



AMTeQ 2017



Annual Meeting on Testing and Quality 2017

**Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian**

12th Annual Meeting on Testing and Quality
PUBLIKASI ILMIAH 2017 



LEMBAGA ILMU
PENGETAHUAN
INDONESIA
INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES



AMTeQ 2017

10 Oktober 2017

Graha Widya Bhakti Puspiptek
PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Banten

ISSN 1907-7459

PUSAT PENELITIAN SISTEM MUTU
DAN TEKNOLOGI PENGUJIAN
PUSPIPTEK 417 Tangerang Selatan
(021) 75871130/7 | amteq@mail.lipi.go.id

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
INDEKS PEMAHALAH.....	v
KOMITE AMTeQ	vi
SAMBUTAN KETUA AMTeQ 2017	viii
SAMBUTAN EDITOR AMTeQ 2017.....	ix

INSTRUMENTASI

Rancang Bangun Hidung Elektronik dan Jaringan Saraf Tiruan untuk Klasifikasi Bau Kopi Bubuk Robusta.. 1 <i>Using Electronic Nose and Artificial Neural Network for Categorizing the Odor of Robusta Coffee Powder</i> Aneke Rintiasti dan Hadid Tunas Bangsawan	
Desain Sistem Akuisisi Data untuk Load Cell Enam Komponen 9 <i>Designing Data Acquisition System for Six Components-Load Cell</i> Angga Dwi Saputra dan Wibawa Purabaya	
Verifikasi Analisis Numerik Melalui Uji Beban Statik Desain Struktur Plat Lantai Sistem Half-Slab Beton. 13 <i>Comparing the Results of Numerical Analysis and Static Load Test of Half-Precast Concrete Slab System</i> Hendro Fauzi	
Peningkatan Ketelitian Pemosisian Sensor Jarak Laser dengan Metode Kompensasi Kesalahan..... 17 <i>Improving the Positional Accuracy of Laser Displacement Sensor Using Error Compensation Method</i> Nasril	
Perancangan <i>Rectifier Antenna</i> Menggunakan Antena Mikrostrip <i>Log Periodic Dipole Array</i> 20 <i>Designing Rectifier Antenna Using Microstrip Log Periodic Dipole Array Antenna</i> Haryo Dwi Prananto dan Priyo Wibowo	
Karakterisasi Sensor Efek Hall (UGN3503) untuk Pengukuran Medan Magnetik Kumparan Berarus DC..... 24 <i>The Characterization of Hall Effect Sensor (UGN3503) for Measuring the Magnetic Field of DC Coil</i> Yudhistira dan Priyo Wibowo	
Karakterisasi Otomatisasi Penanganan Massa Tambahan Pada Cek Antara Pressure Balance 28 <i>The Characterization of Automatic Additional-Mass Handling for Pressure Balance Interval Checks</i> Gigin Ginanjar, Adindra V. Ega, dan R. Rudi Anggoro	
Sistem Pengaturan Lampu Standar Sebagai Sumber Acuan Suhu 32 <i>The Automation of Electric Current Input to A Temperature-Reference-Source Tungsten Lamp</i> Asep Insani	
Model Penanda Jarak Aman Antarkendaraan di Jalan Tol Berbasis Mekanik dan Optik 36 <i>The Model of Inter-Vehicle Safe Distance Marking Based on Mechanical and Optical Approaches</i> Sugiono	

SISTEM MUTU

Peningkatan Mutu Layanan Jasa Litbang dengan Memanfaatkan Teknologi Informasi 45 <i>Improving the Service Quality of a Research Institution Using Information Technology</i> Afi Nursyifa dan Alit Gumilang	
Implementasi Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2008 dalam Proses Produksi Produk Elektronika 49 <i>The Implementation of ISO 9001: 2008 Quality Management System in Electronics Production Process</i> Deny Suryana	
Perbaikan Proses Produksi Komoditi Kipas Angin di PT. SI Jawa Tengah 54 <i>Improving the Production Process of Electric Fan in PT.SI in Central Java</i> Deny Suryana	

