



Dies Natalis 1956–2018
Universitas Hasanuddin



PROSIDING
SEMINAR ILMIAH
NASIONAL SAINS DAN
TEKNOLOGI Ke- 4 2018

Penguatan Kerjasama UIG dalam
Menyambut Era Disrupsi Industri 4.0

Kampus Fakultas Teknik Unhas Gowa
23 – 24 Oktober 2018

Volume 4 - ISSN: 2548-6047

PROSIDING SEMINAR ILMIAH NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI KE-4 TAHUN 2018

“Penguatan Kerjasama UIG dalam Menyambut Era Disrupsi
Industri 4.0”

Volume 4

23 – 24 Oktober 2018

Kampus Fakultas Teknik-Universitas Hasanuddin Gowa

Editor:

Ketua : Baharuddin Hamzah

Anggota :

- Muhammad Ramli
- Faisal Mahmuddin
- Zuryati Djafar
- Wahyuddin
- Ulva Ria Irfan
- Zaenab Muslimin
- Ria Wikantari

**FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS HASANUDDIN
Bontomarannu Gowa, Sulawesi Selatan**

PROSIDING SEMINAR ILMIAH NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI KE-4 Tahun 2018

"Penguatan Kerjasama UIG dalam Menyambut Era Disrupsi
Industri 4.0"

Volume 4

ISSN: 2548-6047



Hak Cipta@2018

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dilarang memproduksi, mendistribusikan bagian dari publikasi ini dalam segala bentuk maupun media tanpa seijin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dipublikasikan dan didistribusikan oleh:

Divisi Publikasi, Center of Technology (COT)

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km 6 Bontomarannu

Sungguminasa Sulawesi Selatan Indonesia 92171

Telp: (0411) 586015

Fax : (0411) 586015

Email: sinastek@unhas.ac.id

Website: cot.unhas.ac.id/seminar/sinastek2018/

SAMBUTAN DEKAN

Assalamu Alaikum Warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga Prosiding yang memuat makalah-makalah yang telah dipresentasikan pada Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi (SINASTEK) ke-4 tahun 2018 telah terbit. Adapun tema dari prosiding kali ini adalah “Penguatan Kerjasama UIG dalam Menyambut Era Disrupsi Industri 4.0”.

Salah satu kegiatan yang dilaksanakan pada seminar ini adalah kuliah umum yang dibawakan oleh 2 (dua) pembicara kunci. Kedua pembicara kunci ini adalah orang-orang yang memiliki kompetensi dan pengalaman yang mumpuni dalam melaksanakan kerjasama kemitraan UIG untuk menunjang peningkatan teknologi dan rekayasa nasional. Mereka adalah **Dr. M. Iqbal S. Suhaeb, S.E., M.T. (Kepala Balai Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Sulawesi Selatan)** dan **Dr. Ir. Iqbal Djawad, M.Sc. (Direktur Kemitraan Universitas Hasanuddin)**. Para Partisipan lain yang telah menyajikan gagasan ilmiah yang informatif berasal dari kalangan akademisi, industri, pemerintah, praktisi profesi serta pemerhati kemajuan teknologi.

Pihak fakultas memandang perlu untuk menerbitkan prosiding yang memuat hasil seminar yang berhubungan dengan kerjasama kemitraan UIG secara periodik pada setiap tahunnya. Kami menyadari prosiding kali ini masih mempunyai beberapa kelemahan dan kekurangan, namun dengan kerja keras, kerja sama dan semangat pengabdian yang tinggi tinggi dari pengelola, dosen dan karyawan Fakultas Teknik, penerbitan prosiding dapat berjalan sebagaimana visi, misi dan tujuan yang hendak dicapai.

Dengan segala kelebihan dan kekurangan yang ada dalam edisi ini, kami mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi terciptanya tujuan yang kita inginkan bersama.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin Makassar

Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT.

PENGANTAR EDITOR

Yang terhormat,

*Rekan-Rekan Pembaca dan Pemerhati **Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi***

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, **Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi ke-4 (Volume 4) Tahun 2018** dalam Rangka Dies Fakultas Teknik yang ke-58 dapat hadir sebagai bentuk partisipasi dan kepedulian bersama secara ilmiah. Hal ini dapat diwujudkan berkat kerjasama yang baik dari segenap pihak yang telah terlibat dalam memberikan kontribusi positif hingga terbitnya prosiding ini.

Dalam prosiding ini, artikel yang dimuat dikelompokkan berdasarkan kesamaan bidang ilmu yang ada dalam lingkup Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Bidang ilmu yang dimaksud meliputi; *Teknik Arsitektur dan Perencanaan Wilayah Kota, Teknik Elektro dan Informatik, Teknik Geologi dan Pertambangan, Teknik Mesin dan Industri, Teknik Perkapalan, Sistem dan Kelautan, dan Teknik Sipil dan Lingkungan*. Tujuan dari pengelompokan ini adalah untuk memudahkan para pembaca sekalian ketika hendak mencari artikel yang terkait atau menemukan artikel yang sesuai bidang keilmuan masing-masing.

Total keseluruhan karya ilmiah yang berhasil dipublikasikan pada edisi kedua ini sebanyak 65 artikel. Jumlah sebanyak ini dapat dicapai berkat kerjasama yang baik dari segenap penulis, termasuk penulis yang berasal dari berbagai institusi/departemen di luar Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Untuk itu pada kesempatan ini perkenankan kami mewakili tim editor menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya atas sumbangsih artikel yang telah diberikan.

Kami menyadari bahwa meskipun telah melalui proses editing terhadap format penulisan, masih tetap saja akan ada kesalahan-kesalahan kecil didalamnya, untuk itu kami menyampaikan permohonan maaf sebesar-besarnya atas kesalahan cetak yang terdapat dalam prosiding perdana ini. Harapan kami semoga prosiding ini dapat menjadi salah satu alternatif sumber referensi di bidang teknologi serta dapat menjadi inspirator bagi lahirnya riset-riset baru di masa yang akan datang.

Ketua Tim Editor,

Prof. Dr. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Sambutan Dekan	iii
Pengantar Editor	iv
Daftar Isi	v

