beroperasi di Perairan Indonesia, koefisien efektif slope gelombang dapat diestimasi dengan metode yang sama dengan yang dipakai oleh Watanabe (1938) yaitu dengan mengintegrasikan tekanan gelombang terhadap badan kapal yang ada di bawah permukaan air pada kondisi air tenang atau dengan menggunakan teori strip dengan mengabaikan pengaruh difraksi gelombang. Karena persamaan untuk menentukan sudut oleng akibat angin dan gelombang diformulasikan pada kondisi resonansi maka estimasi koefisien efektif slope gelombang juga harus dilakukan pada frekwensi resonansi dimana frekwensi gelombang sama dengan frekwensi natural oleng kapal.

Parameter gelombang yang dijadikan variable dalam penentuan sudut oleng kapal akibat gelombang dan angin yang bekerja secara bersamaan adalah kelandaian gelombang (wave slope). Kelandaian gelombang yang diberikan oleh IMO adalah kelandaian gelombang berdasarkan kecepatan angin (Sverdrup dan Munk, 1947) dimana gelombang diasumsikan ditimbulkan oleh angin yang berhembus di perairan dengan jarak jangkauan, interval waktu dan kecepatan tertentu. Pada lokasi perairan tertentu, kelandaian gelombang dapat berbeda apabila kecepatan angin yang menyebabkan terjadinya gelombang juga berbeda. Begitu juga, kecepatan angin yang sama akan menyebabkan perbedaan kelandaian gelombang pada lokasi berairan serta durasi waktu angin yang berbeda. Kelandaian gelombang yang dipakai pada kriteria cuaca IMO



Gambar 3. Kelandaian gelombang berdasarkan periode gelombang

untuk kecepatan angin 15 m/det, 19 m/det dan 26 m/det ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada rentang periode gelombang tertentu, kecepatan angin berpengaruh secara signifikan terhadap kelandaian gelombang. Makin tinggi kecepatan angin, makin besar kelandaian gelombang yang terjadi. Kelandaian gelombang yang direkomendasikan oleh IMO pada kriteria cuaca adalah kelandaian gelombang sesuai dengan kecepatan angin standar pada kriteria cuaca tersebut, yaitu 26 m/det. Penerapan kriteria cuaca IMO pada lokasi perairan dengan kecepatan angin kurang dari 26 m/det atau perairan sempit seperti selat antar pulau yang banyak menjadi lintasan pelayaran di Indonesia akan menjadi overestimate sehingga dapat berdampak terhadap ekonomi pengoperasian kapal dimana dibutuhkan lambung timbul yang lebih besar atau titik berat (KG) yang lebih rendah untuk memenuhi kriteria tersebut. Kelandaian gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 3 memberikan peluang kepada setiap negara untuk mengembangkan kriteria cuaca sendiri sesuai dengan kondisi lingkungan perairan dengan ketentuan bahwa kapal tersebut hanya beroperasi dalam negeri.

3. Parameter Kriteria Cuaca Berdasarkan Kondisi Perairan Indonesia

Kriteria cuaca sebagai bagian dari kriteria stabilitas untuk kapal yang berlayar dalam negeri dapat dikembangkan berdasarkan prosedur penentuan kriteria cuaca IMO. Paling sedikit tiga parameter, yaitu kecepatan angin, kelandaian gelombang dan koefisien efekti slope gelombang dapat

diformulasikan sesuai dengan kondisi Perairan Indonesia. Formulasi ketiga parameter tersebut memerlukan data yang banyak untuk memperoleh suatu model formulasi yang bersifat umum dan dapat diaplikasikan untuk semua kapal yang beroperasi dalam negeri serta praktis sehingga mudah untuk diaplikasikan. Parameter kelandaian gelombang sangat tergantung pada tinggi dan panjang gelombang. Tinggi dan panjang gelombang tersebut dapat diestimasi berdasarkan kecepatan angin pada lokasi perairan dengan asumsi bahwa gelombang yang terjadi sepenuhnya ditimbulkan oleh angin. Asumsi ini sesuai dasar penentuan kelandaian gelombang yang dipakai oleh IMO seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) membagi Perairan Indonesia menjadi 18 zona dan empat diantara zona tersebut dijadikan dasar klasifikasi kondisi perairan. Kecepatan angin, tinggi gelombang signifikan dan tinggi gelombang rata-rata yang ditunjukkan pada empat zona perairan tersebut tidak dapat dipakai untuk menentukan parameter gelombang yang dibutuhkan untuk kriteria cuaca, yaitu kelandaian gelombang. Untuk mendapatkan kelandaian gelombang diperlukan tinggi dan panjang gelombang. Dengan data angin yang tersedia, panjang dan tinggi gelombang dapat diperoleh dengan memakai metode hind casting gelombang. Lokasi perairan yang dipilih sebagai dasar untuk penentuan parameter cuaca untuk Perairan Indonesia ditunjukkan pada Gambar 4.

