

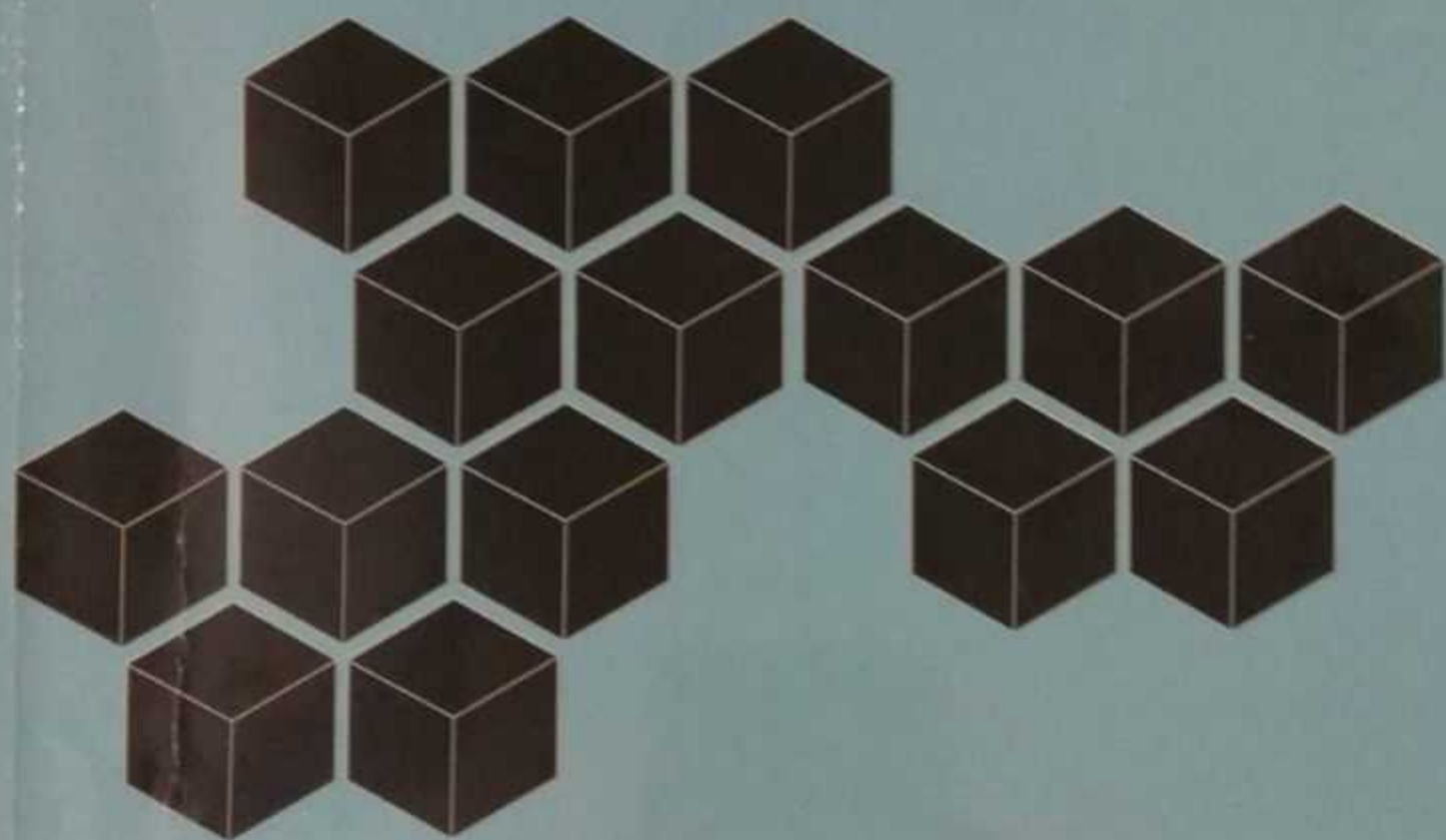
LAMPIRAN 27
LAMPIRAN 28
LAMPIRAN 29

2016 PROSIDING
SENTRA

#2

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa

Green Technology Untuk Mendukung Industri Nasional Berkelanjutan



Volume 1

<http://sentra.umm.ac.id>

Online ISSN : 2527-6050

Print ISSN : 2527-6042

Batu, 2-3 September 2016

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

“ Green Technology Dalam Industri Nasional Berkelanjutan ”

Hak Cipta @ 2016 pada panitia, dilarang keras mengutip, menyalin, sebagian maupun keseluruhan dari isi buku ini tanpa sepengetahuan dan mendapat izin dari panitia atau penerbit

Reviewer

- Teknik Mesin : Dr. Suwarsono, MT
Iis Siti Aisyah, ST., MT., Ph.D.
Drs. Moh Djufri, ST., MT.
- Teknik Sipil : Dr. Sunarto, MT.
Dr. Ir. Samin, MT.
Ir. Erwin Rommel, MT.
- Teknik Industri : Dr. Ahmad Mubin, ST., MT
Ilyas Mas'ud, ST., M.Log., SCM., Ph.D
Annisa Kesya Garside, ST., MT
- Teknik Elektro : Dr. Ir. Lailis Syafa'ah, MT.
Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, MT.
Dr. Zulfatman
Ir. M. Irfan, MT
Machmud Effendy, ST., M.Eng.
- Teknik Informatika : Eko Budi Cahyono, S.Kom, MT.
Yuda Munarkko, S.Kom., M.Sc
Agus Eko Minarno, S.Kom., M.Kom.
Mahar F, S.Kom., M.Kom.
Wildan S S.Kom., M.Kom.

ISSN (Cetak) 2527-6042
eISSN (Online) 2527-6050
Dicetak Agustus 2016

Isi makalah atau *paper* diluar tanggung jawab editor & penerbit

Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang-65144. GKB. III UMM
Telp. 0341 464318 , ext. 127 Fax. 0341 460782

SUSUNAN PANITIA

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

- **Pelindung dan Penasehat**

1. Ir. Sudarman, M.T. (Dekan FT)
2. Ir. Mulyono, M.T. (Pembantu Dekan II FT)
3. Ir. Alik Ansori AL, M.T. (Pembantu Dekan III FT)
4. Ir. Daryono, M.T. (Ketua Jurusan Teknik Mesin)
5. Ir. Rofikatul Karimah, M.T. (Ketua Jurusan Teknik Sipil)
6. Ir. Nur Alif M, M.T. (Ketua Jurusan Teknik Elektro)
7. Yuda Munarko, S.Kom, M.Sc (Ketua Jurusan Teknik Informatika)
8. Ir. Dian Palupi Restuputri, S.T., M.T. (Sekretaris Jurusan Teknik Industri)

- **Penanggung Jawab**

Dr. Ahmad Mubin, M.T. (Pembantu Dekan I)

- **Panitia Pengarah (Steering Committee)**

1. Dr. Ir. Suwarsono, M.T. (Koord.)
2. Dr.Ir. Lailis Syafa'ah, M.T.
3. Dr. Ir. Samin, M.T.
4. Dr. Ir. Sunarto, M.T.
5. Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T.
6. Ilyas Mas'udin, M.Log., SCM., Ph.D.

- **Panitia Pelaksana (Organizing Committee)**

Ketua Pelaksana : Dr. Zulfatman, M.Eng.
Wakil Ketua : Ir. Murjito, M.T. (Koord.)
Sekretaris : Iis Siti Aisyah, M.T, PhD
Bendahara : Lailatul Husniah, S.ST, M.T.

Seksi Acara

1. Drs. Moh Jufri, ST., M.T. (Koord.)
2. Diah Risqiwati, S.T., M.T.
3. Ir. Erwin Rommel, M.T.
4. Annisa Kessy Garside, S.T., M.T.
5. Machmud Effendy, S.T., M.Eng

Seksi Sponsorship

1. Mahar Faiqurrahman, S.Kom, M.Kom. (Koord.)
2. Mohamad Irkham M., S.T, M.T.

Seksi Kesekretariatan dan Publikasi

Sub Seksi Kesekretariatan

1. Shanty Kusuma, S.T., M.T. (Koord.)
2. Tommy Saputra, S.T., M.Eng.
3. Nurhayatin, S.ST, M.Kom.
4. Mila Malna, S.Psi.
5. Linda Nur Wulansari., S.Kom.

Sub Seksi Publikasi

1. Agus Eko Minarno,S.Kom., M.Kom. (Koord.)
2. Wahyu Andhyka Kusuma, S.Kom, M.Kom.
3. Aditya Dio Waskito.

Sub Seksi Naskah

1. Dana Marsetiya Utama, S.T., M.T. (Koord.)
2. Ilham Pakaya, S.T., M.T.

Seksi Akomodasi dan Transportasi

1. Yufis Azhar, S.Kom., M.Kom. (Koord.)
2. Moh. Heriyanto
3. M.Taufik

Seksi Perlengkapan dan Dokumentasi

1. Ir. Andi Syaiful Amal, M.T. (Koord.)
2. Amrul Faruq, S.T., M.Eng.
3. Ahmad Mustofa
4. M. Zaini
5. Lukman Rohmatullah

Seksi Konsumsi

1. Dra. Heny Hendaryati, M.T. (Koord.)
2. Gita Indah Marthasari, S.T., M.T.
3. Dini Kurniawati, S.T., MT.
4. Dewi Sulistiyowati, S.T.
5. Ratna Wijayanti, S.E.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmad dan hidayah-Nya sehingga *Proceeding* Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016 dengan tema “*Green Technology* Dalam Industri Nasional Berkelanjutan” yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang pada 2-3 September 2016 dapat kami selesaikan.