TEKNIK ARSITEKTUR DAN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

TA1801	Nurul Jamala, Ramli Rahim, Baharuddin Hamzah, Rosady Mulyadi, Asniawaty Kusno, Taufik Ishak	Analisis Distribusi Cahaya pada Ruang Perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin	1-9
TA1802	Hartawan, Imriyanti, Dahri Kuddu & A. A. Dwi Destrina	Dinamika Sistem Struktur dalam Tata Ruang Arsitektur Ballaq Lompoa	10-24
TA1803	Syarif Beddu, Triyatni Martosenjoyo, Muh. Syavir Latief, Rahmi Amin Ishak	Perubahan Bentuk Fasade Arsitektur Rumah Panggung Bugis di Sulawesi Selatan (Studi tentang Perubahan Bentuk Lego-Lego atau Teras)	25-34
TA1804	Rahma Hiromi, Rosady Mulyadi, Lucky S.E. Tamping	Distribusi Pencahayaan Alami Gedung Olahraga Basket (Studi Kasus: GOR Aspol Panaikang, Makassar)	35-45
TA1805	Edward Syarif, Idawarni, M.Yahya Siradjuddin, Samsuddin Amin, Nurmaida Amri, Nurul Nadjmi	Konfigurasi Ruang Permukiman Suku Bajo di Bone Ditinjau dari Aspek Keberlanjutan	46-54
TA1806	Mimi Arifin, Wiwik Wahidah Osman, Ninik Dwi Resky	Prinsip-Prinsip Penataan Perumahan Masyarakat Adat di Desa Cikoang	55-65
TA1807	Arifuddin Akil, Ananto Yudono, Ghaly Ashari	Penentuan Lokasi Potensial Fasilitas Parkir di Kawasan Kota Lama Makassar Menggunakan Analisis Spasial Berbasis GIS	66-78
TA1808	Muhammad Fathien Azmy, Yashinta Sutopo, Ranthy Mantong	Penataan Drainase dengan Penekanan Evaluasi Zona Drainase di Kecamatan Ujung Pandang, Makassar	79-90
TA1809	Nasruddin, Pratiwi Mushar, Hardiana	Efek Wet Curing dan Dry Curing terhadap Perilaku Mekanis Beton yang Memanfaatkan Limbah Bottom Ash sebagai Pengganti Agregat Halus	91-99
TA1810	Samsuddin Amin, Idawarni, Edward Syarif, Nurul Nadjmi, Nurmaida Amri, M. Yahya, Rahma Hiromi, Inya Masita	Analisis Persepsi Kenyamanan Hunian Asrama Mahasiswa Putri Fakultas Teknik Unhas Gowa	100-105
TA1811	Ria Wikantari, Moh. Mohsen Sir, Afifah Harisah, Abd. Mufti Radja, Syahrana Syam	Pola Perilaku Pedagang Kaki Lima di Ruang Publik Esplanade Jalan Penghibur Kota Makassar	106-116
TA1812	Nurul Nadjmi, Idawarni Asmal, Edward Syarif, Samsuddin Amin, Nurmaida Amri, M. Yahya, Rahma Hiromi	Analisis Thermal Permukiman Nelayan Desa Ujung Kassi	117-125

TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA

TE1801	Sri Mawar Said, Gassing, Muhammad Jusmin Fadli Yusri, Rio Dwisaputra Bur	Pemodelan dan Simulasi untuk Mendapatkan Karakteristik Motor Arus Searah	126-132
TE1802	Muh Anshar, Rhiza S. Sadjad, Ejah Umraeni, Ahmad Emir, Muhammad Takbir, Nasri Anas	Peningkatan Intelligent Robot Actuator Performances dengan Metode Komunikasi Serial Bus Data (PIRAP-MKIS-BD)	133-141
TE1803	Dewiani, Zulfajri Basri Hasanuddin, Elyas Palantei, Galang Ananda Putra, Christian	Perancangan Pengukuran Kadar Kepadatan Terlarut, Kekeruhan dan pH Air dengan Menggunakan Arduino	142-150
TE1804	Wardi, Dewiani, Merna Baharuddin, Muh. Yusuf Pratama	Perencanaan BTS Hotel di Universitas Hasanuddin Berdasarkan Perhitungan Link Budget Jaringan 3G dan 4G	151-164

TE1805	Adnan, Zulkifli Tahir, Muh. Arief Wicaksono, Nur Azizah Novitami	Sistem Manajemen Mesin AC dengan Teknologi IOT	165-171
TE1806	Ansar Suyuti, Zaenab Muslimin, Ikhlas Kitta	Efek Penyambungan PLTM 10 MW terhadap Sistem Distribusi Listrik 20 kV di Bulukumba	172-176
TE1807	Ida Rachmaniar Sahali, Andani Achmad, Christoforus Yohannes, Andini Dani Achmad, Maharani Hasan	Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Wireless Sensor Network	177-181
TE1808	Ingrid Nurtanio, Anugrayani Bustamin, Indrabayu Amirullah, Siska Rosari Putriani	Penentuan Ukuran Baju Pria pada Online Shop Berbasis Pengolahan Citra	182-192
TE1809	Elly Warni, A. Ais Prayogi Alimuddin, Rahmat Firman	Sosial Media Mining untuk Pengawasan Penyakit Demam Berdarah di Indonesia	193-199

TEKNIK GEOLOGI DAN PERTAMBANGAN

TG1801	M. Fauzi Arifin, Agustinus T, Meutia Farida, Ikhsan Chalid	Biostratigrafi Daerah Salo Mario Kecamatan Marioriwawo Kabupaten Soppeng Provinsi Sulawesi Selatan	200-211
TG1802	Aryanti Virtanti Anas, Purwanto, Djamaluddin, Umar Zulfiqra Alhaddad	Peran Sektor Pertambangan terhadap Perekonomian Provinsi Sulawesi Selatan	212-218
TG1803	Haerany Sirajuddin, Risma	Morfodinamika dan Karakteristik Pantai Lojie Kecamatan Bacukiki Barat Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan	219-231
TG1804	Muhammad Ramli, Fadhilah Mardi, Paulina Binding Suwae	Model Eksperimen Pengaruh Konstruksi Bawah Tanah terhadap Aliran Air Tanah	232-239
TG1805	Irzal Nur, Asran Ilyas, Sufriadin, Tri Saputra Miolo	Karakterisasi Mineralogi Bijih pada Endapan Emas Tipe Urat di Daerah Buladu, Sumalata, Provinsi Gorontalo	240-247
TG1806	Kaharuddin, A. M. Imran, Chalid Idham Abdullah, Asri Jaya	Tektonik Konvergen dan Implikasinya terhadap Eksplorasi Hidrokarbon (Studi Kasus: Kompleks Tektonik Bantimala Kabupaten Pangkep)	248-258
TG1807	Meinarni Thamrin, Muhammad Ramli, Sri Widodo, Jayasman Kadir	Penentuan Kualitas Air Sungai Jeneberang dengan Metode Indeks Pencemar, di Kabupaten Gowa, Propinsi Sulawesi Selatan	259-266