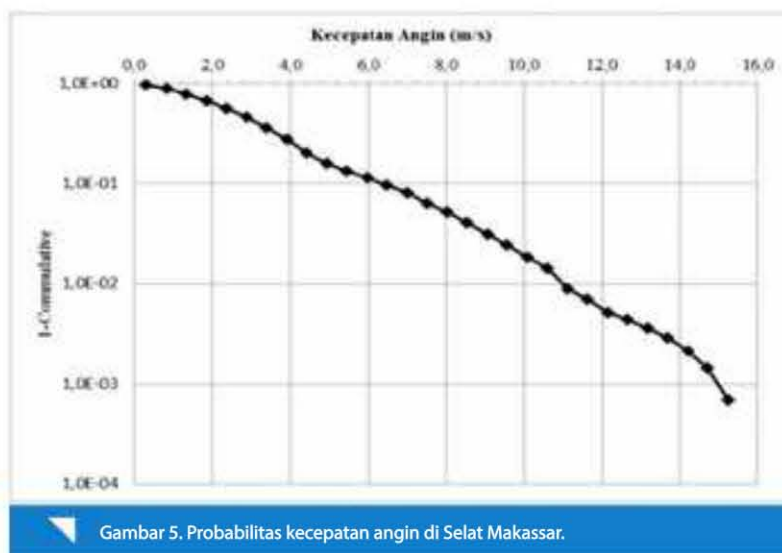


Gambar 4. Lokasi perairan standar angin dan gelombang Indonesia

tersebut juga diidentifikasi oleh KNKT sebagai lokasi yang rawan terjadi kecelakaan kapal bersama dengan lokasi perairan lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Empat zona yang dijadikan dasar kecepatan angin dan tinggi gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 4 meliputi Laut Natuna, Laut Jawa, Selat Makassar dan Laut Arafura. Lokasi

Kecepatan angin maksimum yang mungkin terjadi di Selat Makassar adalah 15 m/detik dengan peluang kejadian 10^{-3} . Kecepatan angin tersebut lebih tinggi dibandingkan

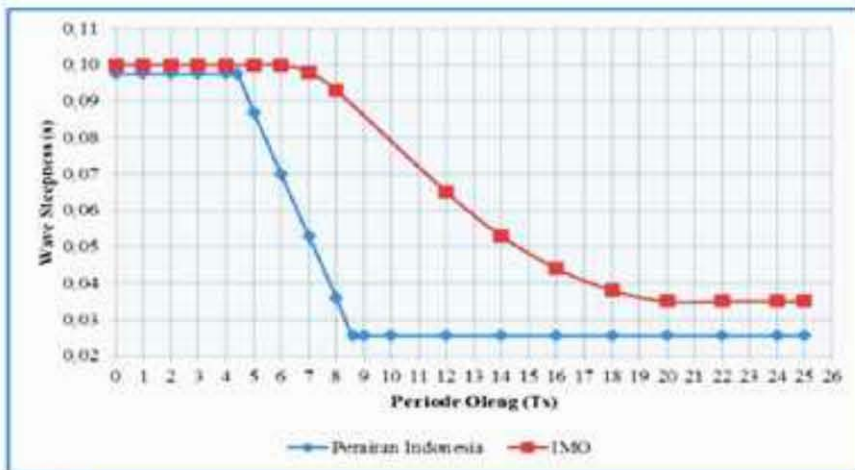


Gambar 5. Probabilitas kecepatan angin di Selat Makassar.

dengan data skala beaufort BMKG. Peluang kejadian untuk setiap kecepatan angin yang dapat terjadi di Selat Makassar ditunjukkan pada Gambar 5.