Kondisi Pengujian Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Domesti.....	60
<i>Performance Testing Condition of Domestic Wastewater Treatment Plant</i>	
Elis Hastuti dan Sri Darwati	
Deskripsi Kepuasan Siswa Terhadap Tim Pengajar Keperawatan Anak Tahun Akademik 2012/ 2013	67
<i>The Description of Students' Satisfaction on a Team of Lecturers in a Nursing Academy</i>	
Herlina	
Persepsi Peternak Pada SNI 3141.1:2011 untuk Keberlanjutan Usaha Peternakan Sapi Perah Kabupaten Bogor	71
<i>The Perception of Farmers on SNI 3141.1:2011 to Ensure Business Sustainability in Bogor Dairy Farm Area</i>	
Wasito	
Quality Assurance Berbasis Phantom pada Ultrasonografi B-Mode.....	81
<i>Phantom-Based Quality Assurance for B-Mode Ultrasonography</i>	
Ernia Susana	
Evaluasi Personel untuk Operator dan Ahli Radiografi Berdasarkan ISO SNI 9712	89
<i>Personel Evaluation for Operator and Radiologist Based on ISO SNI 9712</i>	
Jepri Sutanto dan Pudji Sulisworo	
Studi Observasional Ketidaksesuaian Sistem Mutu di Sekolah Tinggi Farmasi Bandung.....	93
<i>Observational Study of Quality System Noncompliance in Bandung Pharmacy School</i>	
Eva Kusumahati dan Kosasih	
Pengembangan Prosedur Penetapan Kebijakan Mutu, Sasaran Mutu, dan Rencana Kerja di UMKM Berdasarkan ISO 9001:2015	101
<i>Developing Procedure to Determine Quality Policy, Objectives, and Action Plan in SMEs Based on ISO 9001:2015</i>	
Tri Rakhmawati dan I Gede Mahatma Yuda Bakti	
Perbaikan Proses Bisnis: Rekomendasi untuk UMKM (Studi Kasus CV. XYZ).....	113
<i>Business Process Improvement: Recommendations for SMEs (CV. XYZ)</i>	
Sih Damayanti	
Analisis Pengendalian Kualitas untuk Meminimalkan Kerusakan Produk (Pure Pisang PT."XX")	121
<i>Analysing Quality Control Process to Minimize Product Defects (Banana Puree in PT. "XX")</i>	
Djoko Agustono dan Robby Anzil Firdaus	
Analisis Internal Tata Kelola SDM pada IKM X Berbasis Sistem Manajemen Mutu	129
<i>Internal Analysis of Human Resource Management in SME Based on Quality Management System</i>	
M. Azwar Massijaya, N.J. Astrini, I.G.M. Yuda Bakti, Medi Yarmen, Tri Rakhmawati, Sih Damayanti	
Validasi Implementasi SNI ISO 9712:2014 dalam Sertifikasi Personel Uji Tak Rusak Radiografi	139
<i>Validating the Implementation of SNI ISO 9712:2014 for Personnel Certification: Radiography NDT</i>	
Ratih Luhuring Tyas, Siswoto, Widjanarko, Baskan Hanurajie, dan Budi Santoso	
Upaya Pengendalian Kualitas Produk Pensil 2B Menggunakan Metode Six Sigma (PT.XYZ)	143
<i>Controlling Product Quality Using Six Sigma Method (PT.XYZ)</i>	
Renty Anugerah Mahaji Puteri dan Rendra Amukti Kusuma	
 STANDARDISASI	
Kebijakan Standardisasi Industri di Indonesia: Tinjauan Undang-Undang RI No.3/2014	149
<i>Industry Standardization Policy in Indonesia: A Review of Government Regulation 3/2014</i>	
Anugerah Yuka Asmara	
Kajian Mutu Kulit Bagian Atas Alas Kaki-Kulit Boks	157
<i>A Quality Assessment of Calfskin Used as Footwear Material</i>	
Dona Rahmawati, Sugeng, dan Diana Tri Asmorowati	