TEKNIK PERKAPALAN, SISTEM PERKAPALAN, DAN KELAUTAN

TP1801	Andi Ardianti, Andi Mursid Nugraha, Ganding Sitepu, Hamzah, Ade Khantari	Analisa Pengaruh Letak Balok dan Penumpu Geladak Terhadap Kekuatan Kapal Menggunakan Finite Elemen Method (FEM)	267-276
TP1802	A. Husni Sitepu, M. Rusydi Alwi, Zulkifli, Baharuddin, Arifuddin	Estimasi Daya Penggerak Kapal FRP 3GT Berdasarkan Ratio Panjang - Lebar	277-286
TP1803	Juswan, Muhammad Zubair Muis Alie, Daeng Paroka, Firman Husain, Sepnat Asmar Jaya	Analisa Kekuatan Kaki Jacket Tripod Platform	287-292
TP1804	Achmad Yasir Baeda, Chairul Paotonan, Hasdinar Umar, Dharmawan Abdullah	Keterhubungan Suhu Permukaan Laut dengan Pemunculan MJO di Perairan Nusantara	293-300
TP1805	Ashury, Taufiqurrachman, Sabaruddin Rachman	Optimalisasi Pengembangan Sarana dan Prasarana Terminal Petikemas Makassar	301-308
TP1806	Sabaruddin Rahman, Hasdinar Umar, Saiful Fitrah Rolo	Potensi Energi Angin di Pulau-Pulau Terluar Wilayah NKRI	309-316
TP1807	Daeng Paroka, Rosmani, Syamsul Asri, Hamzah	Kriteria Cuaca dan Pengaruhnya terhadap Performa Kapal Feri Ro-Ro Indonesia	317-324
TP1808	Andi Sitti Chairunnisa, Syamsul Asri, Lukman Bochary, M. Rizal Firmansyah, Ismail	Penerapan Model Analisis Kategori dalam Penentuan Bangkitan Pergerakan Penumpang di Pulau Kodingareng Lompo	325-332

TP1809	Faisal Mahmuddin, Syerly Klara, Surya Hariyanto, Haryanti Rivai, Agung Taufik Qurrohman	Prediksi Capaian Kecepatan Kapal terhadap Daya Mesin Utama Tugboat pada Variasi Beban Muatan Tongkang	333-339
TP1810	Andi Haris Muhammad, Ganding Sitepu, Rahimuddin, Hasnawiya Hasan, Saepul Aswadi, Ardi Saskar, M. Yasir	Pengaruh Konfigurasi Sistem Propulsi terhadap Getaran dan Kebisingan Kapal Perikanan 30 GT	340-345
TP1811	Mohammad Rizal Firmansyah, Syamsul Asri, Wahyuddin, Farianto Fachruddin, Adi Tripurno	Model Pemilihan Supplier Komponen Kapal di Galangan Kapal Indonesia	346-353
TP1812	Wihdat Djafar, Abdul Haris Djalante, Andi Chairunnisa Mappangara, Mislih Idrus, Syarifuddin Dewa, Syahrul Fahreza	Analisis Persepsi Pengguna Jasa terhadap Pelayanan Terminal Petikemas Makassar	354-359
TP1813	Mansyur Hasbullah, Suandar Baso, Lukman Bochary, Rosmani, Hanisa	Studi Gerak Kapal Katamaran Berdasarkan Variasi Jarak Antar Lambung (Hull)	360-367

TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI

TM1801	Hairul Arsyad, Suwandi Aris, Edi Iskandar	Karakteristik Deformasi pada Cacat Buatan (Artificial Defect) Akibat Deformasi Impak pada Aluminium	368-374
TM1802	Baharuddin Mire, Azwar Hayat, Fret Sanggi	Pengaruh Saat Penyalaan Busi terhadap Kinerja Motor Bensin	375-381
TM1803	Sapta Asmal, Irwan Setiawan, Ignatius Marco	Optimasi Temperatur Lilin (Malam) Batik untuk Penyempurnaan Pematangan pada Mesin CNC Milling	382-388
TM1804	Armin Darmawan, Syamsul Bahri, Saiful & Mitrael	Penentuan Atribut Prioritas dalam Peningkatan Kualitas Layanan Transportasi Publik	389-398
TM1805	Zuryati Djafar, Wahyu H Piarah, Zulkifli Djafar, Rahmat Riadi	Analisis Prestasi Pengereng Kopi Berbasis Bahan Bakar Gas (LPG)	399-408
TM1806	Wahyu H Piarah, Zuryati Djafar, Nasruddin Aziz, Syarifuddin Baharsyah	Kaji Prestasi Alat Penukar Panas pada Mesin Pengereng Rak Telur dengan Berbahan Bakar Sekam Padi	409-421
TM1807	Mulyadi, I. Bakri, Nilda, R. D. Mudiastuti, L. Lestari	Perbaikan Postur Kerja untuk Mengurangi Risiko Gangguan Otot Rangka Akibat Kerja pada Pekerja di Departemen Line Core PT. Panca Usaha Palopo Plywood	422-429
TM1808	Ahmad Yusran Aminy, Syahrir Arief, Sulaiman	Study of Hard Material Machining Using Carbide Inserts on Dry Turning Process	430-433
TM1809	Arfandy, Mukhtar Rahman	Penentuan Karakteristik Mekanis Baja Karbon Melalui Proses Pack Carburizing Arang Tulang Kerbau	434-442
TM1810	Farid Mardin, Rosmalina Hanafi, Muhammad Rusman, Syarif MP, Shelly Wijaya	Perbaikan Tata Letak Gudang Spare Parts Menggunakan Klasifikasi ABC pada UD Sinar Surya Motor Donggala	443-448

TM1811	Luther Sule, Effendy Arip, Andi Mangkau, Elieser Timbayo Sule, Feriyanto Uppun	Kinerja Roda Air Sudu Lengkung Arus Bawah untuk Pembangkit Listrik	449-460
--------	--	--	---------

TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN

TS1801	Sumarni Hamid Aly, Muralia Hustim, Rasdiana Zakaria, Ika Estu Rahmawati	Aplikasi Model Aermod dalam Memprediksi Sebaran Emisi Cerobong Asap PLTD Tello, Makassar	461-469
TS1802	Achmad Zubair, Mary Selintung, Roslinda Ibrahim, Batari Sulfi Ramadhani	Analisis Sebaran Logam Merkuri (Hg) Disekitar Perairan Pantai Tanjung Bunga Kota Makassar	470-481
TS1803	A. Arwin Amiruddin, Herman Parung, Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty, Fakhruddin, Yanny F. S	Overlapping Tulangan pada Sepertiga Bentangan terhadap Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang Material Retrofit Wiremesh Dan SCC	482-489
TS1804	M. Wihardi Tjaronge, Rachman Djamaluddin, Dantje Runtulalo, Muhammad Akbar Caronge, Renaldi Octovian, Miswar Tumpu	Kuat Tekan Batu Lateritic	490-495
TS1805	Ibrahim Djamaluddin, Muhammad Akbar Caronge, Andi Subhan Mustari, Musadirul	Aktivasi-Alkali Abu Pembakaran Limbah Kelapa Sawit sebagai Material Pengikat pada Konstruksi Non-Semen	496-500
TS1806	Rita Tahir Lopa, Muhammad Saleh Pallu, Farouk Maricar, Bambang Bakri, Muhammad Farid Maricar, Muhammad Azwin Sudarmin	Penentuan Kapasitas Pelimpah Bendungan Way Yori	501-505
TS1807	M. Asad A., Rusdi UL., Rosmariyani A., Suharman H., Evi A., Rakhmat B.	Penjadwalan Probabilistik pada Proyek Pembangunan Makassar New Port	506-510
TS1808	Mukhsan Putra Hatta, Muhammad Arysad Thaha, Riswal K, Silman Pongmanda, A. Subhan Mustari, Andi Hilda Dwipuspita, Sudarman	Studi Pemanfaatan Energi Pasang Surut di Wilayah Pesisir	511-516