Penyusunan *Proceeding* ini dimaksudkan agar masyarakat luas dapat mengetahui berbagai informasi terkait dengan penyelenggaraan Seminar tersebut. *Proceeding* seminar dibagi menjadi 2 vol. *Proceeding* Vol 1 berisi tentang Makalah Bidang I : Teknik Mesin, Makalah Bidang II : Teknik Sipil dan Makalah Bidang III: Teknik Industri. *Proceeding* Vol 2 berisi tentang Makalah Bidang IV : Teknik Elektro dan Makalah Bidang V : Teknik Informatika.

Akhir kata semoga *Proceeding* ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya dalam perkembangan *Green Technology* untuk Industri Nasional yang Berkelanjutan.

Malang, 2 September 2016
Tim Penyusun *Proceeding*
Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada:

1. Assoc. Prof. Dr. Timotius Pasang (Dean of ME, Auckland University of Technology (AUT) NZ), Prof.Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng (Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya), Prof.Dr. Ir. Tresna Priyana Soemardi, M.Si (Universitas Indonesia (UI) Jakarta) dan Dr. Ir. Sunarto, M.T. (Universitas Muhammadiyah Malang (UMM)) sebagai pembicara dalam kegiatan ini.
2. Bapak/Ibu Pemakalah dan Peserta yang telah menyumbangkan pemikirannya dalam acara Seminar nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016
3. PT. Kebon Agung dan PT. Rekayekti Sadhana Malang yang telah mendukung terselenggaranya Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016.
4. Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia yang ikut berpartisipasi dalam kediatan seminar ini.
5. Tak lupa kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan bagi terselenggaranya Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016.

Malang, 2 September 2016

Panitia

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2016

DAFTAR ISI

Susunan Panitia Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015	i
Kata Pengantar	iii
Ucapan Terima kasih	iv
Daftar Isi	v

Makalah Bidang I : Teknik Mesin

1	PEMODELAN TURBULEN ANISOTROPIK UNTUK SIMULASI CFD DALAM ALIRAN KOMPRESIBEL Ahmad Indra Siswantara, Asyari Daryus, Budiarmo	I - 1
2	CATALYTIC CONVERTER JENIS KATALIS KAWAT TEMBAGA BERBENTUK SARANG LABA-LABA UNTUK MENGURANGI EMISI KENDARAAN BERMOTOR Ali Mokhtar, Lukmanur HA, Trenyu Wibowo	I - 9
3	PEMAMFAATAN LAUT DI PROVINSI GORONTALO SEBAGAI PENGANTI AIR AKI Alifransi Sulaeman, Hendra Uloli	I - 15
4	ANALISIS PENGARUH PARAMETER PENGELASAN MICRO FRICTION STIR WELDING (mFSW) TERHADAP TEMPERATUR PADA ALUMINUM ALLOY 1100 Ario Sunar Baskoro, Muhamad Dzulqarnaini Habibullah, Zetha Arvay, Suwarsono	I - 20
5	PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP MASSA DEPOSIT BAHAN BAKAR SOLAR (B0) DAN BIODIESEL (B100) Bambang Sugiarto, M Taufiq Suryantoro, Zofarizal Gusfa, Danniell Chistian, Bintang Samudra	I - 26
6	EFISIENSI TEORITIS DAN EKSPERIMENTAL TURBIN PIKOHIDRO JENIS PELTON TINGGI JATUH RENDAH Budiarmo, M. Rasyid Ramdhani	I - 33
7	PENGARUH PENGGUNAAN SUNGKUP PADA SUHU REAKTOR PIROLISIS PLASTIK UNTUK MENGHASILKAN BAHAN BAKAR CAIR Benny H. Armadi, C. Rangkuti, M. Dylan Fauzi	I - 40
8	ESTIMASI KEBUTUHAN BAHAN BAKAR KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU BERDASARKAN PERFORMA OLAH GERAK Daeng Paroka, Arjubono, Andi Haris Muhammad, Syamsul Asri	I - 53
9	PENGARUH JARAK PEMANASAN TRANSIEN UNTUK MEREDUKSI DISTORSI SAMBUNGAN PADA PENGELASAN FCAWBAJA A 36. Daryono, Nur Subeki, Moch Jufri, dan Asqalany	I - 65
10	ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDLE DAN KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEAUSAN PAHAT DAN KEKASARAN PERMUKAAN D.L Zariatn, Reza Febriatna	I - 72

- 11 MODIFIKASI CARBON NANOTUBE UNTUK SINTESIS KOMPOSIT TITANIA NANOTUBE (TiNT)-CARBON NANOTUBE (CNT) DALAM MENDEGRADASI FENOL
Desi Heltina, Praswasti PDK. Wulan, Slamet I - 80
- 12 KAPASITAS PENGERING SEMPROT UNTUK BELIMBING: PENGARUH PARAMETER UDARA PENGERING
Engkos Achmad Kosasih, Gema Ramadhan Aria Wibisana I - 87
- 13 PENGEMBANGN SISTEM SYNCHROMESH UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR PADA KENDARAAN LISTRIK
Danardono, A. S., Fuad Zainuri, M. Adhitya I - 95
- 14 PENGEMBANGAN DAN PENGUKURAN MESIN m-FORMING 5kN
Aida Mahmudah, Gandjar Kiswanto I - 102
- 15 ANALISA PRODUKTIFITAS TIM JUARA KOMPETISI REGULER EROPA DENGAN PENDEKATAN METODE RELIABILITAS
Gerry Liston Putra, Yudan Whulanza, Warjito I - 110
- 16 STUDI PENGARUH IMPLEMENTASI JET SINTETIK TERHADAP GAYA DRAG AERODINAMIS PADA MODEL MOLINAS
Harinaldi, Ramon Trisno, Inshanu Ghalih Wibowo I - 117
- 17 PERHITUNGAN NILAI KOMPLEKSITAS UNLOADING MESIN CNC FITUR ROTATIONAL DAN NON-ROTATIONAL
Hendri D. S. Budiono, Rizal Putra Munthe I - 126
- 18 ANALISIS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS SEBAGAI DASAR PENINGKATAN KINERJA LINI PRODUKSI GARAM PT. XYZ
Henky Suskito Nugroho, Randy Prabha Yogana I - 135
- 19 CHARACTERIZATION OF COPPER DEPOSIT ON ELECTROPLATING OF AISI 1024 STEEL
I.S. Aisyah, Sudarman, Handrianto, D.A. Maulana Putra I - 144
- 20 PENGARUH DIAMETER CRUSH INITIATOR TERHADAP CRASHWORTHINESS PADA HOLLOW BOX BEAM
Jos Istiyanto, Felix Dionisius, Muhammad Yudha, Muhammad Malawad, Suci Hakiman I - 152
- 21 PRODUKSI & PENGUJIAN SERBUK ALUMINIUM HASIL PROSES UVBM (UMM VERTICAL BALL MILL)
Khasan Tibi, Iis Siti Aisyah, Achmad Fauzan HS I - 159
- 22 STUDY PERANCANGAN KAPAL FERRY TRIMARAN UNTUK KAWASAN TIMUR INDONESIA
Mansyur Hasbullah I - 163

23	KONSEP DESAIN DAN ANALISA STRUKTUR COTTAGE TERAPUNG DENGAN LAMBUNG SILINDRIS Marcus Alberth Talahatu, Gerry Liston Putra, Sri Lestari Maharani	I - 169
24	EFEK TEMPERATUR TRANSIEN PADA PENGELASAN FCAW UNTUK MENURUNKAN DISTORSI Moh. Jufri, Daryono, Nur Subekhi, Abdur Rohman	I - 177
25	SIMULASI PEMILIHAN RASIO GIGI BUS LISTRIK Mohammad Adhitya, Hanif Miftahul Haq	I - 182
26	ANALISA PERFORMANCE PRODUK DARI MESIN BRIOBRIKET SAMPAH ORGANIK DALAM UPAYA MENYIAPKAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF Mulyono	I - 191
27	ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN FRICTION WELDING PADA BAJA ST 37 Murjito	I - 197
28	RANCANG BANGUN TUNGKU PELEBURAN ALUMINIUM HEMAT ENERGI SEBAGAI SARANA PEMBELAJARAN TEKNIK PENGECORAN DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN Murjito	I - 206
29	KINERJA SISTEM MANAJEMEN TERMAL MOTOR LISTRIK MENGGUNAKAN PIPAKALOR PIPIH BERBENTUK “L” Bambang Ariantara, Nandy Putra, M. Rangga Dexora	I - 212
30	REVIEW: PERKEMBANGAN LIQUID COLLECTION SYSTEM PADA PROSES PYROLYSIS UNTUK MEMPRODUKSI ASAP CAIR Nasruddin A. Abdullah, Nandy Putra, Raldi A. Koestoer, Imansyah Ibnu Hakim	I - 221
31	ANALISIS SIMULASI PERFORMA AERODINAMIKA SAYAP PESAWAT TERBANG AIRFOIL NACA 23018 PADA BEBERAPA CANT ANGLE Setyo Hariyadi S.P.	I - 229
32	ANALISA BENDING TERHADAP DESAIN BRACKET ORTHODONTIC UNTUK UJI KEMAMPUAN PERGESERAN GIGI Sugeng Supriadi, Agung Samsuddin Saragih, Bambang Irawan, Bambang Suharno, Tjokro Prasetyadi, M W Ajiwibowo	I - 239
33	PENGEMBANGAN FABRIKASI LOTUS-TYPE POROUS MATERIAL DENGAN METODE SLIP CASTING BERBAHAN DASAR SERBUK TEMBAGA UNTUK APLIKASI SUMBU KAPILER PADA PIPA KALOR Sugeng Supriadi, Nandy Putra, Bambang Ariantara, Ichsan Indhiarto	I - 246
34	ANALISIS KECELAKAAN KERJA PADA GALANGAN KAPAL Sunaryo, Rizka Yulianti Priandini	I - 251