Data ini menunjukkan bahwa untuk Selat Makassar, kecepatan angin untuk kriteria cuaca dapat diambil 16 m/detik yang mana sebanding dengan tekanan angin sama dengan 135 N/m². Dengan kecepatan angin 16 m/detik, kelandaian gelombang

Selain data lingkungan, pengaruh karakteristik hidrodinamika seperti interaksi antara kapal dan gelombang juga dapat berbeda antara kriteria IMO dengan kondisi kapal yang beroperasi dalam negeri. Kapal penyeberangan antar pulau yang beroperasi di Indonesia umumnya mempunyai lebar yang relative besar dan sarat yang kecil. Karakteristik desain ini untuk mengakomodir permintaan kapasitas serta kondisi pelabuhan penyeberangan antar pulau. Perbandingan antara



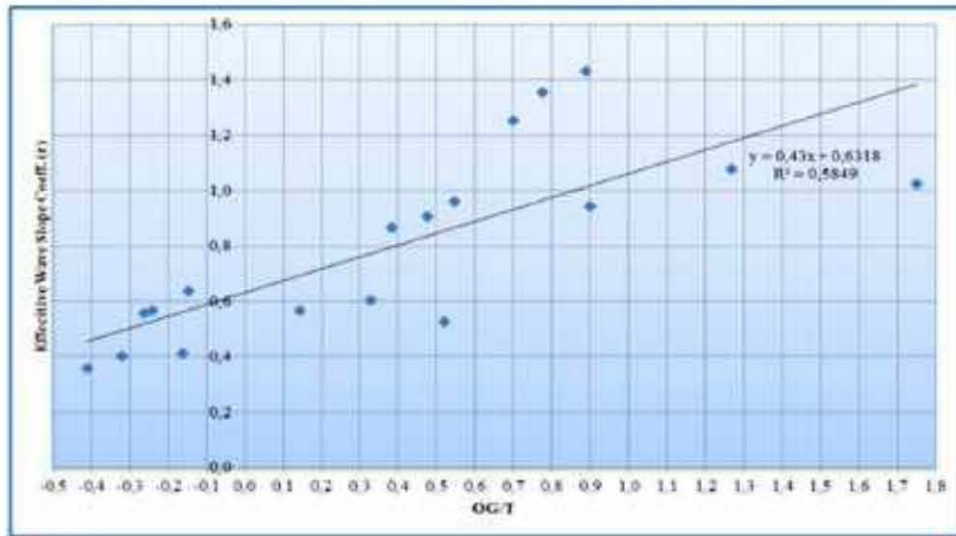
Gambar 6. Kelandaian gelombang Perairan Selat Makassar

yang terjadi akan lebih kecil dari yang direkomendasikan oleh IMO seperti ditunjukkan pada Gambar 3 di atas. Hasil estimasi kelandaian gelombang perairan Selat Makassar berdasarkan data angin ditunjukkan pada Gambar 6.

Sumbu mendatar pada Gambar 6 di atas adalah periode gelombang dan sumbu vertikal adalah kelandaian gelombang (wave steepness). Kurva dengan legen segiempat adalah kelandaian gelombang berdasarkan kriteria cuaca IMO dengan kecepatan angin 26 m/detik sedangkan kurva dengan legen belah ketupat adalah kelandaian gelombang perairan Selat Makassar dengan kecepatan angin maksimum 16 m/detik. Gambar 6 menunjukkan bahwa kelandaian gelombang perairan Selat Makassar lebih kecil dibandingkan dengan kelandaian gelombang yang disyaratkan oleh IMO khususnya pada frekwensi gelombang lebih besar dari 4 detik. Kelandaian gelombang maksimum Selat Makassar adalah 0.09 dan yang terkecil adalah 0.025. Dengan kelandaian gelombang yang lebih kecil, sudut oleng akibat angin dan gelombang yang bekerja secara bersamaan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan sudut oleh yang diperoleh berdasarkan kriteria cuaca IMO.

lebar dan sarat kapal menjadi besar serta posisi titik berat kapal yang cukup tinggi dimana semua muatan berada di atas geladak utama. Kriteria IMO seperti ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan karakteristik hidrodinamika berupa koefisien slope efektif gelombang sebagai fungsi dari rasio jarak titik berat dari permukaan air dan sarat kapal. Dengan posisi titik berat yang relatif tinggi serta sarat yang kecil dapat memberikan koefisien slope efektif gelombang yang lebih besar. Gambar 7 menunjukkan hubungan antara rasio tinggi titik berat dari permukaan air dengan sarat kapal dan koefisien slope efektif gelombang untuk empat kapal penyeberangan antar pulau dengan posisi titik berat dan sarat yang bervariasi.