KRITERIA CUACA DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERFORMA KAPAL FERI RO-RO INDONESIA

Daeng Paroka*¹, Rosmani², Syamsul Asri², Hamzah²

¹Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*E-mail: dparoka@eng.unhas.ac.id

Abstract

The present intact stability criteria were based on righting arm characteristics of existing ships when the criteria had been developed. Within the last two decades, the criteria have been discussed because it cannot be applied to several ships types due to difference geometry characteristics. This paper discusses regarding effect of righting arm characteristics on roll response of an Indonesia ro-ro ferry in beam seas. The aims of this paper is to identify effect of area under righting arm curve as well as the angle of maximum righting arm on roll motion in beam seas. The righting arm was modeled by fifth order polynomial equation by keeping the initial metacentric height and the angle of vanishing stability to be constant. Numerical simulations with frequency domain and time domain were conducted with damping coefficients obtained by roll decay test and wave steepness ranges from 0.02 to 0.15. The results show that the angle of maximum righting arm has more significant effect on roll response characteristics compared with the area under righting arm curve. The maximum roll amplitude significantly increases when the roll amplitude become larger than the angle of maximum righting arm. The stability integrity also decrease significantly as the roll amplitude is larger than the angle of maximum righting arm. With assumed of wave steepness of 0.10, the minimum angle of maximum righting arm should be larger than 25.0 degrees.

Keywords: stability criteria, righting arm, roll motion

PENDAHULUAN

Stabilitas kapal merupakan salah satu faktor yang menentukan keselamatan kapal dalam pelayaran. Oleh karena itu, setiap kapal yang beroperasi harus memiliki stabilitas yang baik sebagai jaminan terhadap keselamatan dalam pelayaran. Penilaian stabilitas kapal didasarkan pada karakteristik lengan stabilitas yang umum dikenal dengan istilah kriteria stabilitas. Kriteria stabilitas yang umum digunakan untuk mengevaluasi stabilitas kapal adalah kriteria stabilitas dari *International Maritime Organization* (IMO) dengan parameter stabilitas berupa luasan di bawah kurva lengan stabilitas sampai sudut kemiringan 30 derajat dan 40 derajat, sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi serta tinggi metacentra (GM) minimum (IMO, 2008). Kriteria IMO dikembangkan berdasarkan karakteristik lengan stabilitas kapal yang masih beroperasi dan yang sudah tenggelam pada saat kriteria tersebut dibuat (Rahola, 1939). Indonesia merupakan salah satu negara yang mengadopsi kriteria stabilitas IMO untuk mengevaluasi stabilitas kapal yang beroperasi dalam negeri.

Dalam penerapannya terhadap kapal penyeberangan antar pulau khususnya untuk kapal feri ro-ro, beberapa item dari kriteria tersebut tidak dapat dipenuhi disebabkan karena perbedaan karakteristik geometri dengan kapal yang digunakan dalam penyusunan kriteria tersebut. Kapal ro-ro feri Indonesia umumnya memiliki rasio lebar dan sarat yang lebih serta rasio lambung timbul dan lebar kapal yang lebih kecil dibandingkan dengan data kapal yang digunakan dalam penyusunan kriteria stabilitas IMO. Perbedaan karakteristik geometri ini mengakibatkan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi pada kapal feri ro-ro Indonesia umumnya lebih kecil dibandingkan dengan sudut kemiringan minimum yang disyaratkan pada kriteria stabilitas IMO, yaitu 25.0 derajat. Akan tetapi, dengan lebar yang relative besar, lengan stabilitas kapal feri ro-ro Indonesia umumnya lebih besar dibandingkan dengan tipe kapal lain. Untuk memenuhi kriteria stabilitas IMO khususnya sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum, rasio lebar dan sarat kapal tidak boleh kurang dari 4.0 sementara rasio lambung timbul dan lebar kapal minimum adalah 1.0 (Paroka, 2018). Desain kapal feri ro-ro dengan lambung timbul yang kecil bertujuan untuk mempermudah proses bongkar muat khususnya

kendaraan mengingat fasilitas dermaga yang tersedia serta kondisi pasang surut tidak memungkinkan untuk lambung timbul yang lebih besar. Bagian bawah mobil khususnya mobil bus dapat kandas pada bagian pangkal *rampdoor*. Resiko yang sama juga dapat terjadi pada pertemuan antara *rampdoor* dengan ujung dermaga.

Dengan lengan stabilitas yang relative besar dibandingkan dengan tipe kapal lain, maka sudut kemiringan dengan lengan stabilitas yang lebih kecil dari 25.0 derajat memungkinkan untuk diterima dengan ketentuan luas di bawah kurva lengan stabilitas sampai sudut kemiringan tertentu, misalnya 30.0 derajat atau 40.0 derajat lebih besar dibandingkan dengan yang disyaratkan pada kriteria stabilitas IMO. Konvensasi yang sama juga telah dilakukan oleh IMO untuk kriteria stabilitas kapal cepat khususnya kapal lambung ganda (IMO, 2000). Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perubahan karakteristik lengan stabilitas mempunyai pengaruh signifikan terhadap stabilitas dinamis kapal (Spyrou, 2011; Odabasi, 2000). Oleh karena itu, penambahan luas di bawah kurva sampai sudut kemiringan tertentu, kemungkinan dapat menutupi kekurangan dari sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi.

Paper ini membahas tentang pengaruh karakteristik lengan stabilitas khususnya luasan di bawah kurva sampai sudut kemiringan tertentu serta sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum terhadap karakteristik gerak oleng kapal pada saat beroperasi pada gelombang samping. Dengan mendapatkan pengaruh tersebut, penambahan lengan stabilitas atau luasan di bawah kurva lengan stabilitas yang dibutuhkan untuk mendapatkan karakteristik gerak oleng yang masih dapat diterima dari titik pandang stabilitas kapal. Hasil ini dapat dijadikan rujukan untuk menetapkan penambahan lengan stabilitas yang dibutuhkan untuk setiap pengurangan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum dari sudut kemiringan yang disyaratkan.