- 35 KARAKTERISASI PROTEIN SKIMMER I - 256
Warjito, Imam Taukhid, Amin Pamungkas, Kuku Adiyana, Manus Setyantono
- 36 DRAG REDUCTION ALIRAN PASIR SILIKA PADA PIPA I - 264
SPIRAL DENGAN PENAMBAHAN BIOPOLIMER
Yanuar, Kurniawan T. Waskito, dan Sealtial Mau
- 37 REALIZATION AND TESTING OF MINI EXTRUDER FOR I - 271
BIOMATERIAL FILAMENT IN BIOMEDICAL APPLICATION
Yudan Whulanza and Joko Setiawan
- 38 PENGAMBILAN KEMBALI LOGAM Li DARI LIMBAH BATERAI Li-ION I - 278
DENGAN TEKNOLOGI LEACHING MENGGUNAKAN ASAM SITRAT
Yuliusman
- 39 UNPATENTED GRASHOF-INCUBATOR AS A PART OF I - 285
COMMUNITY-ENGAGEMENT IN MECHANICAL
ENGINEERING UNIVERSITY OF INDONESIA
Raldi A. Koestoer, Ibnu Roihan
- 40 UPAYA PENSTABILAN NYALA PADA MESO COMBUSTOR I - 288
TABUNG KUARSA TANPA ENERGI EKSTERNAL
Achmad Fauzan, I.N.G. Wardana, Lilis Yulianti, Mega Nursasongko
- 41 UNJUK KERJA HEAT PIPE PADA SISTEM PENDINGIN I - 297
PASIF DI KOLAM BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS
Nandy Putra, M. Hadi Kusuma, Anhar Riza Antariksawan, Raldi Artono
Koestoer, Brillian Tegar Verlambang, Sri Ismarwanti

Makalah Bidang II : Teknik Sipil

- 1 PEMANFAATAN OLIE BEKAS SEBAGAI MODIFIER PADA II - 1
LAPISAN ASPAL BUTON BERAGREGAT (LASBUTAG)
CAMPURAN PANAS UNTUK PERKERASAN JALAN
Alik Ansyori Alamsyah, Hari Eko Meiyanto
- 2 STUDI KEBUTUHAN UDARA, KUALITAS KLINKER DAN KADAR NOX II - 19
PADA PROSES QUENCHING DI PT. SEMEN INDONESIA TUBAN
A. Meidianto, M.A. Haetami, Indriyanti, S. Sinasa, R. Sudiantoro
- 3 PEMANFAATAN PASIR VULKANIK GUNUNG KELUD SEBAGAI II - 24
AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ATB (ASPHALT TREATED BASE)
TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL TEST
Andi Syaiful Amal, Khoirul Abadi
- 4 TINJAUAN KARAKTERISTIK BETON BUSA II - 33
DENGAN PENAMBAHAN FLY-ASH DAN FOAM-AGENT
Erwin Rommel, Yunan Rusdianto, Rofikatul Karimah, M. Angga Wahyudin
- 5 ANALISIS BUANGAN AIR DRAINASE TERHADAP II - 41
KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE KOTA TANGERANG
Idi Namara, Kurniati, Fandani Fredynanto

6	KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE KOTA TANGERANG Idi Namara, Kurniati, Raditya Jaelani	II - 48
7	EVALUASI PENDEKATAN PROYEK FISIK PEMERINTAH TERHADAP PENGELOLAAN KUALITAS AIR SUNGAI CISADANE KOTA TANGERANG Idi Namara, Kurniati, La Jusuf Raka Rantu	II - 57
8	UJI LEKATAN (PULL-OUT) TULANGAN BAMBU TERHADAP PANEL ENCENG GONDOK Lukito Prasetyo	II - 63
9	KUAT TARIK LEKATAN BAJA PADA BETON DENGAN SISTEM GROUTING PADA PIPA SELONGSONG Ninik Catur E.Y, Agus Subiyanto	II - 68
10	PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN SUPERPLASTICIZER SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN BETON NORMAL Rofikatul Karimah, Yusuf Wahyudi	II - 76
11	HUBUNGAN CURAH HUJAN DAN TIMBULAN LINDI SERTA PREDIKSI TIMBULAN LINDI STUDI KASUS LANDFILL SKALA LABORATORIUM Samin, Sulianto	II - 83
12	PERBANDINGAN KINERJA ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION DAN PARTICEL SWAM OPTIMIZATION PADA ANALISIS ALIRAN JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH Sulianto, Ernawan Setiono	II - 89
Makalah Bidang III : Teknik Industri		
1	PENGUKURAN DAN EVALUASI KINERJA FAKULTAS X UNIVERSITAS Y UNTUK PENINGKATAN PERINGKAT AKREDITASI PROGRAM STUDI Ahmad Mubin	III - 1
2	PERANCANGAN SISTEM INFORMASI LABORATORIUM TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG Annisa Kesy Garside, Dana Marsetiya Utama	III - 6
3	PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI LPG DENGAN PENDEKATAN MODEL MATEMATIS Annisa Kesy Garside, Xamelia Sulistyani, Dana Marsetiya Utama	III - 12
4	ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN ATURAN PRIORITAS PENJADWALAN PADA PENJADWALAN NON DELAY N JOB 5 MACHINE Dana Marsetiya Utama	III - 19

- 5 IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN RISIKO DI BAGIAN PRODUKSI 1 DALAM UPAYA PENCAPAIAN ZERO ACCIDENT MENGGUNAKAN METODE HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA)
Dian Palupi Restuputri, Eriko , Andri Sulaksmi III - 24
- 6 METODE SHIPMENT CONSOLIDATION SEBAGAI SOLUSI GREEN LOGISTIC
Dina Noviana, Meidina Kalse Boer, Mohammad Salman Al Farisi III - 32
- 7 FAKTOR PENDORONG MANAJEMEN RANTAI PASOK YANG EFEKTIF : KAJIAN TEORITIS
Faradilla Witha Fernanda, Ilyas Masudin, Nia Anggraeni P.W, Fien Dzulfikarijah III - 39
- 8 DESIGN MESIN PENJEPIT SANDAL SPONS DENGAN PENDEKATAN BIOMEKANIKA DI SENTRA INDUSTRI SANDAL TOYOMARTO SINGOSARI – MALANG
Ilyas Masudin, Daryono, Fery Yulianto III - 51
- 9 NOVASI PEMBELAJARAN PENGEMBANGAN MATA KULIAH TATA LETAK PABRIK (PTLP)
Mohammad Lukman III - 57
- 10 ANALISIS KEPUASAN PELANGGAN ANTARA KINERJA DAN HARAPAN PELANGGAN PT X
Niken Parwati, Muhammad Faisal III - 63
- 11 OPTIMASI PEMANFAATAN AIR WADUK LIDER UNTUK IRIGASI MENGGUNAKAN GOAL PROGRAMMING
Nastasia F. Margini, Nadjadji Anwar, Bambang Sarwono III - 70
- 12 ANALISIS POTENSI EKONOMI KABUPATEN DAN KOTA DI PROVINSI MALUKU UTARA
Nur Rahmi Umanailo, Jaka Nugraha III - 75
- 13 IMPLEMENTASI LEAN SIX SIGMA DI SEKTOR PUBLIK
Rini Mulyani Sari, Ayu Endah Wahyuni, Arief Rahmana III - 82
- 14 ANALISA BIAYA UNTUK PENGENDALIAN BIAYA PRODUKSI
Shanty Kusuma Dewi III - 90
- 15 PERENCANAAN KEBUTUHAN HASIL PERIKANAN TANGKAP DAN KOMODITI LAUT LAINNYA MELALUI PENDEKATAN METODE MATERIAL REQUIPMENT PLANNING (MRP) DALAM UPAYA PENINGKATAN PENDAPATAN NELAYAN GORONTALO
Stella Junus, Idham Halid Lahay III - 97
- 16 PENERAPAN METODE FUZZY SERVQUAL & IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS UNTUK ANALISA KUALITAS PELAYANAN
Thomy Eko Saputro III - 105

ESTIMASI KEBUTUHAN BAHAN BAKAR KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU BERDASARKAN PERFORMA OLAH GERAK

Daeng Paroka, Arjubono, Andi Haris Muhammad, Syamsul Asri

Universitas Hasanuddin, Makassar

Kontak Person:

Daeng Paroka

Kampus Teknik Unhas Gowa, Jl. Poros Malino Km. 6 Bontomarannu Gowa Sulawesi Selatan Telp. (0411) 584639

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

Abstrak

Komponen biaya yang paling besar pada operasi kapal sebagai sarana transportasi laut adalah biaya bahan bakar. Selain daya mesin, faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap konsumsi bahan bakar kapal adalah beban kerja dari mesin itu sendiri. Performa olah gerak kapal dalam pelayaran merupakan salah satu variabel yang berpengaruh terhadap beban kerja mesin. Oleh karena itu, dalam estimasi kebutuhan bahan bakar, performa operasi kapal selama pelayaran penting untuk dipertimbangkan. Paper ini membahas tentang pengaruh performa olah gerak terhadap konsumsi bahan bakar kapal. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap performa olah gerak seperti angin dan gelombang akan diamati pengaruhnya terhadap performa operasi kapal serta konsumsi bahan bakar. Performa olah gerak akan diestimasi secara numerik dengan menggunakan persamaan gerak kapal 3 derajat kebebasan (surge, sway dan yaw). Karakteristik angin dan gelombang dimodelkan sesuai dengan karakteristik angin dan gelombang Perairan Indonesia dengan asumsi bahwa kecepatan angin konstan dan gelombang laut adalah reguler (beraturan). Dari hasil simulasi numerik diperoleh kecepatan operasi kapal sesuai dengan karakteristik angin dan gelombang. Berdasarkan hasil simulasi ini selanjutnya dapat diestimasi konsumsi bahan bakar spesifik kapal sebagai fungsi dari karakteristik angin dan gelombang sehingga diperoleh hubungan antara kondisi lingkungan operasi kapal dengan konsumsi bahan bakar untuk setiap daya mesin atau ukuran kapal tertentu.