Pengembangan SNI 6774:2008 dalam Penilaian Kesesuaian Instalasi Pengolahan Air 163 <i>A Review of SNI 6774:1008 to Assess the Quality of Water Treatment Plant</i> Fitrijani Anggraini dan Elis Hastuti	163
Kajian Standar Sarung Tangan untuk Kontak Pangan 169 <i>The Standard of Food-Contact Gloves: A Review</i> Hesty Eka Mayasari dan Noor Maryam Setyadewi	169
Pengembangan Standar Pengujian Komposisi Sampah 177 <i>Developing Standard Testing for Waste Composition</i> Sri Darwati	177
Standardisasi Sebagai Basis Pelaksanaan <i>Clearing House</i> Teknologi Nuklir 183 <i>Standardization As The Operational Basis of Nuclear Technology Clearing House</i> I Wayan Ngarayana dan Suzie Darmawati	183
Validasi Metode AOAC 963.15 untuk Menetapkan Kadar Lemak pada Tempe 191 <i>AOAC 963.13 Method Validation to Determine Fat Content in Tempe Using Interlaboratory Study</i> Harmoko dan Nurmalia	191

TEKNOLOGI PENGUJIAN

Analisis Perbandingan Emisi Konduksi Lampu LHE dan LED Tipe Bulb 195 <i>Comparing the Conducted Emissions of Energy-Saving Lights and LED</i> Agung Yanuar Wirapraja	195
Pengaruh Arus Pengisian Daya Pada Emisi Konduksi Telepon Genggam 201 <i>The Effect of Charging Current to Mobile Phone's Conducted Emission</i> Agung Yanuar Wirapraja dan Ika Prawesty Wulandari	201
Perancangan Alat Uji Kekuatan Struktur Sayap Pesawat Udara Tanpa Awak Menggunakan Metode Whiffletree 206 <i>Design of Unmanned Aircraft Wing Testing Apparatus Using Whiffletree Method Study Case: LSU-05</i> Aryandi Marta, Nanda Wirawan, Encung Sumarna, dan Riki Ardiansyah	206
Penentuan Suhu <i>Internal Wiring</i> pada Kipas Angin Listrik 213 <i>Determining the Temperature of Internal Wiring of Electric Fan</i> Hadid Tunas Bangsawan	213
Pengaruh Kecepatan Motor Terhadap Beban Tekan pada Alat Triaxial Digital Kapasitas 5.000 N 217 <i>The Effect of Motor Speed on Pressure: 5000 N Triaxial Digital</i> Hikmadi Arafat dan Hendri Maja Saputra	217
Pengendalian dan Pengukuran Kadar Air dalam Bahan Bakar Gas di Sektor Transportasi 221 <i>Controlling and Measuring the Moisture Content in Compressed Natural Gas</i> Lisna Rosmayati dan Yayun Andriani	221
Perlakuan Panas pada Baja Lapis Seng Kelas Lunak untuk Memenuhi Nilai Kekerasan Sesuai SNI 227 <i>Standard-Compliant Heat Treatment on Zinc-Coated Steel with Soft Hardness</i> Magdalena Feby Kumayasari dan Arif Indro Sultoni	227
Pengaruh Penambahan Ni terhadap Sensor Magnetoresistan 231 <i>The Effect of Ni Doping on Magnetoresistance Sensor</i> Marjuki Zulziar, Budhy Kurniawan, dan Sitti Ahmiatri Saptari	231
Pengaruh Uji Rutin pada Keseragaman Produksi Peralatan Listrik Rumah Tangga terhadap Mutu Produk Sesuai SNI IEC 60335-1:2009 237 <i>Ensuring the Safety of Household Appliances Through Routine Test Based on SNI IEC 60335-1:2009</i> Mohamad Marhaendra Ali	237