METODE PENELITIAN

Pengaruh karakteristik lengan stabilitas terhadap respon gerak oleng diperoleh melalui simulasi numerik, dengan menggunakan persamaan gerak tidak terkopel 1 (satu) derajat kebebasan (1 DOF) sebagai berikut (IMO, 2006):

$$\ddot{\phi} + B(\dot{\phi}) + \omega_0^2 C(\phi) = m(t) \quad (1)$$

$$B(\dot{\phi}) = 2\alpha\dot{\phi} + \beta\dot{\phi}|\dot{\phi}| + \gamma\dot{\phi}^3 \quad (2)$$

$$C(\phi) = \phi + C\phi^3 - (1+C)\phi^5 \quad (3)$$

dimana $B(\dot{\phi})$ adalah nondimensional redaman yang dapat diuraikan menjadi koefisien redaman linear, α , koefisien redaman kuadratik, β , serta koefisien redaman kubik, γ dengan model persamaan seperti ditunjukkan pada persamaan (2). Beberapa peneliti menggunakan persamaan redaman hanya sampai pada bagian kudratik tetapi sebagian yang lain khususnya yang berhubungan dengan ketenggelaman kapal menggunakan koefisien nonlinear kubik. $C(\phi)$ adalah nondimensional dari lengan stabilitas yang dapat dimodelkan dengan persamaan polynomial nonlinear sampai orde 5 seperti ditunjukkan ditunjukkan pada persamaan (3). Meskipun model nonlinear dari lengan stabilitas tidak ada sama dengan lengan stabilitas yang sebenarnya, tetapi dengan pendekatan model pada persamaan (3), pengaruh karakteristik lengan stabilitas terhadap respon gerak oleng dapat dilakukan secara detail. Lengan stabilitas dapat divariasikan melalui variasi nilai koefisien "C" tanpa merubah tinggi metacentre (GM), frekwensi natural roll serta sudut kemiringan dimana lengan stabilitas menjadi sama dengan nol (*angle of vanishing stability*). $m(t)$ adalah momen pembangkit gerak akibat gelombang sedangkan ω_0 adalah frekwensi natural gerak oleng. Untuk gelombang regular, momen pembangkit gerak pada persamaan (1) dapat dimodelkan sebagai berikut (Francescutto and Contento, 2000):

$$m(t) = \omega_0^2 \pi s \gamma \sin \omega t \quad (4)$$

dimana s adalah kecuraman gelombang yang menunjukkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang (H/λ), γ adalah koefisien kelandaian efektif gelombang dan ω adalah frekwensi gelombang pembangkit.

Koefisien redaman linear dan nonlinear diestimasi berdasarkan hasil *roll decay test* dengan menggunakan metode yang diberikan oleh *International Towing Tank Conference* (ITTC) dengan menggunakan formula sebagai berikut (ITTC, 2011):

$$\Delta\phi = a\phi_m + b(\phi_m)^2 + c(\phi_m)^3 \quad (5)$$

$$\Delta\phi_i = \phi_{i+1} - \phi_i \quad (6)$$

$$\phi_{m_i} = \frac{1}{2}(\phi_i + \phi_{i+1}) \quad (7)$$

Dimana ϕ_i dan ϕ_{i+1} adalah amplitudo gerak oleng berurutan pada *roll decay test*. Koefisien redaman linear dan nonlinear diperoleh dari koefisien dari persamaan polynomial order 3 yang ditunjukkan pada persamaan (5) dengan menggunakan hubungan sebagai berikut:

$$2\alpha = \frac{2\omega_0}{\pi} a \quad (8)$$

$$\beta = \frac{3}{4} \frac{180}{\pi} b \quad (9)$$

$$\delta = \frac{8}{3\pi} \frac{1}{\omega_0} \left(\frac{180}{\pi} \right)^2 \quad (10)$$

Koefisien kecuraman gelombang (*wave steepness*) sangat tergantung pada kondisi perairan dimana kapal dioperasikan. Pada kriteria stabilitas IMO, kecuraman gelombang ditentukan pada frekwensi resonansi dimana periode gelombang sama dengan periode natural gerak oleng (IMO, 2008) dengan nilai maksimum sama dengan 0.10 untuk periode gelombang 6.0 detik atau lebih kecil dan nilai terkecil adalah 0.02 untuk periode gelombang lebih besar dari 30.0 detik. Kecuraman gelombang dapat elbih besar dari 0.10 sampai maksimum 0.15 karena pada kecumana gelombang yang lebih besar, akan terjadi kepecahan gelombang (*breaking wave*) (Cotton, et al., 2000). Pada penelitian ini, kecuraman gelombang maskimum adalah 0.13 berdasarkan pertimbangan bahwa gelombang perairan Indonesia lebih kecil dibandingkan dengan kondisi perairan Laut Utara serta Samudera Pasifik yang menjadi rujukan penentuan kecuraman gelombang pada kriteria stabilitas IMO. Koefisien kelandaian gelombang diestimasi berdasarkan fomula pada kiriteria cuaca IMO (IMO, 2008). Nilai koefisien tersebut ditentukan sama dengan 1.0 apabila hasil perhitungan berdasarkan formula kriteria cuaca lebih besar dari 1.0 (Francescutto, 2015).

Untuk mengamati pengaruh karakteristik lengan stabilitas terhadap gerak oleng, persamaan (1) diselesaikan dalam domain frekwensi eksitasi gelombang dengan menggunakan metode energy balance dan dalam domain waktu pada setiap frekwensi eksitasi gelombang dengan menggunakan integrasi numerik Runga-Kutta. Amplitudo gerak oleng untuk setiap frekwensi eksitasi diperoleh melalui persamaan (11) berikut:

$$\left(-\phi_a \omega^2 + \omega_0^2 \phi_a \left(1 + 0.5C\phi_a^2 - 0.75(1+C)\phi_a^4 \right) \right)^2 + (2\alpha_e \phi_a \omega)^2 = (m_a)^2 \quad (11)$$

dimana ϕ_a adalah amplitudo gerak oleng, m_a adalah amplitudo momen eksitasi gelombang serta $2\alpha_e$ adalah koefisien redaman ekuivalen linear. Dengan menvariasikan koefisien kecuraman gelombang maka karakteristik respon gerak oleng untuk setiap lengan stabilitas dengan koefisien C yang berbeda dapat diperoleh. Untuk mendapatkan pengaruh karakteristik lengan stabilitas terhadap performa stabilitas pada saat kapal beroperasi pada gelombang samping, persamaan (1) diselesaikan dalam domain waktu untuk frekwensi eksitasi tertentu dengan sudut oleng dan kecepatan sudut oleng awal yang bervariasi mulai dari -1.0 radian sampai +1.0 radian. Sudut kemiringan ± 1.0 radian diasumsikan ebagai sudut oleng kritis dimana ketenggelaman kaapal dapat terjadi apabila sudut oleng sama atau lebih besar dari sudut oleng kritis tersebut. Sudut oleng ini diambil sebagai sudut kritis karena pada sudut oleng tersebut lengan stabilitas kapal sudah sama dengan nol dan pada sudut yang lebih

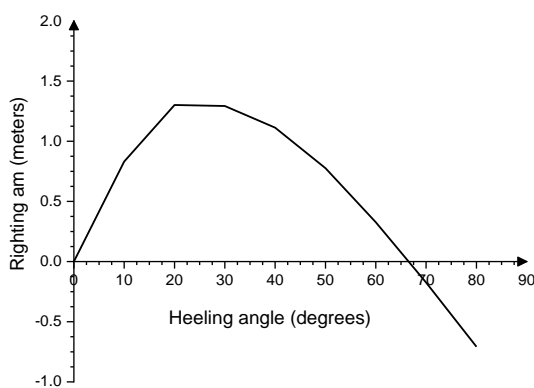
besar lengan stabilitas menjadi negative (*angle of vanishing stability*). *Stability integrity* untuk setiap lengan stabilitas pada variasi kecuraman gelombang diperoleh sebagai rasio antara jumlah kombinasi kondisi awal dimana sudut oleng tidak melewati sudut oleng kritis dengan total jumlah kombinasi kondisi awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