Kata kunci: maksimal 5 kata kunci dalam makalah

1. Pendahuluan

Komponen pembiayaan terbesar pada pengoperasian kapal adalah biaya bahan bakar. Estimasi kebutuhan bahan bakar diestimasi berdasarkan daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik serta waktu operasi. Estimasi konsumsi bahan bakar umumnya dilakukan dengan asumsi bahwa konsumsi bahan bakar spesifik konstan tanpa memperhitungkan kondisi operasi kapal. Pada kondisi real, konsumsi bahan bakar spesifik dapat mengalami perubahan tergantung pada torsi mesin yang dibutuhkan untuk memutar baling-baling kapal sesuai dengan putaran yang diinginkan. Torsi mesin dapat bervariasi tergantung pada kondisi operasi akibat gaya luar yang bekerja pada kapal seperti gaya angin dan gelombang. Metode estimasi kebutuhan bahan bakar yang dipakai selama ini dapat mengakibatkan kelebihan atau kekurangan persediaan bahan bakar tergantung pada kondisi cuaca di daerah perairan dimana kapal tersebut beroperasi. Gaya eksternal yang ditimbulkan oleh angin dan gelombang dapat mengakibatkan kapal beroperasi pada kecepatan kurang dari kecepatan normal pada saat gaya-gaya tersebut datang dari arah haluan kapal. Pada kondisi ini, torsi yang dibutuhkan untuk memutar baling-baling dengan kecepatan sudut konstan menjadi lebih besar. Sebaliknya, ketika gaya-gaya tersebut bekerja pada arah yang sama dengan arah gerak kapal, kapal dapat bergerak dengan kecepatan lebih besar dari kecepatan dinas. Akibatnya beban baling-baling menjadi lebih kecil sehingga torsi yang dibutuhkan juga menjadi lebih kecil[1]. Untuk mengantisipasi perubahan konsumsi bahan bakar akibat kondisi cuaca pada jalur pelayaran, total kebutuhan bahan bakar ditambah 10 – 15 persen dari hasil estimasi sebagai cadangan.

Perubahan torsi akibat perubahan beban baling-baling yang ditimbulkan oleh gaya eksternal dapat diamati dari perubahan kecepatan kapal pada putaran baling-baling yang konstan. Besar perubahan kecepatan akibat gaya eksternal sangat tergantung pada karakteristik dari pembangkit gaya eksternal seperti arah dan kecepatan angin serta arah, tinggi dan panjang gelombang[2],[3]. Selain itu, karakteristik bentuk badan kapal yang ada di bawah permukaan air juga memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan kecepatan kapal sebagai reaksi terhadap gaya eksternal yang bekerja. Interaksi antara gaya eksternal berupa angin dan gelombang dengan gaya internal dari badan kapal

yang ada di bawah permukaan air dapat diamati melalui performa olah gerak pada saat kapal berlayar pada kondisi angin dan gelombang. Oleh karena itu, estimasi kebutuhan bahan kapal harus mempertimbangkan kondisi perairan pada jalur operasi kapal.

Performa olah gerak kapal dapat diprediksi melalui beberapa metode diantaranya simulasi numerik maneuvering kapal pada kondisi angin dan gelombang[4], pengujian model melalui *free running*[5] dan pengukuran pada kapal yang sebenarnya. Pada simulasi numerik dan *free running*, karakteristik angin dan gelombang performa olah gerak dapat disimulasikan untuk berbagai kondisi kecepatan dan arah angin serta bervariasi arah dan karakteristik gelombang. Beberapa simulasi numerik telah dikembangkan sehubungan dengan performa olah gerak kapal, diantaranya dalam hubungannya dengan pencegahan tabrakan[6], stabilitas gerak yaw[7] serta pengaruhnya terhadap stabilitas pada saat kapal beroperasi dalam gelombang[8]. Estimasi konsumsi bahan bakar berdasarkan kondisi pelayaran telah dilakukan untuk kapal kontainer pada kondisi angin dan gelombang tertentu dengan membandingkan antara hasil simulasi dengan pengukuran langsung pada saat kapal beroperasi. Berhubung karakteristik kapal serta kondisi perairan yang berbeda dari satu jalur pelayaran dengan jalur pelayaran lainnya, simulasi numerik atau pengukuran langsung pada kondisi pelayaran serta tipe kapal yang berbeda masih perlu untuk dilakukan guna mendapatkan formulasi yang tepat untuk prediksi konsumsi bahan bakar yang cukup akurat. Pengaruh kecepatan kapal terhadap konsumsi bahan bakar juga telah diamati dalam waktu yang cukup lama tetapi hubungannya dengan variasi kecepatan dan arah angin serta karakteristik gelombang belum dipertimbangkan[9],[10]. Formulasi hubungan langsung antara kondisi perairan dengan konsumsi bahan bakar oleh karena itu belum dapat dimodelkan dalam bentuk hubungan langsung. Untuk mendapatkan formulasi hubungan antara konsumsi bahan bakar dengan kondisi perairan, simulasi performa olah gerak sebagai fungsi dari arah dan kecepatan angin serta arah dan karakteristik gelombang penting untuk dilakukan. Simulasi ini sangat mungkin untuk dilakukan dimana data arah dan kecepatan angin sudah dapat dengan mudah diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika termasuk data karakteristik gelombang. Fluktuasi kecepatan angin dan ketidakberaturan gelombang dapat didekati dengan menggunakan spektrum energi angin dan gelombang. Dengan demikian, model kondisi perairan aktual dapat dimodelkan mendekati kondisi yang sebenarnya.

Selain untuk kebutuhan estimasi biaya operasi kapal, estimasi bahan bakar juga berhubungan dengan masalah emisi gas buang untuk menganalisis dampaknya terhadap pencemaran udara. Estimasi konsumsi bahan bakar yang akurat dapat menjadi salah satu upaya mendapatkan metode atau panduan pengoperasian kapal untuk meminimalkan emisi gas buang serta mengestimasi kontribusi angkutan laut terhadap pencemaran udara. Emisi gas buang khususnya untuk angkutan laut menjadi sangat penting seiring dengan rekomendasi dari *International Maritime Organization* (IMO) untuk membatasi emisi gas buang kapal[11]. Pada tahap awal desain kapal, estimasi kebutuhan bahan bakar yang akurat sangat penting dalam hubungannya dengan penempatan serta kapasitas tangki bahan bakar yang diperlukan di atas kapal. Begitu juga dengan kebutuhan kapasitas tangki bahan bakar harian. Selain itu, formulasi hubungan antara kondisi cuaca dengan konsumsi bahan bakar merupakan faktor penting pada desain kapal dalam hubungannya dengan efisiensi penggunaan bahan bakar kapal.

2. Metode Penelitian

Salah satu metode untuk mengestimasi performa olah gerak kapal adalah simulasi gerak maneuver kapal pada kondisi angin dan gelombang. Umumnya simulasi gerak maneuver dilakukan dengan menggunakan persamaan gerak dengan 3 (tiga) derajat kebebasan (3 DOF) yang meliputi surge, sway dan yaw. Meskipun demikian, beberapa peneliti menggunakan persamaan gerak 4 (empat) derajat kebebasan (4 DOF) dengan memasukkan gerak oleng[12] bahkan model matematika 6 DOF dengan mempertimbangkan gerak heave dan pitch juga telah dipakai khususnya pada kondisi gelombang yang cukup ekstrim[13]. Untuk memasukkan pengaruh angin dan gelombang, model matematika gerak maneuver kapal dimodelkan dengan menggunakan *mathematical modelling group* (MMG model) dimana resultan gaya dan momen yang bekerja pada badan kapal dimodelkan secara terpisah sehingga dapat dengan mudah diselesaikan sesuai dengan kebutuhan analisis[14]. Persamaan gerak 3 DOF diselesaikan secara numerik dengan menggunakan integral Runge-Kutta untuk mendapatkan respon gerak surge, sway dan yaw dalam bentuk time series. Untuk mendapatkan kondisi gerak dengan kecepatan konstan, persamaan gerak 3 DOF diselesaikan dengan menggunakan

Pengaruh angin terhadap performa olah gerak dimodelkan sebagai fungsi dari tekanan angin terhadap badan kapal yang ada di atas permukaan air dan luas bidang tangkap angin[1]. Tekanan angin persatuan luas bidang tangkap angin merupakan fungsi kecepatan serta sudut datang angin relatif terhadap badan kapal. Sudut datang angin relatif terhadap badan kapal tergantung pada sudut haluan kapal serta arah angin terhadap sumbu global seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

$$\begin{aligned} X_A &= C_{AX}(\psi_A)q_A A_F \\ Y_A &= C_{AY}(\psi_A)q_A A_L \\ N_A &= C_{AN}(\psi_A)q_A A_L L_{OA} \end{aligned} \quad (4)$$

Gaya dan momen gelombang diestimasi dengan menggunakan teori strip sesuai dengan posisi kapal relatif terhadap permukaan gelombang sebagai berikut[18].