Pengaruh Tekanan Air Saat Uji Keselamatan Produk Pompa Air terhadap Nilai Masukan Daya dan Arus Sesuai SNI IEC 60335-2-41:2009	247
<i>The Effect of Water Pressure on Power and Current Input During Safety Testing of Water Pump: SNI IEC 60335-2-41:2009</i>	
Mohamad Marhaendra Ali	
Uji Kinerja pada Fasilitas Pengujian Kipas untuk Pendingin Mesin Otomotif	253
<i>Testing the Performance of Automotive Cooling Fans</i>	
Subagyo, Basir, dan Wahjoe Widodo	
Simulasi Penggabungan Dua Pasang Kumparan Helmholtz dengan Penambahan Sebuah Kumparan untuk Mendapatkan Medan Homogen yang Lebih Luas.....	257
<i>Combining Two Helmholtz Coil Pairs for Expanded Magnetic Field Homogeneity</i>	
Priyo Wibowo dan Yudhistira	
Memetakan Sumber Interferensi dari <i>Driver Inverter</i> dengan Lebih Akurat Menggunakan <i>Sniffer Probe</i> , <i>Contour Plot</i> , dan Foto Perangkat.....	263
<i>Improve Accuracy of EMI Sources Detection by Mapping Electric Field Level of The Electronic Module</i>	
Priyo Wibowo dan M. Imam Sudrajat	
Pengaruh Beban Kapasitif pada Receiver Port DC-LISN terhadap Nilai Impedansi	269
<i>The Effect of Capacitive Load in Receiver Port on Impedance Value of DC-LISN</i>	
Mohamad Khoiril Anam dan Priyo Wibowo	
Studi Karakterisasi Peralatan Elektromedik Mobile dengan Uji Vibrasi	277
<i>Characterizing Mobile Electromedical Device Using Vibration Test</i>	
Ihsan Supono dan Asep Rahmat Hidayat	
Pengujian Pelayaran Kapal Patroli Rawa TNI AL untuk Pemenuhan Standar Operasi Militer	281
<i>Sailing Test of Indonesian Navy's Swamp Patrol Boat: Military Operation Standard</i>	
Abid Paripurna, Samudro, Suwahyu, dan Noor Fauzy Ridwan	
Evaluasi Pengujian Hambatan Model Kapal Tanker dan Analisis Ketidakpastian	293
<i>The Evaluation on Resistance Model of Tanker Vessel and Uncertainty Analysis</i>	
Dian Purnamasari, I K A P Utama, dan I Ketut Suastika	

INDEKS PEMAKALAH

A

Abid Paripurna, 281
Adindra V. Ega, 28
Afi Nursyifa, 45
Agung Yanuar Wirapraja, 195,201
Alit Gumilang, 45
Aneke Rintiasti, 1
Angga Dwi Saputra, 9
Anugerah Yuka Asmara, 149
Arif Indro Sultoni, 227
Aryandi Marta, 206
Asep Insani, 32
Asep Rahmat Hidayat, 277

B

Basir, 253
Budhy Kurniawan, 231

D

Deny Suryana, 49,54
Dian Purnamasari, 293
Diana Tri Asmorowati, 157
Djoko Agustono, 121
Dona Rahmawati, 157

E

Elis Hastuti, 60,163
Encung Sumarna, 206
Ernia Susana, 81
Eva Kusumahati, 93

F

Fitrijani Anggraini, 163

G

Gigin Ginanjar, 28

H

Hadid Tunas Bangsawan, 1;213
Harmoko, 191
Haryo Dwi Prananto, 20
Hendri Maja Saputra, 217
Hendro Fauzi, 13
Herlina, 67
Hesty Eka Mayasari, 169
Hikmadi Arafat, 217

I

I Gede Mahatma Yuda Bakti, 101;129
I K A P Utama, 293
I Ketut Suastika, 293
I Wayan Ngarayana, 183
Ihsan Supono, 277
Ika Prawesty Wulandari, 201

J

Jepri Sutanto, 89

K

Kosasih, 93

L

Lisna Rosmayati, 221

M

M. Azwar Massijaya, 129
M. Imam Sudrajat, 263
Magdalena Feby Kumayasari, 227
Marjuki Zulziar, 231
Medi Yarmen, 129
Mohamad Khoirul Anam, 269
Mohamad Marhaendra Ali, 237;247

N

N.J. Astrini, 129
Nanda Wirawan, 206
Nasril, 17
Noor Fauzy Ridwan, 281
Noor Maryam Setyadewi, 169
Nurmalia, 191