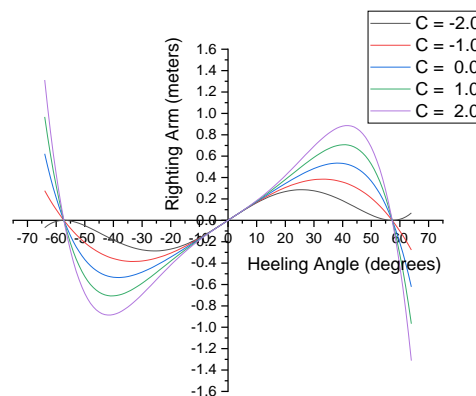
Simulasi dilakukan dengan menggunakan data salah satu kapal feri ro-ro yang beroperasi di Indonesia dengan ukuran utama ditunjukkan pada Tabel 1 dengan kurva lengan stabilitas ditunjukkan pada Gambar 1. Variasi karakteristik lengan stabilitas dilakukan dengan nilai koefisien C mulai -2.0 sampai 2.0. Kurva lengan stabilitas untuk setiap koefisien C ditunjukkan pada Gambar 2. Lengan stabilitas untuk semua koefisien C mempunyai karakteristik yang sama pada sudut kemiringan kecil serta sudut dengan lengan stabilitas sama dengan nol (*angle of vanishing stability*) sama dengan 57.3 derajat (1.0 radian). Perbedaan karakteristik lengan stabilitas akibat perbedaan nilai koefisien C dengan mengacu pada kriteria stabilitas IMO (IMO, 2008) ditunjukkan pada Tabel 2. Luasan di bawah kurva lengan stabilitas sampai sudut kemiringan 30.0 derajat mengalami kenaikan signifikan dengan bertambahnya nilai koefisien C mulai dari -2.0 sampai 2.0. Sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi juga bertambah dengan bertambahnya nilai C, yaitu 25.62 derajat pada nilai C sama dengan -2.0 menjadi 41.58 derajat pada nilai C sama dengan 2.0. Lengan stabilitas pada sudut kemiringan 30.0 derajat juga semakin besar dengan bertambahnya nilai C. Koefisien redaman linear dan kuadratik diperoleh melalui pengujian model *roll decay* sedangkan koefisien kelandaian efektif gelombang adalah 1.0 dimana hasil perhitungan dengan menggunakan formula kriteria cuaca lebih besar dari 1.0, yaitu 1.178.

Tabel 1. Ukuran utama kapal

Length perpendiculars (Lpp)	50.50 m
Breadth (B)	14.00 m
Height (H)	3.80 m
Draught (d)	2.70 m
Metacentric height (GM)	4.72 m
Vertical center of gravity (KG)	4.717 m
Block coefficient (CB)	0.706



Gambar 1. Lengan stabilitas kapal sampel



Gambar 2. Lengan stabilitas untuk variasi nilai C

Tabel 2. Karakteristik lengan stabilitas

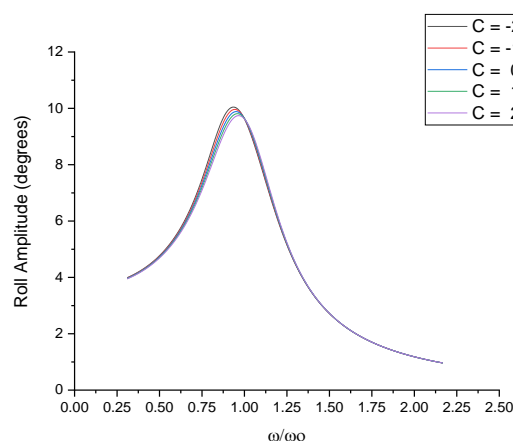
Karakteristik lengan stabilitas	C = -2.0	C = -1.0	C = 0.0	C = 1.0	C = 2.0	Kapal sebenarnya
Luasan 0 – 30 derajat	0.103	0.118	0.134	0.149	0.164	0.118
Luasan 0 – 40 deraja	0.104	0.163	0.222	0.281	0.340	0.135

Karakteristik lengan stabilitas	C = - 2.0	C = - 1.0	C = 0.0	C = 1.0	C = 2.0	Kapal sebenarnya
Sudut dengan lengan maksimum	25.62	33.08	38.32	40.51	41.58	33.12
Lengan pada sudut 30 derajat	0.276	0.380	0.484	0.588	0.693	0.381

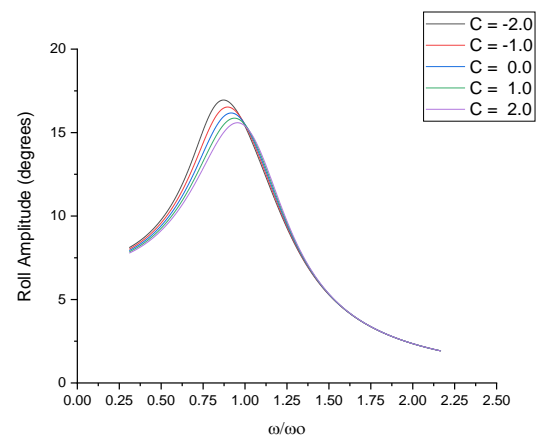
Hasil simulasi numerik amplitudo gerak oleng untuk kecuraman gelombang 0.02 sampai 0.10 ditunjukkan pada Gambar 1 – 5. Variasi koefisien C untuk model lengan stabilitas pada setiap kecuraman gelombang adalah -2.0 sampai 2.0 dengan karakteristik lengan stabilitas berupa luasan di bawah kurva sampai sudut kemiringan 30.0 derajat dan 40.0 derajat serta sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum ditunjukkan pada Tabel 2. Pada kecuraman gelombang yang kecil, lengan stabilitas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap amplitudo gerak oleng. Pengaruh lengan stabilitas menjadi signifikan pada kecuraman gelombang 0.08 dan 0.10. Pada kecuraman gelombang yang kecil, sudut oleng yang terjadi relative kecil dimana pada sudut oleng yang kecil, lengan stabilitas untuk semua nilai C adalah sama. Oleh karena itu tidak ada pengaruhnya terhadap gerak oleng. Perbedaan lengan stabilitas pada semua nilai C baru terjadi pada sudut kemiringan yang besar. Oleh karena itu, perbedaan signifikan dari amplitudo gerak oleng akibat perbedaan karakteristik lengan stabilitas terjadi pada kecuraman gelombang 0.08 dan 0.10.