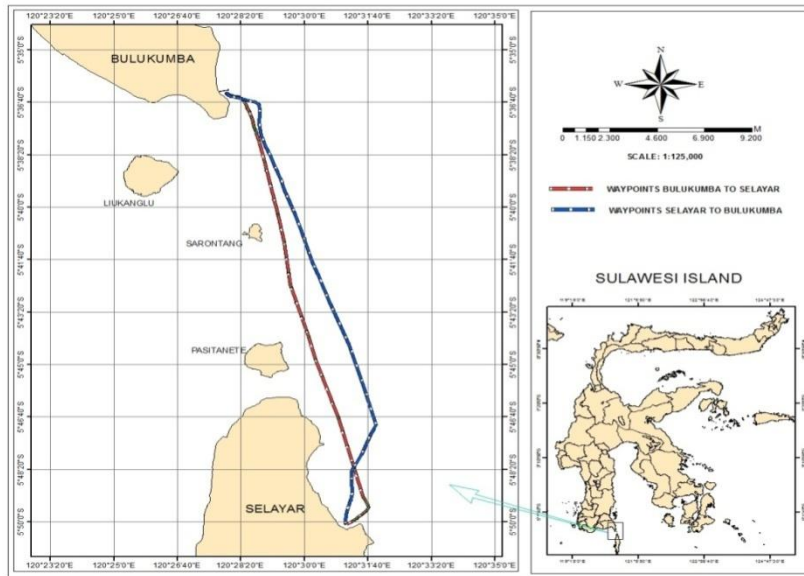
$$X_W = -\alpha \rho g \zeta_W k \cos \chi \int_{AE}^{FE} C_1(x) S(x) e^{-kd(x)/2} \times \sin(k(\xi_G + x \cos \chi)) dx \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Y_W &= \rho g \zeta_W k \sin \chi \int_{AE}^{FE} C_1(x) S(x) e^{-kd(x)/2} \times \sin(k(\xi_G + x \cos \chi)) dx + \zeta_W \omega \omega_e \\ &\quad \sin \chi \int_{AE}^{FE} \rho S_y(x) e^{-kd(x)/2} \times \sin(k(\xi_G + x \cos \chi)) dx - \zeta_W \omega u \sin \chi \\ &\quad \times [\rho S_y(x) e^{-kd(x)/2} \cos(k(\xi_G + x \cos \chi))]_{AE}^{FE} \\ &\quad + (1 + a_H) \frac{\rho}{2} A_R f_\alpha \varepsilon_R (1 - w_p) u \sqrt{1 + \kappa_P \frac{8K_T}{\pi J^2} u_{WR}} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} N_W &= \rho g \zeta_W \sin \chi \int_{AE}^{FE} C_1(x) S(x) e^{-kd(x)/2} \times x \sin(k(\xi_G + x \cos \chi)) dx + \zeta_W \omega \omega_e \\ &\quad \times \sin \chi \int_{AE}^{FE} \rho S_y(x) e^{-kd(x)/2} x \sin(k(\xi_G + x \cos \chi)) dx \\ &\quad + \zeta_W \omega u \sin \chi \int_{AE}^{FE} \rho S_y(x) e^{-kd(x)/2} \times \cos(k(\xi_G + x \cos \chi)) dx \\ &\quad - \zeta_W \omega u \sin \chi \times [\rho S_y(x) e^{-kd(x)/2} x \cos(k(\xi_G + x \cos \chi))]_{AE}^{FE} \\ &\quad + (x_R + a_H x_H) \frac{\rho}{2} A_R f_\alpha \varepsilon_R (1 - w_p) u \sqrt{1 + \kappa_P \frac{8K_T}{\pi J^2} u_{WR}} \end{aligned} \quad (7)$$

Model matematika persamaan olah gerak yang ditunjukkan pada persamaan di atas diaplikasikan untuk simulasi performa olah gerak kapal penyeberangan antar pulau sebagai dasar untuk mengestimasi konsumsi bahan bakar kapal penyeberangan antar pulau pada salah satu lintasan penyeberangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Ukuran utama dan sistem propulsi dari kapal yang beroperasi pada lintasan penyeberangan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 – 2. Arah angin dan gelombang diasumsikan sama dengan kecepatan angin serta tinggi gelombang ditentukan sesuai dengan karakteristik perairan yang dijadikan sampel untuk simulasi. Arah angin dan gelombang divariasikan berdasarkan data arah dan kecepatan angin serta arah dan karakteristik gelombang yang dikeluarkan oleh BMKG pada lokasi lintasan penyeberangan yang ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk mempertahankan kapal tetap pada lintasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, sistem kendali otomatis dengan menggunakan kontrol PID untuk mengontrol sudut kemudi serta sudut haluan kapal. Konsumsi bahan bakar mesin penggerak utama diestimasi selama proses simulasi mulai dari kapal meninggalkan pelabuhan asal hingga kapal sampai di pelabuhan tujuan. Konsumsi bahan bakar tersebut diestimasi berdasarkan konsumsi bahan bakar spesifik dan karakteristik olah gerak khususnya kecepatan kapal serta lintasa aktual kapal. Total konsumsi bahan bakar diperoleh mulai dari kapal

meninggalkan pelabuhan tujuan sampai kapal tiba di pelabuhan tujuan. Konsumsi bahan bakar diestimasi berdasarkan time series dari pelayaran kapal.



Gambar 2 Lintasan penyeberangan Bira - Pamatata

Tabel 1 Ukuran utama kapal

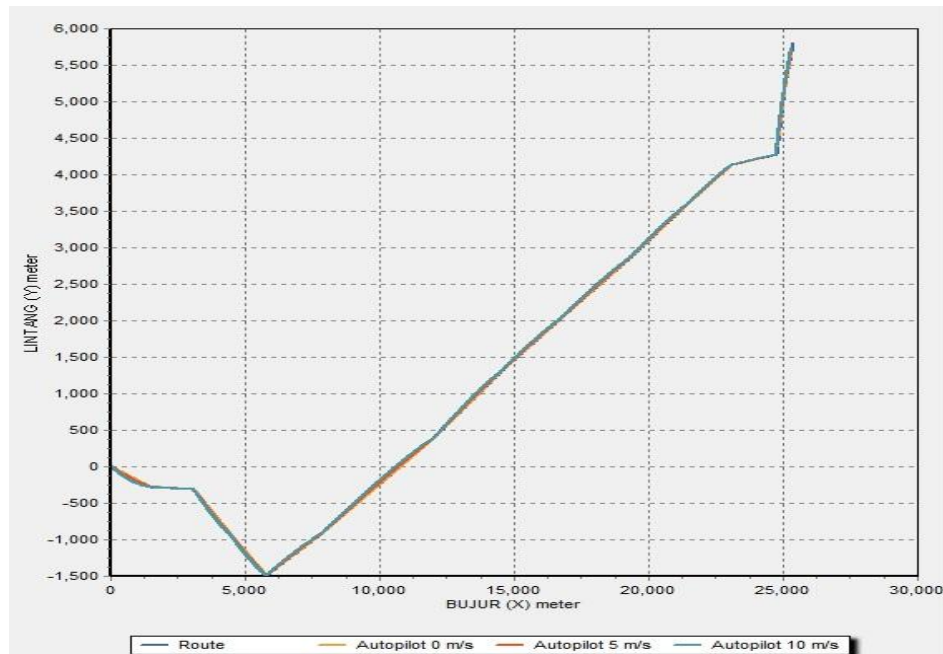
Items	Dimension
Panjang keseluruhan (L_{OA})	36.40 m
Panjang antara garis tegak haluan dan buritan (L_{BP})	31.50 m
Lebar (B)	8.70 m
Tinggi (H)	2.65 m
Sarat (T)	1.65 m
Kecepatan (V_S)	10.5 knot
Luas proyeksi lateral bidang tangkap angin (A_L)	36.40 m ²
Luas proyeksi melintang bidang tangkap angin (A_F)	93.61 m ²
Luas proyeksi lateral bangunan atas (A_{OD})	187.21 m ²
Titik pusat bidang tangkap angin terhadap midship (C)	-0.558 m
Titik berat proyeksi lateral terhadap dasar (H_C)	0.720 m
Titik berat proyeksi melintang terhadap dasar (H_L)	4.930 m
Tinggi proyeksi melintang bidang tangkap angin (H_{BR})	10.73 m