P

Priyo Wibowo, 20;24; 257; 263;269
Pudji Sulisworo, 89

R

R. Rudi Anggoro, 28
Riki Ardiansyah, 206
Robby Anzil Firdaus, 121

S

Samudro, 281
Sih Damayanti, 113;129
Sitti Ahmiatri Saptari, 231
Sri Darwati, 60;177
Subagyo, 253
Sugeng, 157
Sugiono, 36
Suwahyu, 281
Suzie Darmawati, 183

T

Tri Rakhmawati, 101;129

W

Wahjoe Widodo, 253
Wasito, 71
Wibawa Purabaya, 9

Y

Yayun Andriani, 221
Yudhistira, 24; 257

KOMITE AMTeQ 2017

JUDUL

Publikasi Ilmiah Annual Meeting on Testing and Quality 2017

ISSN 1907-7459

EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Ir. Fatimah Zulfah Sabaroedin (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI)

EDITOR PELAKSANA

Dr. Agus Fanar Syukri (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI)

Dr. Dini Andiani (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian -LIPI)

Dr. Harry Arjadi (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI)

Dr. Ihsan Supono (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian -LIPI)

I Gede Mahatma Yuda Bakti, M.S.M (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian -LIPI)

GUEST EDITOR

Dr. Basrul Bahar, M.Eng.Sc. (Fakultas Teknik Elektro-Institut Teknologi Indonesia)

Dr. Ghufron Zaid, M.Sc. (Pusat Penelitian Metrologi-LIPI)

Dr. Hasballah Zakaria, S.T., M.Sc. (Sekolah Teknik Elektro dan Informatika -Institut Teknologi Bandung)

Dr. Ir. Djoko Sardjadi (Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara-Institut Teknologi Bandung)

Dr. Marga Alisjahbana (Institut Teknologi Indonesia)

Dr. Rahmat Nurcahyo (Teknik Industri-Universitas Indonesia)

Dr. Suprijanto, S.T., M.T. (Fakultas Teknologi Industri-Institut Teknologi Bandung)

Dr. Trina Fizzanty (Pusat Penelitian Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi-LIPI)

Drs. A. Rachman Mustar, M.Sc (National Standardization Agency-BSN)

Nurul Indarti, Sivilekonom, Cand Merc., Ph.D. (Fakultas Ekonomika dan Bisnis-Universitas Gadjah Mada)

Prof. Ir. Jimmy Pusaka, M.Sc. (Pusat Penelitian Metrologi-LIPI)

Retno Wulan Damayanti, S.T., M.T. (Teknik Industri-Universitas Sebelas Maret)

Sapdo Utomo, M.T. (Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik-LIPI)

Sik Sumaedi, S.T., M.M. . (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian -LIPI)

Sutrisno Salomo, M.T. (Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian -LIPI)

KOMITE PENGARAH

Pelindung:	Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Penasihat	Deputi Bidang Jasa Ilmiah-LIPI
Penanggung Jawab	Kepala P2SMTP-LIPI
Anggota:	Seluruh Kepala Bagian/ Bidang P2SMTP-LIPI

PANITIA PELAKSANA SEMINAR AMTeQ

<i>Ketua Pelaksana:</i>	<i>I Gede Mahatma Yuda Bakti, S.E., M.S.M.</i>
<i>Wakil Ketua:</i>	<i>Muhammad Imam Sudrajat, S.T.</i>
<i>Sekretaris:</i>	<i>Dini Chandra Sekar, S.E.</i>
<i>Bendahara:</i>	<i>Sugianti, S.E.</i>
<i>Sie Program:</i>	<i>Ika Fitriana Hapsari, S.E. (Koordinator)</i> Amelia Febri Ariani, S.T. Muh. Azwar Massijaya, S.E. Siddiq Wahyu Hidayat, S.Si., M.Biotech. Yoppy, S.T., M.Sc.
<i>Sie Sekretariat:</i>	<i>Anita Silvanawati, S.T.</i> Sylvia Selly Goentari Zul Ari Fadillah
<i>Sie Humas dan Dok:</i>	<i>Mohammad Khoirul Anam, S.Si. (Koordinator)</i> Ajib Haryanto, S.T. Haryo Dwi Prananto, S.Si. Qudsiyyatul Lailiyah, S.Si., M.Si Yana Mardiyana, S.Kom
<i>Sie Makalah:</i>	<i>Nidya Judhi Astrini, S.E. (Koordinator)</i> Iput Kasiyanto, S.T. Irawan Sukma, S.T. Rahmi Kartika Jati, S.T. Tri Rakhmawati, S.T., M.T. Yudhistira, S.Si.
<i>Sie Umum:</i>	<i>Dewi Indah Vebriyanti, S.E. (Koordinator)</i> Dodi Gunawan Endang Tejowati, S.E. Halifah Martino Kurnianto Hendrawan, S.A.P. Rizki Maulana, S.E. Wulung Akhmad Gozali