Koefisien slope efektif gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 5 diperoleh dengan memakai metode Frank Closed Fit dikombinasikan dengan teori strip. Regresi linear yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa koefisien slope efektif gelombang untuk kapal yang beroperasi dalam negeri lebih kecil dibandingkan dengan kriteria cuaca IMO. Untuk memvalidasi hasil estimasi ini diperlukan beberapa rangkaian pengujian model untuk memberikan



Gambar 7. Koefisien efektif slope gelombang (effective wave slope coefficient)

jaminan terhadap hasil yang diperoleh dari perhitungan. Untuk dapat mengaplikasikan hasil estimasi karakteristik lingkungan dan kapal yang diperoleh pada kriteria cuaca untuk kapal yang beroperasi dalam negeri, diperlukan data tambahan berupa lokasi perairan, type serta kapasitas kapal yang berbeda sehingga hasil akhir yang diperoleh dapat diaplikasikan untuk semua type kapal.

4. Evaluasi Kriteria Cuaca Kapal Penyeberangan Antar Pulau

Parameter kriteria cuaca yang diperoleh berdasarkan data perairan serta data kapal penyeberangan antar pulau pada uraian sebelumnya dipakai untuk mengevaluasi kriteria stabilitas kapal penyeberangan antar pulau yang beroperasi di Indonesia. Hasil evaluasi tersebut dibandingkan dengan

hasil evaluasi berdasarkan kriteria cuaca IMO. Data kapal penyeberangan yang digunakan untuk evaluasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Prosedur evaluasi mmengacu pada metode evakuasi kriteria cuaca IMO (keseimbangan energi) dimana energi momen oleng akibat angin dan gelombang lebih kecil atau sama dengan energi momen pengembali kapal. Parameter yang dianalisis hanya yang berhubungan dengan kondisi perairan seperti kecepatan angin, kelandaian gelombang serta koefisien slope efektif gelombang. Parameter lain diasumsikan sama dengan kriteria cuaca IMO. Faktor fluktuasi angin diasumsikan sama dengan kriteria IMO yaitu 50 persen lebih besar dari kecepatan angin konstan.

Tabel 1. Ukuran utama kapal sampel

Model	L_{OA}	L_{WL}	L_{BP}	B	H	T	B/T	C_b	Δ
	m	m	m	m	m	m			Ton
200 GT	30,870	25,542	24,180	9,000	2,700	1,900	4,737	0,677	303,084
300 GT	40,000	36,226	34,500	10,500	2,800	2,000	5,250	0,686	534,919
500 GT	45,500	41,744	40,150	12,000	3,200	2,150	5,581	0,654	721,964
750 GT	54,500	49,766	47,250	14,000	3,400	2,450	5,714	0,704	1231,752

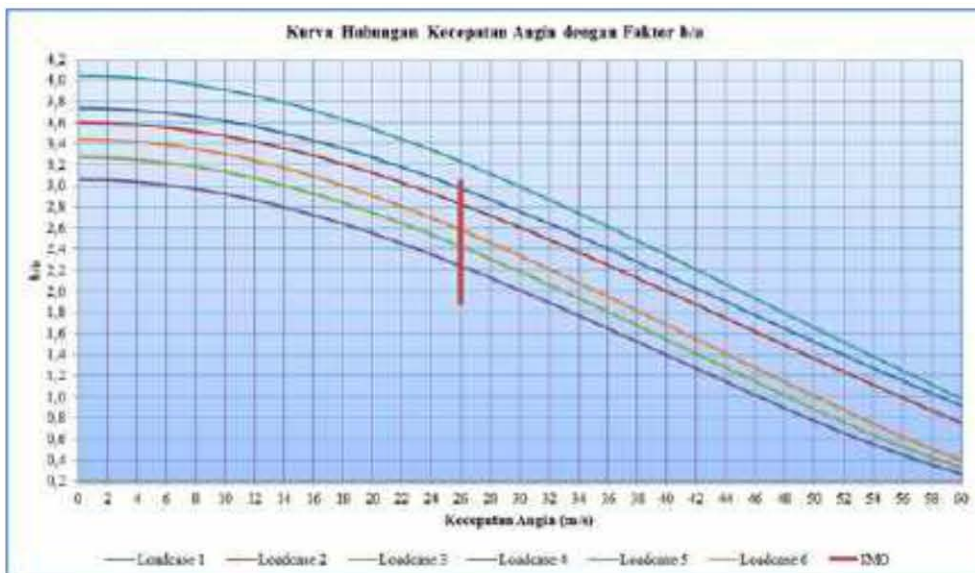
Hasil evaluasi kriteria cuaca untuk masing-masing kapal sampel pada berbagai kondisi pemuatan ditunjukkan pada Gambar 8 – 11.