Tabel 2 Geometri kemudi dan baling-baling

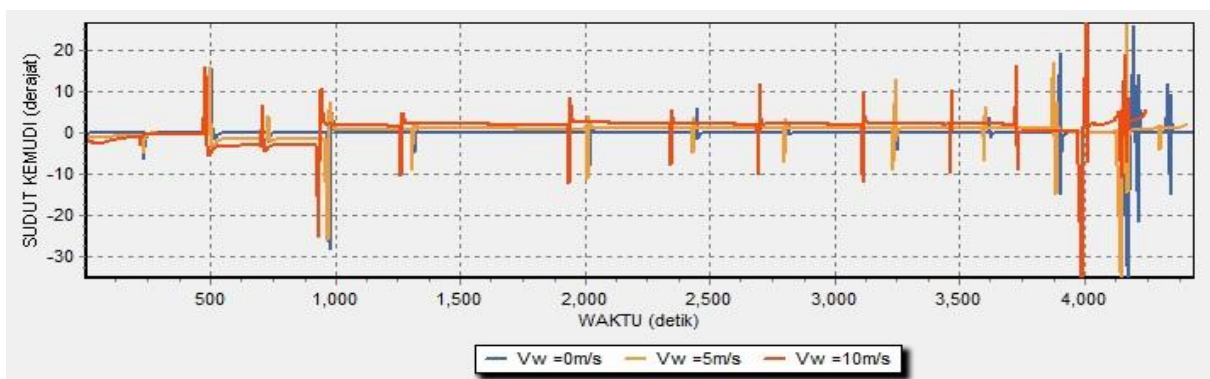
Items	Dimension
Jumlah propeller	2
Jumlah daun propeller (Z)	4
Diameter propeller (D_P)	1.10 m
Putaran propeller (n)	8.58 rps
Jarak sumbu propeller terhadap centerline (y_P)	± 2.55 m
Jarak propeller terhadap midship (x_P)	15.50 m
Luas daun kemudi (A_R)	2.08 m ²
Koefisien kemudi (f_Λ)	2.10
Jarak kemudi terhadap centerline (y_R)	± 2.55 m
Jarak kemudi terhadap penampang midship (x_R)	15.75 m

3. Hasil dan Pembahasan

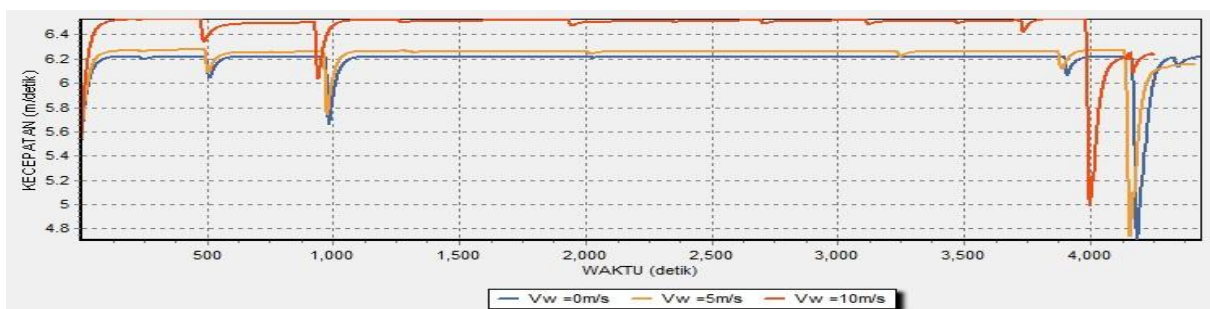
Hasil simulasi numerik performa olah gerak berupa lintasan, sudut kemudi serta kecepatan kapal untuk kondisi tanpa angin dan gelombang serta kombinasi angin dan gelombang dengan kecepatan angin 5 m/detik dan 10 m/detik dengan tinggi gelombang 0.25 meter dan 0.5 meter ditunjukkan pada Gambar 3 – 5.



Gambar 3 Lintasan kapal untuk arah angin dari utara



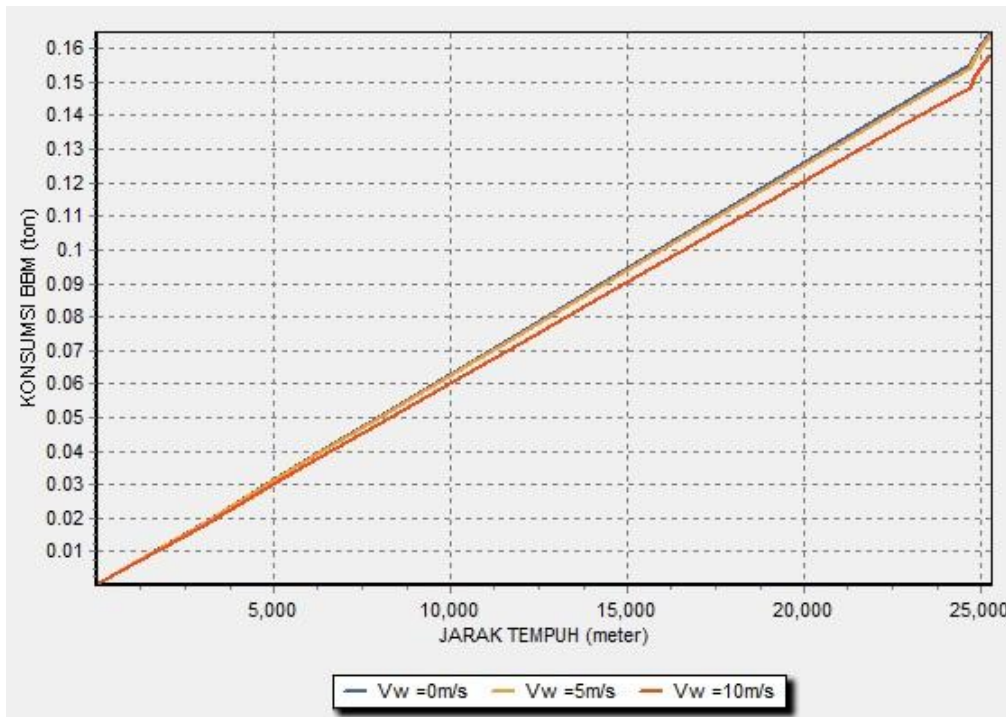
Gambar 4 Sudut kemudi untuk angin dan gelombang dari utara



Gambar 5 Variasi kecepatan operasi kapal untuk arah angin dan gelombang dari utara

Angin dan gelombang mengakibatkan kapal bergeser dari lintasan yang telah ditentukan sehingga untuk kembali ke lintasan semula, dibutuhkan kinerja kemudi dengan sudut kemiringan tertentu. Besar dan arah sudut kemiringan kemudi tergantung pada kecepatan angin dan arah darang angin relatif terhadap badan kapal. Perubahan arah angin relatif terhadap badan kapal disebabkan oleh perubahan arah haluan kapal. Pada saat kapal berangkat sampai kapal menempuh jarak 5200 meter, gaya dan momen angin serta gelombang bekerja pada sisi kanan kapal. Pada saat kapal berbelok menuju pelabuhan tujuan, bagian sisi kiri kapal yang terkena angin dan gelombang sehingga terjadi perubahan arah putar kemudi dari simpangan ke kiri menjadi simpangan ke kanan. Makin tinggi kecepatan angin dan makin besar tinggi gelombang, sudut kemudi yang dibutuhkan untuk mempertahankan kapal tetap pada lintasan yang telah ditentukan juga semakin besar.

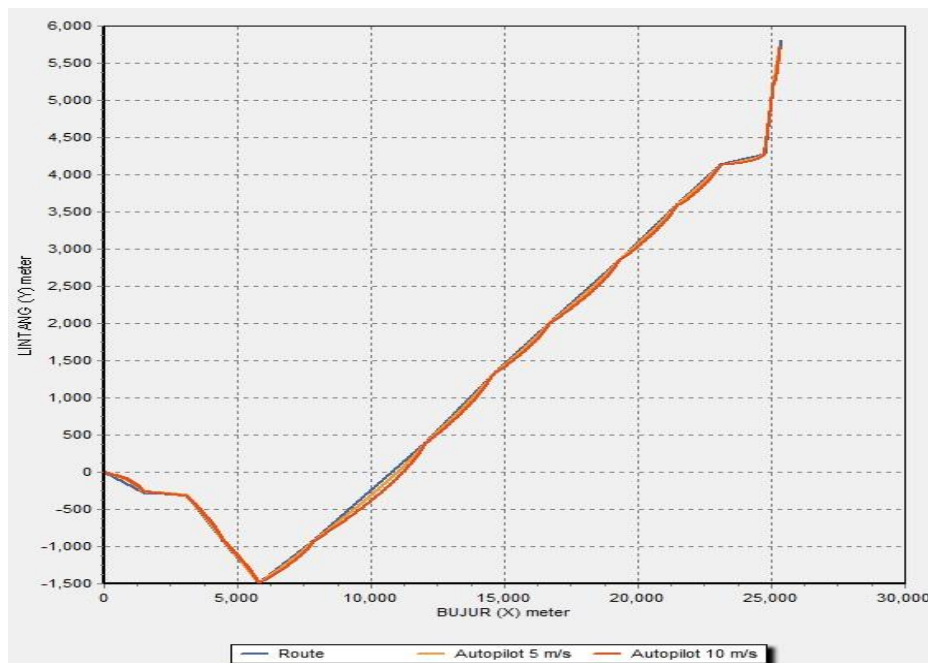
Makin tinggi kecepatan angin dan makin besar tinggi gelombang, kecepatan kapal juga semakin besar. Pada saat angin dan gelombang datang dari arah utara, arah angin dan gelombang relatif terhadap badan kapal lebih besar dari 90 derajat (dari arah buritan kapal) sehingga gaya angin dan gelombang cenderung akan menambah daya dorong pada kapal. Resultan gaya dorong menjadi semakin besar dan oleh karena itu, kecepatan kapal semakin tinggi. Gambar 5 menunjukkan bahwa makin besar kecepatan angin, perubahan kecepatan kapal juga semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari perubahan kecepatan kapal dari tanpa angin dan gelombang menjadi kecepatan angin 5 m/detik dengan tinggi gelombang 0.25 meter tidak signifikan dibandingkan dengan perubahan kecepatan kapal dari kecepatan angin 5 m/detik dengan tinggi gelombang 0.25 meter menjadi kecepatan angin 10 m/detik dengan tinggi gelombang 0.5 meter. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan konsumsi bahan bakar tidak linear dengan perubahan kecepatan angin. Oleh karena itu, konsumsi bahan bakar juga akan semakin kecil akibat kenaikan kecepatan kapal pada saat arah angin dari utara. Perubahan konsumsi bahan bakar seperti halnya penambahan kecepatan kapal akibat angin dan tinggi gelombang juga tidak linear dengan perubahan kecepatan angin seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Total konsumsi bahan bakar pada kecepatan angin 5 m/detik dengan tinggi gelombang 0.25 meter hampir sama dengan total konsumsi bahan bakar pada saat kapal berlayar tanpa pengaruh angin dan gelombang. Ketika kecepatan angin menjadi 10 m/detik dengan tinggi gelombang 0.5 meter, konsumsi bahan bakar berkurang secara signifikan. Makin lama waktu operasi, penurunan konsumsi bahan bakar semakin besar karena selain dipengaruhi oleh waktu pelayaran, total konsumsi bahan bakar juga tergantung pada konsumsi bahan bakar spesifik mesin.