The Evaluation on Resistance Model of Tanker Vessel and an Uncertainty Analysis

Dian Purnamasari, I K A P Utama, and I Ketut Suastika

Abstract—The most important in designing a ship is determining the value of resistance when talking about the hydrodynamic performance of the ship. The International Towing tank Conference (ITTC) procedure is recommended for resistance tests. Uncertainty analysis should be in terms of the reliability of the test results. Total uncertainty for single run of the total resistance coefficient (C_T), and the residual resistance coefficient (C_R) of 17,500 DWT Tanker model scale of 1:25 with the dimension of $L = 5.980$ m, $B = 1.108$ m and $T = 0.280$ m at Froude number 0.107-0.188 corresponding velocity of 0.82-1.44 m/s conducted at Indonesian Hydrodynamics Laboratory (LHI)-BPPT. The continuous improvement of laboratory performance and consistency of quality testing services is need by the national shipbuilding industry and impact on the competitiveness of national products in regional and global markets.

Keywords—uncertainty analysis, tanker ship, resistance model

I. PENDAHULUAN

Hal yang paling utama dan penting dalam perancangan sebuah kapal adalah menentukan besarnya nilai hambatan (*resistance*) ketika berbicara tentang kinerja hidrodinamika kapal. Sekitar tahun 1890, pengujian hambatan model kapal telah dimulai. Berbagai pengujian dilakukan untuk mengevaluasi hambatan kapal dari semua jenis bentuk lambung kapal, yaitu bentuk yang spesifik/khusus dan kapal seri [1]. Metodologi, analisis pengujian dan ekstrapolasi untuk skala penuh mengikuti prosedur yang direkomendasi oleh *Internasional Towing tank Conference* (ITTC) [2].

Laboratorium pengujian model kapal (*Towing tank*) berfungsi untuk melakukan pengujian terhadap berbagai macam tipe model kapal dan bangunan laut lainnya. Untuk mempelajari performa desain bangunan laut, serta menyempurnakan desain-desain yang telah dilakukan dalam pengujian sebelumnya sehingga akan tercipta sebuah konstruksi yang optimal dari aspek hidrodinamika. Aspek ketertelusuran dan ketidakpastian metrologi merupakan indikator kunci untuk menilai kualitas hasil pengujian, antara lain untuk mengevaluasi reliabilitas hasil, untuk membuat perbandingan yang valid antara dua hasil atau lebih, mengevaluasi tingkat keyakinan terhadap keputusan yang akan diambil berdasarkan data tersebut, dan untuk menilai apakah hasil pengukuran/pengujian tersebut sesuai dengan tujuan penggunaannya (*fit for purpose*).

Semua percobaan hidrodinamika memiliki kesalahan (ketidakpastian) dalam hasil. Untuk alasan ini, penentuan kebenaran membutuhkan perkiraan untuk kesalahan percobaan, yang disebut sebagai ketidakpastian. Perkiraan ketidakpastian percobaan sangat penting untuk penilaian resiko dalam desain baik dalam menggunakan data secara

langsung atau di kalibrasi dan/atau memvalidasi metode simulasi. Satu-satunya peran analisis ketidakpastian (*uncertainty analysis*) adalah untuk menentukan kualitas data hasil pengujian. Model fisik terbaik bisa memiliki ketidakpastian yang tinggi karena pemilihan instrumentasi yang tidak memadai dan metode eksperimental yang kurang tepat atau sebaliknya model fisik yang lebih buruk berpotensi memiliki ketidakpastian yang lebih rendah dengan instrumentasi dan metode pengujian yang lebih baik [3].