Berdasarkan hasil evaluasi untuk keempat kapal sampel seperti ditunjukkan pada Gambar 8 – 11 di atas, keempat kapal sampel memenuhi kriteria cuaca sesuai dengan kondisi

perairan Selat Makassar. Demikian pula halnya dengan penerapan kriteria cuaca IMO kecuali untuk kapal 200 GT dimana pada kondisi pemuatan tertentu tidak memenuhi kriteria cuaca. Rasio antara energi momen pengembali dengan energi momen oleng untuk kecepatan angin 16 m/detik lebih besar dibandingkan dengan pada kecepatan angin 26 m/detik. Selain disebabkan karena kelandaian gelombang yang



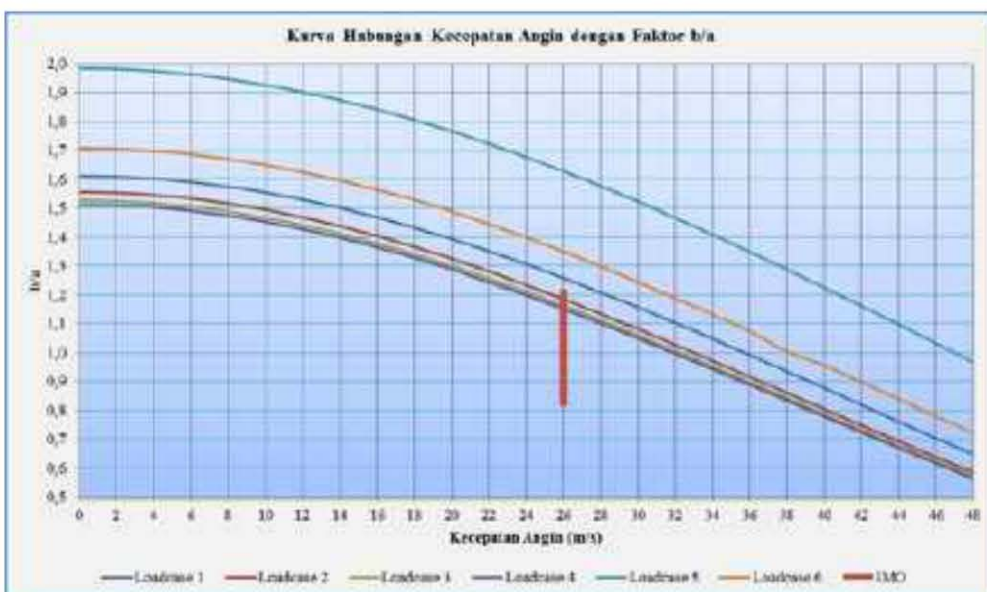
Gambar 8. Hasil evaluasi kriteria cuaca kapal 200 GT.



Gambar 9. Hasil evaluasi kriteria cuaca kapal 300 GT.



Gambar 10. Hasil evaluasi kriteria cuaca kapal 500 GT.



Gambar 11. Hasil evaluasi kriteria cuaca kapal 750 GT.

lebih kecil, lengan pengganggu akibat angin juga lebih kecil. Begitu juga dengan koefisien slope efektif gelombang yang lebih kecil dari yang disyaratkan oleh IMO.

Hasil ini menunjukkan bahwa kapal sampel masih dapat memenuhi kriteria cuaca berdasarkan kondisi perairan daerah pelayaran pada lengan stabilitas yang lebih kecil. Pengurangan lengan stabilitas dapat terjadi dengan bertambahnya posisi

titik berat (KG) atau akibat pengurangan lambung timbul. Kedua kemungkinan penyebab tersebut dapat terjadi akibat kelebihan muatan atau penempatan muatan pada posisi yang lebih tinggi. Kemungkinan pergeseran titik berat juga dapat terjadi akibat perubahan atau evolusi karakteristik muatan khususnya untuk muatan kendaraan. Perubahan karakteristik kendaraan termasuk dimensi serta muatan yang diangkut dapat berpengaruh terhadap perubahan sarat dan titik berat.