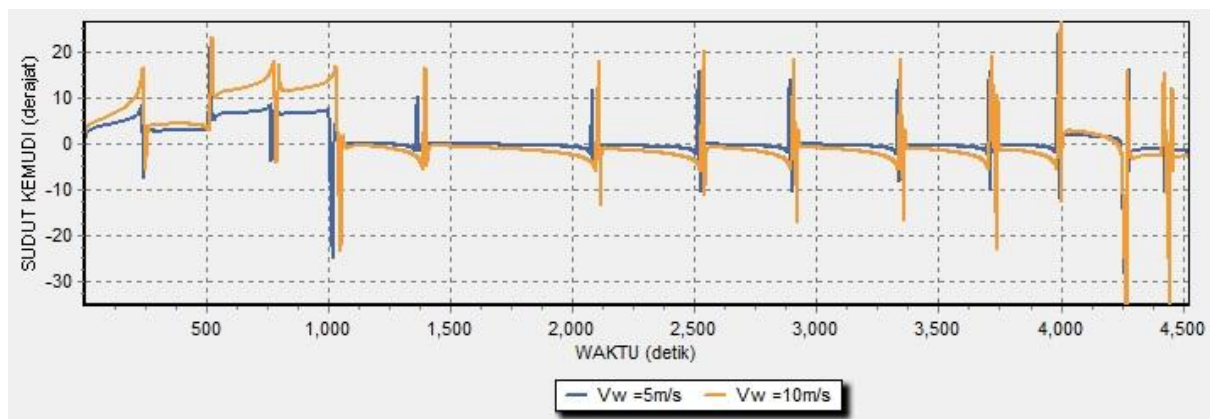
Gambar 6 Konsumsi bahan bakar untuk arah angin dan gelombang dari utara

Pada proses disain kapal, kebutuhan bahan bakar diestimasi berdasarkan kecepatan operasi sesuai dengan permintaan pemilik kapal. Asumsi yang sama juga digunakan dalam menganalisis ekonomi operasi kapal dimana biaya konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan hasil estimasi kebutuhan bahan bakar sesuai dengan kecepatan operasi kapal. Pengaruh angin dan gelombang atau gangguan lain dalam pelayaran diantisipasi dengan menambahkan bahan bakar cadangan sebesar 10 persen dari total kebutuhan bahan bakar. Sesuai dengan hasil simulasi, total konsumsi bahan bakar untuk satu kali pelayaran tanpa pengaruh angin dan gelombang sekitar 0.165 ton sedangkan pada kecepatan angin 10 m/detik dengan tinggi gelombang 0.5 meter adalah 0.158 ton atau lebih kecil 0.007 ton dari hasil estimasi disain. Kebutuhan bahan bakar ini dapat menjadi lebih kecil untuk kecepatan angin yang lebih tinggi serta tinggi gelombang yang lebih besar tetapi faktor keamanan dalam pelayaran khususnya yang berhubungan dengan gerak kapal harus dipertimbangkan.

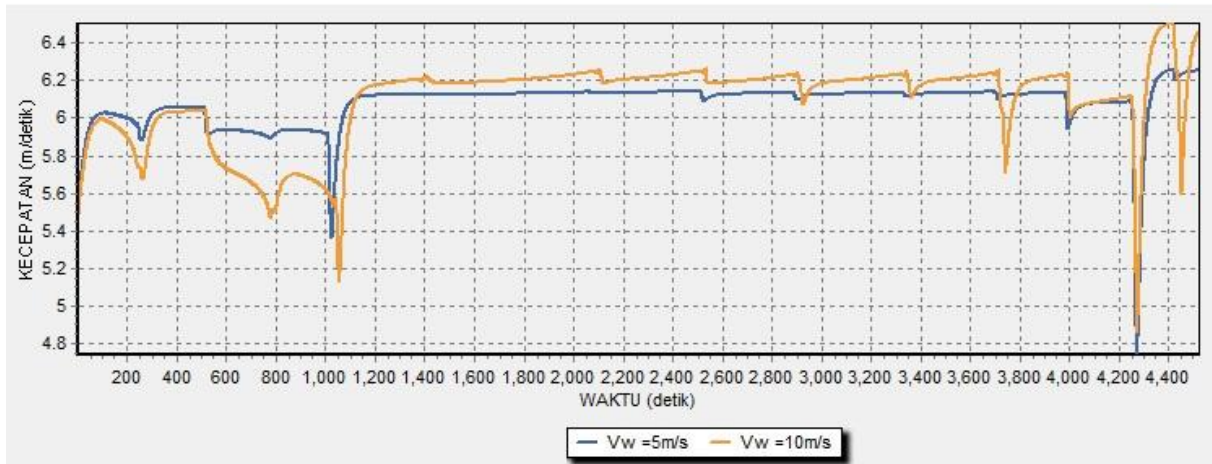
Pada arah datang angin yang berbeda, pengaruh angin dan gelombang terhadap performa olah gerak juga akan berbeda. Simulasi yang sama dilakukan untuk arah datang angin dari arah timur sebagai arah datang angin dominan pada lintasan pelayaran yang dijadikan lokasi pengambilan data. Hasil simulasi berupa lintasan kapal, sudut kemudi serta kecepatan kapal untuk arah angin dari timur dengan kondisi angin dan gelombang yang sama ditunjukkan pada Gambar 7 – 9.



Gambar 7 Lintasan kapal untuk arah angin dari timur

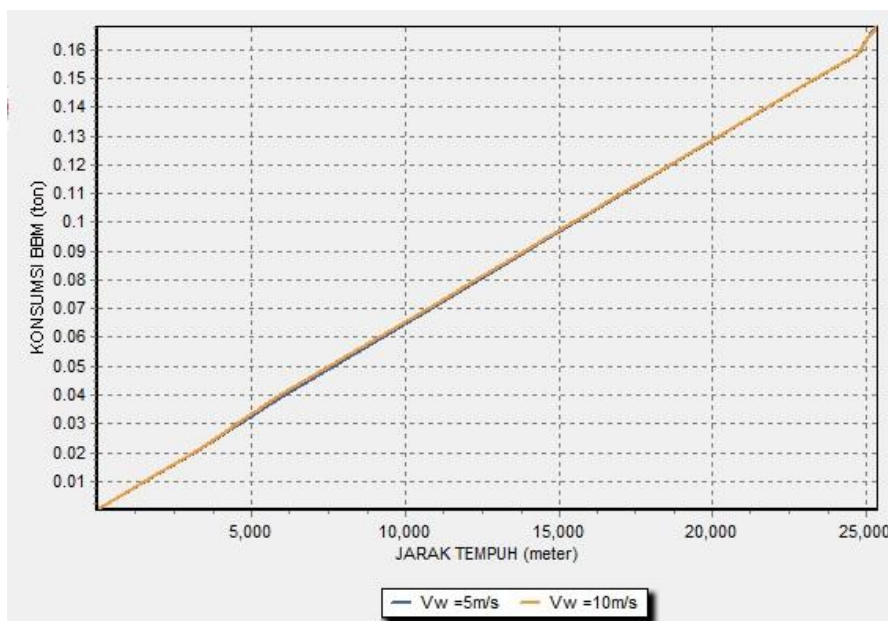


Gambar 8 Sudut kemudi untuk angin dan gelombang dari timur



Gambar 9 Variasi kecepatan operasi kapal untuk arah angin dan gelombang dari timur