Analisis ketidakpastian pengujian hambatan telah dilakukan oleh Joel T. Park dkk pengujian model CEHIPAR 2716 mendapatkan nilai ketidakpastian C_T yaitu ± 1.11 % pada Froude number 0,41 [4]. Delen, C and Bal, S melaksanakan pengujian hambatan model kapal KCS dan HSMV dengan metode ITTC 2002 dan 2014 dengan nilai ketidakpastian C_T yaitu 1.49% pada Froude number 0.16 [5]. Kampanye di seluruh dunia dipandu oleh Komite *Resistance* sejak konferensi ke-24 ITTC dan berlanjut sampai pada konferensi ke-27 ITTC tahun 2014 pelaksanaan analisis ketidakpastian pengujian hambatan model DTMB 5415 menemukan bahwa komponen dominan ketidakpastian yaitu akurasi dynamometer dan pengulangan (diperkirakan dengan tes ulang), perbandingan data uji dari total 11 *Towing tank* dengan 9 tes ulang pada setiap kecepatan nominal ($Fr=0,1, 0,28$ dan 0,41) [6]. *Internasional Towing tank Conference* (ITTC) mempunyai prosedur-prosedur yang direkomendasikan untuk pengujian hidrodinamika sebagai petunjuk dalam pelaksanaan pengujian. Dalam konferensi ITTC 2008, *International Organization for Standardization* (ISO) dan *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements* (ISO-GUM) merekomendasikan analisis ketidakpastian untuk pengujian hidrodinamika [7,8].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan meminimalisasi sumber ketidakpastian dan kesalahan pada pengujian hambatan kapal Tanker 17.500 DWT, untuk meningkatkan nilai kepercayaan (*confidence*) hasil pengujian hambatan model kapal Tanker sehingga reputasi laboratorium akan meningkat sehubungan dengan kualitas hasil pengujian dengan perkiraan ketidakpastiannya.

II. DASAR TEORI DAN METODE

A. Dasar Teori

1) *Analisis Dimensi untuk Hambatan Kapal*: Analisis dimensi sangat berguna dalam data analisis uji model kapal, yang dapat menyimpulkan hambatan/resistance kapal yang sesuai. Analisis dimensi didasarkan pada prinsip bahwa suatu persamaan yang menyatakan hubungan fisik harus mempunyai dimensi yang homogen. Dengan kata lain, unit fisik seluruh persyaratan pada kedua sisi dari persamaan harus sama [9].

Purnamasari Dian is with Balai Teknologi Hidrodinamika, BPPT, e-mail: dian.purnama@bppt.go.id (Corresponding author).

I K A P Utama is with Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Suastika I Ketut is with Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Jika gaya spesifik yang bekerja pada model harus mirip dengan yang bekerja pada obyek yang berskala penuh maka syarat berikut harus dipenuhi :

Kesamaan geometri. Kesamaan geometri ada/terjadi antara model dan prototipe jika rasio dari semua dimensi karakteristik pada model dan prototipe adalah sama. Rasio panjang kapal dengan panjang model biasanya digunakan untuk menentukan faktor skala.

$$\lambda_L = \frac{L_S}{L_M} = \text{skala panjang} \quad (1)$$

Kesamaan kinematis. Rasio kecepatan pada model harus sama dengan rasio kapal skala penuh.

$$\frac{V_S^2}{g_M L_M} = \frac{V_M^2}{g_S L_S} \text{ atau } \frac{V_S}{\sqrt{g_S L_S}} = \frac{V_M}{\sqrt{g_M L_M}} = Fr \quad (2)$$

V_S : Kecepatan Kapal
 V_M : Kecepatan Model
 L_S : Panjang Kapal
 L_M : Panjang Model
 g : Gravitasi
 Fr : Angka Froude
 λ_L : skala panjang

Dengan memakai harga angka Froude yang sama maka gaya yang diukur pada model dapat dikonversikan ke gaya skala penuh.