Kondisi ini mungkin untuk terjadi khususnya untuk kapal-kapal yang sudah berumur lebih dari sepuluh tahun. Untuk melihat kemungkinan-kemungkinan tersebut, diperlukan data kapal yang meliputi type dan kapasitas yang berbeda sehingga dapat dirumuskan formula atau standar untuk penentuan masing-masing variabel sehingga dapat berlaku untuk semua type dan ukuran kapal yang beroperasi dalam negeri.

5. Kesimpulan dan Saran

Data karakteristik perairan yang meliputi angin dan gelombang untuk perairan Selat Makassar telah ditentukan sesuai dengan variabel pada evaluasi kriteria cuaca IMO untuk empat kapal penyeberangan antar pulau dengan ukuran yang berbeda. Hasil permulasi dari variabel tersebut digunakan untuk mengevaluasi kriteria cuaca dari empat kapal sampel dan dibandingkan dengan hasil evaluasi dengan memakai kriteria cuaca IMO. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, beberapa kesimpulan dan saran dapat dibuat sebagai berikut:

1. Kelandaian gelombang perairan Selat Makassar lebih kecil dibandingkan dengan standar yang diberikan oleh IMO khususnya pada periode gelombang lebih besar dari 4 detik. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan kecepatan angin yang dijadikan acuan dalam penentuan kelandaian gelombang. Kriteria IMO menggunakan kecepatan angin 26 m/detik sedangkan kecepatan angin maksimum di perairan Selat Makassar adalah 16 m/detik dengan peluang kejadian 10-3. Selain faktor kecepatan angin, panjang penjalaran gelombang atau durasi dari gelombang juga dapat berpengaruh terhadap karakteristik gelombang.
2. Koefisien slope efektif gelombang yang diperoleh sesuai dengan empat kapal sampel lebih kecil dibandingkan dengan koefisien slope efektif gelombang IMO. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik geometri dari kapal sampel dengan kapal yang dijadikan dasar untuk penentuan koefisien oleh IMO. Dengan memakai kriteria IMO, koefisien slope efektif gelombang untuk kapal yang dijadikan sampel dapat menjadi lebih besar akibat rasio jarak vertikal titik berat terhadap permukaan air dengan sarat kapal yang besar.
3. Kapal sampel masih dapat memenuhi kriteria cuaca sesuai dengan karakteristik daerah pelayaran meskipun lengan stabilitas lebih kecil dibandingkan dengan kondisi kapal sebenarnya melalui penambahan kapasitas muat atau pada titik berat yang lebih besar.

4. Perlu adanya pengujian model khususnya untuk estimasi koefisien slope efektif gelombang dengan type dan kapasitas kapal yang bervariasi untuk memvalidasi hasil estimasi yang telah diperoleh serta memformulasikan kriteria cuaca yang dapat diaplikasikan untuk semua type dan kapasitas kapal yang beroperasi dalam negeri. Data lingkungan juga perlu diambil pada lokasi perairan yang berbeda-beda khususnya yang merupakan lintasan pelayaran dalam negeri sehingga hasil estimasi parameter angin dan gelombang pada kriteria cuaca menjadi lebih akurat.

Daftar Pustaka

- *International Maritime Organization (IMO) (2002), Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments, London.*
- *International Maritime Organization (IMO) (2008), Explanatory Notes To The International Code on Intact Stability, MSC.1/Circ.1281, London.*
- *Japan (1982), Weather Criteria, Results of Japanese Ships, SLF/7.*
- *Kobylinski, L.K and Castner, S (2003), Stability and Safety of Ships Volume I, Elsevier (Oxford, UK).*
- *Komisi Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)*
- *Rahola, J. (1939), The Judging of the Stability of Ships and the Determination of the Minimum Amount of Stability, Thesis for Degree of Doctor of Technology University of Finland, Helsinki.*
- *Schueller, G.I (1981) Einführung in die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Tragwerken. Translated into Japanese by Konishi, I., Takaoka, Y and Ishikawa H, Maruzen, Tokyo, pp. 1 – 266.*
- *Sverdrup, H.U and Munk, W.H (1947), Wind, Sea and Swell, Theory of Relations for Forecasting, Hydrographic Office Publication No. 601.*
- *Watanabe, Y (1938), Some Contributions on the Theory of Rolling, Transaction of the Institution of Naval Architects, pp. 408 – 432.*
- *Watanabe, Y., et, al, (1955), Report of the Ocean Wind About Japan on the Naval-Architectural Point of View, Journal of Society of Naval Architects of Japan, Vol. 96, pp. 37 – 42.*
- *Watanabe, Y., et, al, (1956), A Proposed Standard of Stability for Passenger Ships (Part III: Ocean-going and Coasting Ships), Journal of Society of Naval Architects of Japan, Vol. 99, pp. 29 – 46.*