Seperti halnya pada arah angin dari utara, hasil simulasi untuk arah angin dari timur juga menunjukkan bahwa kapal bergeser dari lintasan yang telah ditentukan akibat kerja gaya angin dan gelombang. sudut kemiringan kemudi yang dibutuhkan agar kapal kembali kelintasan yang telah ditentukan. Makin tinggi kecepatan angin serta makin besar tinggi gelombang, sudut kemudi yang dibutuhkan untuk mempertahankan kapal tetap pada jalur yang telah direncanakan semakin besar. Ketika arah angin dari timur, arah datang angin relatif terhadap kapal adalah dari samping kapal. Untuk kondisi angin datang dari samping badan kapal, kapal akan mengalami drift maksimum. Besar sudut kemudi yang dibutuhkan untuk mempertahankan kapal tetap pada jalur yang telah ditetapkan lebih besar dibandingkan dengan sudut datang angin yang lain. Perubahan kecepatan kapal akibat perubahan kecepatan angin dari 5 m/detik menjadi 10 m/detik adalah 6.1 m/detik menjadi 6.2 m/detik. Perubahan ini lebih kecil dibandingkan dengan ketika arah angin dari utara. Kecepatan kapal ketika arah angin dari utara juga lebih besar dibandingkan dengan kecepatan kapal pada saat angin dari arah timur untuk semua kecepatan angin dan tinggi gelombang. Oleh karena itu, konsumsi bahan bakar pada saat angin dari timur lebih besar dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar pada saat arah angin dari utara khususnya pada saat kecepatan angin sama dengan 10 m/detik atau lebih dengan tinggi gelombang tidak kurang dari 0.5 meter. Hasil eatimasi total konsumsi bahan bakar berdasarkan simulasi numerik dengan arah angin dari timur ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Konsumsi bahan bakar untuk arah angin dan gelombang dari timur

Total konsumsi bahan bakar pada kecepatan angin 5 m/detik hampir sama dengan total konsumsi bahan bakar pada saat kecepatan angin 10 m/detik. Adanya perubahan jalur mengakibatkan perubahan arah angin relatif terhadap kapal sehingga pada jalur tertentu, konsumsi bahan bakar semakin besar dengan bertambahnya kecepatan angin tetap pada jalur yang lain, pertambahan kecepatan angin mengakibatkan total konsumsi bahan bakar semakin kecil khususnya ketika arah angin relatif terhadap kapal dari arah buritan kapal. Pemilihan jalur pelayaran menjadi penting dalam hubungan dengan waktu berlayar dan kecepatan operasi kapal yang mana berhubungan langsung dengan konsumsi bahan bakar kapal.

4. Kesimpulan

Simulasi numerik olah gerak kapal dan konsumsi bahan bakar pada salah satu lintasan penyeberangan telah dilakukan untuk 2 arah datang angin, kecepatan angin serta tinggi gelombang yang berbeda. Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat dibuat sebagai berikut:

1. Performa olah gerak kapal sangat tergantung pada arah datang angin relatif terhadap kapal sehingga total konsumsi bahan bakar dapat berbeda meskipun kecepatan angin dan tinggi gelombang sama tetapi arah berbeda. Untuk lintasan yang dianalisis, total konsumsi bahan bakar pada arah angin dari utara adalah 0.165 ton sedang apabila arah angin dari timur total bahan bakar yang dibutuhkan adalah 0.17 ton atau lebih besar 0.005 ton untuk kecepatan angin 5 m/detik tetap untuk kecepatan angin 10 m/detik, kenaikan kebutuhan bahan bakar menjadi 0.012 ton.
2. Untuk kondisi cuaca ekstrim, selain perubahan kecepatan, perubahan torsi mesin akibat resultan gaya dan momen yang bekerja pada kapal juga berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik, oleh karena itu, pengaruh perubahan torsi terhadap kebutuhan bahan bakar perlu dipertimbangkan dimasa yang akan datang.

Daftar Notasi

a_H	: faktor interaksi lambung dan kemudi
$B(x)$: lebar kapal
$d(x)$: sarat kapal
I_{zz}	: momen inersia massa pada arah yaw
J	: angka maju propeller
K_T	: koefisien daya dorong propeller
k	: bilangan gelombang
m	: massa kapal
N	: total momen dalam arah yaw
N_A	: momen angin dalam arah yaw
N_H	: momen hidrodinamika lambung dalam arah yaw
N_R	: momen akrobat kemudi dalam arah yaw
N_W	: momen gelombang dalam arah yaw
r	: kecepatan sudut yaw
\dot{r}	: percepatan sudut yaw
$S(x)$: luas penampang melintang
$S_y(x)$: massa tambah penampang dalam arah sway
u	: kecepatan surge
\dot{u}	: percepatan surge
v	: kecepatan sway
\dot{v}	: percepatan sway
w_p	: wake friksi propeller
X	: total gaya dalam arah surge
X_A	: Gaya angin dalam arah surge
X_H	: gaya hidrodinamika lambung dalam arah surge
X_R	: gaya akrobat komudi dalam arah surge
X_W	: gaya gelombang dalam arah surge
x_G	: jarak titik berat terhadap midship

x_H	: pusat interkais lambung dan kemudi terhadap penampang tengah kapal
x_R	: posisi kemudi terhadap penampang tengah kapal
Y	: total gaya dalam arah sway
Y_A	: gaya angin dalam arah sway
Y_H	: gaya hidrodinamika lambung dalam arah sway
Y_R	: gaya kemudi dalam arah sway
Y_W	: gaya gelombang dalam arah sway
z_R	: titik berat kemudi terhadap dasar kapal
ε_R	: rasio wake antara propeller dan lambung
κ_P	: koefisien interaksi antara propeller dan kemudi
ρ	: berat jenis air laut
ω	: frekwensi gelombang
ω_e	: encounter frequency gelombang
ζ_W	: amplitudo gelombang
ζ_G	: posisi kapal terhadap sumbu global
χ	: sudut datang angin dan gelombang
λ	: panjang gelombang

Referensi

- [1] Fujiwara, T., Ueno, M., Ikeda, Y. *Cruising Performance of a Large Passenger Ship in Heavy Sea*. Proceedings of the 16th International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE). San Francisco, USA. 2006; 304 – 311.
- [2] Paroka, D., Muhammad, A.H., Asri, S. Steady State Equilibrium of Ship Maneuvering under Combined Action of Wind and Wave. *Jurnal Teknologi (Science and Engineering)*. 2015; 76(1):67 – 75.
- [3] Paroka, D., Muhammad, A.H., Asri, S. Maneuverability of Ships with Small Draught in Steady Wind, *Jurnal Makara Seri Teknologi*. 2016; 20(1):24 – 30.
- [4] Chroni, D., Liu, S., Plessas, T., Papanikolaou, A. *Simulation Of The Maneuvering Behaviour Of Ships Under The Influence Of Environmental Forces*. Proceedings of the 16th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2015) Pula, Croatia. 2015.
- [5] Kamil, M.F., Paroka, D., Muhammad, A.H., Asri, S. *Automatic Control System for Preventing Ship Collisions Using Fuzzy Logic*, Proceedings of the International Conference on Ocean, Mechanical and Aerospace for Scientists and Engineers (OMASE), Trengganu, Malaysia. 2016.
- [6] Shih, Cia-Hung, Huang, Po-Shuang, Yamamura, S. dan Chen, Chen-Yuang. Design Optimal Control Of Ship Maneuver Patterns For Collision Avoidance : A Review. *Journal of Marine Science and Technology*. 2012; 20(2):111 – 121.
- [7] Spyrou, K.J. Yaw Stability of Ships in Steady Wind. *Journal of Ships Technology Research*. 1995; 42:21 – 30.
- [8] Munif, A., Umeda, N. Modelling Extreme Roll Motions And Capsizing Of A Moderate-Speed Ship In Astern Waves. *Journal of Society of Naval Architects of Japan*. 2000; 187:51 – 58.
- [9] Tsujimoto, M., Sogihara, N. *Prediction of Fuel Consumption of Ships in Actual Seas*. Proceedings of International Research Exchange Meeting on Ship and Ocean Engineering. Tokyo. 2012.
- [10] Lu, R., Turan, O., Boulougouris, E. *Voyage Optimisation: Prediction of Ship Specific Fuel Consumption for Energy Efficient Shipping*. Proceeding of Low Carbon Shipping Conference. London. 2013.
- [11] International Maritime Organization (IMO). MEPC 63/23 Annex 9. *2012 Guideline for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*. London. IMO. 2012.
- [12] Spyrou, K.J., Tigkas, I., Chatzis, A. Dynamics of a Ship Steering in Wind Revisited. *Journal of Ships Research*. 2007; 51(2):160 – 173.
- [13] Fang, M.C., Luo, J.H., Lee, M.L. A Nonlinear Mathematical Model for Ship Turning Circle Simulation in Waves. *Journal of Ship Research*. 2005; 49(2):69 – 79.

- [14] Yoshimura, Y. *Mathematical model for maneuvering ship motion (MMG Model)*. Proceedings of Workshop on Mathematical Model for Operations Involving Ship – Ship Interaction. Tokyo. 2005.
- [15] Yoshimura, Y., Masumoto, Y. *Hydrodynamic Database and Maneuvring Prediction Method with Medium – High Speed Merchant Ships and Fishing Vessels*. Proceedings of MARSIM 2012, the International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability. Singapore. 2012.
- [16] Kijima, K., Katsuno, T., Nakiri, Y., Furukawa, Y. On the Maneuvering Performance of a Ship with the Parameter of Loading Condition. *Journal Society of Naval Architects of Japan*. 1990; 168:141 – 148.
- [17] Carlton, J.S. *Marine Propellers and Propulsion*. Second Edition. London:Elsevier, Ltd. 2007:103 – 106.
- [18] Umeda, N., Hashimoto, H. Qualitative Aspects of Nonlinear Ships Motion in Following and Quartering Seas with High Forward Velocity. *Journal of Marine Science and Technology*, 2002; 6:111 – 121.