Ketika sudut oleng lebih besar dari sudut oleng dengan lengan stabilitas maksimum, lengan stabilitas akan semakin kecil dengan bertambahnya sudut oleng. Perbedaan sudut oleng akibat perbedaan koefisien C dapat menjadi lebih besar seperti ditunjukkan pada Gambar 5 untuk kecuraman gelombang 0.10. Sudut oleng maksimum untuk lengan stabilitas dengan koefisien C sama dengan -2.0 mengalami kenaikan signifikan dibandingkan dengan lengan stabilitas pada nilai C yang lain. Kenaikan signifikan dari amplitudo sudut oleng tersebut dapat mengakibatkan terjadinya gerak oleng yang tidak stabil yang dapat mengakibatkan terjadinya ketenggelaman. Hasil ini menunjukkan bahwa batasan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi sangat tergantung pada karakteristik perairan dimana kapal beroperasi. Hal ini dapat dilihat dari amplitudo maksimum sudut oleng untuk setiap lengan stabilitas yang bervariasi sesuai dengan kecuraman gelombang. Semakin kecil kecuraman gelombang, batasan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum juga dapat menjadi semakin kecil. Kriteria stabilitas IMO mensyaratkan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum tidak boleh kurang dari 25.0 derajat. Sudut ini diperoleh pada koefisien C sama dengan -2.0, dimana untuk kecuraman gelombang 0.10, amplitudo maksimum gerak oleng mengalami kenaikan signifikan dibandingkan dengan pada kecuraman gelombang 0.08. Selain faktor eksitasi gelombang, koefisien redaman juga menjadi faktor penting dalam penentuan batasan karakteristik lengan stabilitas sebagai standar minimum keselamatan kapal.

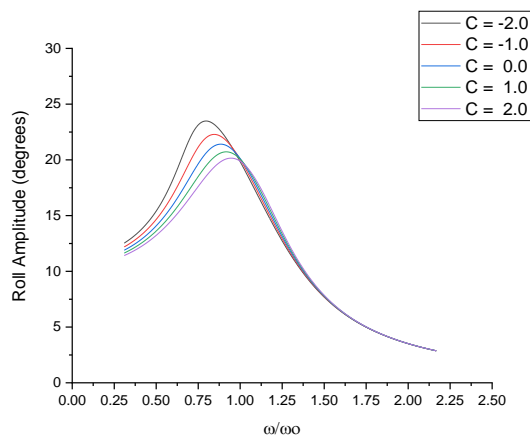
Kapal sampel dengan koefisien C sama dengan 0.994 dengan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum adalah 33.12 derajat tidak mengalami perubahan amplitudo maksimum gerak oleng sampai pada kecuraman gelombang 0.10. Amplitudo gerak oleng cenderung bertambah secara linear dengan bertambahnya kecuraman gelombang. Pada kecuraman gelombang 0.10, amplitudo maksimum gerak oleng kurang lebih sama dengan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum.



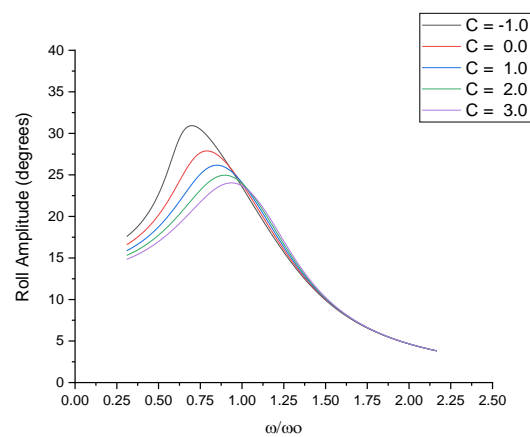
Gambar 3. Amplitudo gerak oleng pada kecuraman gelombang (s) = 0.02



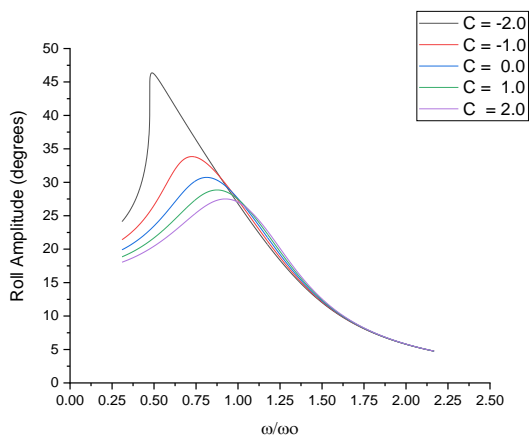
Gambar 4. Amplitudo gerak oleng pada kecuraman gelombang (s) = 0.04



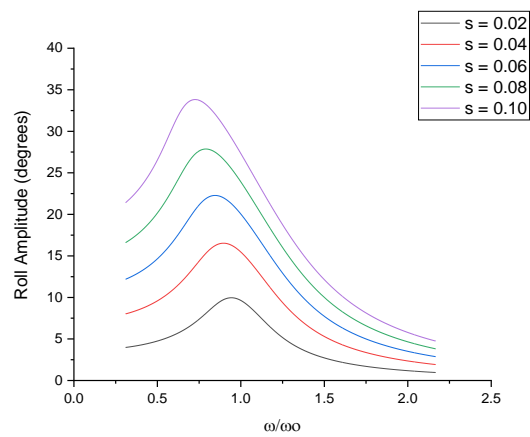
Gambar 5. Amplitudo gerak oleng pada kecuraman gelombang (s) = 0.06



Gambar 6. Amplitudo gerak oleng pada kecuraman gelombang (s) = 0.08



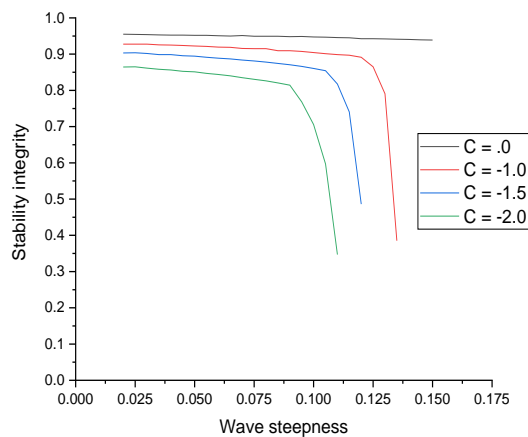
Gambar 7. Amplitudo gerak oleng pada kecuraman gelombang (s) = 0.10



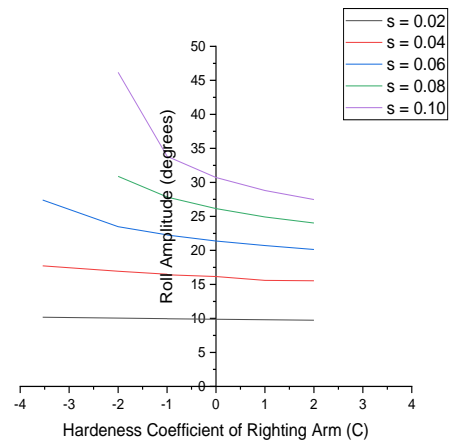
Gambar 8. Amplitudo gerak oleng kapal sample dengan koefisien C = 0.994