CRANKSHAFT (1):

Faktor Penyebab Kerusakan dan Metode Pencegahannya



Eko Maja Priyanto

- (Staff R & D BKI)
- Email : eko.maja@bki.co.id

Abstract

Crank shaft is one of the most important parts in the ship propulsion engine. Some of crankshaft damages cause the vessel could not be operated and should be repaired which need long time and high cost. The information of damage casualties and its prevention methods are required for ship operators, field surveyors, and the owner of the vessel as well. The following article provides an overview of types of crankshaft, type of damage and the casualty factor, as well as other aspects related to engine operation and maintenance for minimizing crank shaft failure.

Key words : Crankshaft, Casualty Factor, Failure

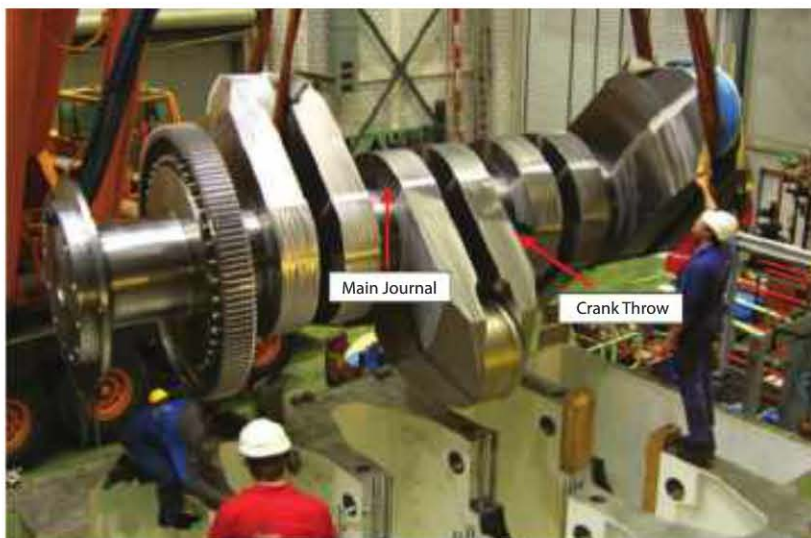
1. Pendahuluan

Poros engkol (crankshaft) merupakan komponen mesin yang sangat penting terkait fungsinya mengkonversi gaya dorong piston akibat ledakan didalam cylinder dan menjadi gaya putar untuk menggerakkan propeller atau untuk menggerakkan rotor apabila mesin diperuntukkan sebagai alternator. Jadi selama mesin beroperasi, maka crankshaft secara terus menerus akan menerima gaya yang besar dari hasil pembakaran, mengkonversinya dengan seefisien mungkin,

dan menyalurkannya ke keporos baling-baling. Oleh karena itu sesuai dengan persyaratan dari IACS UR M53, maka desain crankshaft harus mempertimbangkan evaluasi keamanan dan besarnya beban yang ditanggung oleh crankshaft terhadap kelelahan bahan crankshaft [1].

2. Desain Crankshaft

Secara umum IACS mengklasifikasikan crankshaft menjadi 2 yaitu crankshaft utuh-tempa (solid-forged) dan semi utuh (semi-built) dengan satu poros engkol yang menyatu dengan pipi engkol (web) / crank throw diantara jurnal utama (main journal). Crankshaft jenis solid forged terbuat dari besi batangan utuh yang ditempa dan dibentuk menjadi bentuk yang kompleks, biasanya crankshaft jenis ini digunakan pada mesin putaran menengah sampai putaran tinggi dengan diameter silinder liner kurang dari 600 mm, dan umumnya dikembangkan untuk mesin-mesin 4 langkah. Sedangkan crankshaft jenis semi-built dibuat dengan merakit crank throw dengan main journal, secara luas digunakan di mesin-mesin laut besar dengan diameter lebih dari 400 mm, dan umumnya diaplikasikan untuk mesin-mesin 2 langkah [4].



Gambar 1. Pemasangan Crankshaft tipe Semi-Built pada Engine Bed