Simulasi numerik berbasis domain waktu dengan sudut oleng dan kecepatan sudut oleng awal yang bervariasi dilakukan untuk setiap karakteristik lengan stabilitas pada kecuraman gelombang mulai dari 0.02 sampai 0.15. Simulasi ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh karakteristik lengan stabilitas terhadap *stability integrity*. Perubahan signifikan dari *stability integrity* dapat diverifikasi dengan hasil simulasi berbasis domain frekwensi sebagai langkah awal dalam penentuan batasan karakteristik lengan stabilitas sebagai standar minimum stabilitas. Berdasarkan hasil simulasi ini akan diperoleh batasan kecuraman gelombang untuk setiap karakteristik lengan stabilitas yang masih memungkinkan *stability integrity* tidak mengalami perubahan secara signifikan. Hasil simulasi untuk lengan stabilitas dengan nilai koefisien C sama dengan -2.0 sampai 0.0 ditunjukkan pada Gambar 9. Pada lengan stabilitas dengan koefisien C sama dengan 0.0, nilai dari *stability integrity* tidak mengalami perubahan signifikan akibat kenaikan kecuraman gelombang sampai pada kecuraman gelombang 0.15. Untuk lengan stabilitas dengan koefisien C sama dengan -1.0, penurunan *stability integrity* secara signifikan terjadi pada kecuraman gelombang 0.12. Ketika koefisien C sama dengan -2.0 dimana sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum identik dengan kriteria stabilitas IMO, penurunan *stability integrity* terjadi pada kecuraman gelombang lebih kecil dari 0.10 yang merupakan nilai maksimum yang direkomendasikan oleh IMO. Hasil ini hampir sama dengan amplitudo maksimum gerak oleng yang diperoleh berdasarkan simulasi numerik berbasis domain frekwensi seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Gambar 10 menunjukkan bahwa pada kecuraman gelombang sama dengan 0.10, amplitudo maksimum gerak oleng mengalami kenaikan signifikan dari lengan stabilitas dengan koefisien C sama dengan -1.0 menjadi koefisien C sama dengan -2.0. Pada lengan stabilitas dengan koefisien C sama dengan -2.0, perubahan amplitudo maksimum sudut oleng terjadi pada kecuraman gelombang 0.08. Mengacu pada kriteria stabilitas IMO dimana kecuraman gelombang maksimum ditentukan sama dengan 0.10 maka sudut kemiringan minimum dengan

lengan stabilitas maksimum 25.0 derajat sesuai dengan hasil simulasi yang telah dilakukan untuk data kapal yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 9. *Stability integrity* untuk variasi karakteristik lengan stabilitas



Gambar 10. Amplitudo maksimum gerak oleng untuk setiap kecuraman gelombang

Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik lengan stabilitas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap performa gerak oleng kapal khususnya sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum. Makin besar kecuraman gelombang, dibutuhkan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi yang lebih besar untuk mempertahankan kondisi stabilitas kapal khususnya pada saat beroperasi pada gelombang samping. Luasan di bawah kurva lengan stabilitas juga mempunyai pengaruh terhadap amplitudo respon gerak oleng seperti ditunjukkan pada Gambar 3 – 8 tetapi pengaruh tersebut lebih kecil dibandingkan dengan pengaruh sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi. Dalam penentuan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum untuk keperluan kriteria keselamatan dari segi stabilitas, karakteristik perairan lingkungan operasi kapal khususnya kecuraman gelombang harus diidentifikasi terlebih dahulu. Hal ini berhubungan dengan momen kesitasi gelombang dimana semakin besar kecuraman gelombang maka amplitudo sudut oleng kapal juga akan semakin besar.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pengaruh karakteristik lengan stabilitas terhadap respon gerak oleng kapal pada gelombang samping melalui simulasi numerik berbasis domain frekwensi gelombang dan berbasis domain waktu dianalisis pada karakteristik gelombang dengan kecuraman bervariasi mulai dari 0.02 sampai 0.15. Karakteristik lengan stabilitas divariasikan dengan menggunakan polynomial order 5 dengan tetap mempertahankan GM_0 sama untuk semua variasi lengan stabilitas. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi mempunyai pengaruh yang lebih signifikan terhadap amplitudo maksimum gerak oleng dibandingkan dengan luasan di bawah kurva lengan stabilitas. Untuk kebutuhan kriteria standar keselamatan dari segi stabilitas kapal, penentuan sudut kemiringan minimum dimana lengan stabilitas maksimum terjadi harus disesuaikan dengan karakteristik gelombang dimana kapal akan beroperasi. Selain dari karakteristik lengan stabilitas, faktor redaman juga mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon gerak oleng. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lanjutan sehubungan dengan faktor redaman sehingga penentuan sudut kemiringan minimum dengan lengan stabilitas maksimum menjadi lebih akurat dengan mempertimbangkan semua faktor yang berpengaruh terhadap respon gerak oleng. Guna mengantisipasi kemungkinan kapal dengan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum lebih kecil dari 25.0 derajat, pengaruh luasan di bawah kurva lengan stabilitas dengan perbedaan yang cukup besar terhadap respon gerak oleng perlu untuk diteliti lebih lanjut.

REFERENSI

- Cotton, B., Thompson, J.M.T., and Spyrou, K.J., 2000, “Some Recent Advances in the Analysis of Ship Roll Motion”, *Contemporary Ideas on Ship Stability*, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 2000, pp. 101 – 109.
- Francescutto, A., and Contento, G., 2000, “The Mathematical Modelling of Large Amplitude Rolling in Beam Waves”, *Contemporary Ideas on Ship Stability*, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 2000, pp. 125 – 135.
- Francescutto, A., 2015. “*Intact Stability Criteria of Ships – Past, Present and Future*”, Proceedings of the 12th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles. Glasgow, UK. 14 – 19 June 2011, pp. 1199 – 1209.
- International Maritime Organization., 2000. “HSC 2000 Code – International Code of Safety for High Speed Craft”, IMO, London, 2002.
- International Maritime Organization., 2006. “Interim Guidelines for Alternative Assessment of Weather Criterion”, Document MSC.1/Circ.1200. IMO, London 2006.
- International Maritime Organization., 2008. “International Code on Intact Stability Resolution MSC 267 (85)”, IMO, London, 2008.
- International Towing Tank Conference., 2011. “Recommended Procedures for Numerical Estimation of Roll Damping”, The 26th ITTC Specialist Committee on Stability in Waves, London, 2011, pp. 1 – 33.
- Odabasi, A.Y., 2000, “A Note on the Conceptual Understanding of the Stability Theory of Ships”, *Contemporary Ideas on Ship Stability*, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 2000, pp. 27 – 46.
- Paroka, D., 2018. “Karakteristik Geometri dan Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Kapal Feri Ro-Ro Indonesia”, *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, Vol. 15, No. 1, 2018, pp. 1 – 8.
- 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, 1939.
- Spyrou, K.J., 2011. “A Basis for Developing a Rational Alternative to the Weather Criterion: Problem and Capabilities”, *Contemporary Ideas on Ship Stability and Capsizing in Waves*, Springer, London, pp. 25 – 46.