Kesamaan dinamis. Percobaan model yang dilakukan dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai besarnya gaya yang bekerja pada kapal maka harus ada kesamaan dinamis. Rasio antara viscositas dengan massa jenis disebut koefisien viskositas kinematis $\nu = \eta / \rho$ dalam penerapan bilangan Reynolds, dengan menyisipkan viscositas kinematis pada rasio antara gaya viscos pada model dan gaya viscos pada skala penuh, maka didapat:

$$\frac{V_M L_M}{\nu_M} = \frac{V_S L_S}{\nu_S} = Re \quad (3)$$

R: angka Reynolds

Kedua kesamaan dinamis dan geometri tidak dapat diperoleh pada model fisik yang sama karena R_n dan Fr pada model dan kapal tidak mungkin dicapai, maka kesamaan dinamis dapat dicapai dengan “*Corresponding Speed*”

$$V_M = V_S \frac{\nu_M L_S}{\nu_S L_M}, V_M = V_S \sqrt{\frac{L_M}{L_S}} \quad (4)$$

Koefisien Total Hambatan. Hambatan total model diukur dalam pengujian dinyatakan dalam bentuk nondimensional:

$$C_T = \frac{R_T}{0,5 \rho V^2 S} = f\left(\frac{VL}{\nu}, \frac{V}{\sqrt{Lg}}\right) = f(Re, Fr) \quad (5)$$

R_T : Hambatan total
 C_T : Koefisien hambatan total
 V : Kecepatan model atau kapal
 S : Permukaan basah

Ketika model dan prototipe mempunyai kesamaan geometri dan kedua koefisien berdimensi (Re, Fr) adalah sama, maka koefisien total hambatan harus sama.

Koefisien Hambatan Gesek. Koefisien hambatan gesek spesifik untuk permukaan bidang yang mempunyai aspek rasio yang tak terhingga di dalam aliran turbulen, dimana harga angka Reynold untuk kapal pada umumnya berada dalam rentang mulai 10^8 hingga 10^{10} .

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad (6)$$

C_F = Koefisien hambatan gesek

Koefisien Hambatan Sisa. Koefisien hambatan sisa (*Residuary resistance*) dapat dihitung :

$$C_R = C_T - C_F \quad (7)$$

2) *Analisis Ketidakpastian Pengujian Hambatan Kapal:* Metodologi ISO-GUM diterapkan dalam pengujian hidrodinamika dan beberapa pertimbangan tertentu yang harus diambil dalam analisis ketidakpastian pengujian hambatan kapal [10] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Apendiks). Sumber ketidakpastian yang signifikan dalam pengujian hambatan model kapal meliputi [11]:

1. Permukaan basah (geometri lambung yang tercelup air)
2. Kecepatan (kereta penarik)
3. Temperatur air kolam
4. Dinamometer (pengukur hambatan)
5. Tes ulang

Volume *displacement* model kapal mewakili permukaan basah lambung kapal, ketidakpastian yang berhubungan dengan geometri lambung di hitung:

$$u'_1(R_T) = u'(S) = \frac{2}{3} u'(\Delta) \quad (8)$$

Δ : *displacement*

Ketidakpastian kecepatan kereta penarik diperoleh secara kuantitatif dengan persamaan berikut:

$$u'_2(R_T) = 2u'(V) \quad (9)$$

Ketidakpastian relatif viskositas air dari temperatur dapat diperkirakan:

$$u'_3(R_T) = \frac{C_F}{C_T} \frac{0.87}{\log_{10} Re-2} u'(v) \quad (10)$$

Komponen ketidakpastian hambatan yang dihasilkan dari kalibrasi dinamometer diperkirakan dengan standar error estimasi (SEE)

$$u_4(R_T) = SEE \quad (11)$$

Komponen ketidakpastian standar dari uji tunggal dapat diperkirakan dengan persamaan berikut:

$$u'_5(R_T) = \frac{S_{dev}}{\bar{R}_T} \quad (12)$$

Analisis semua komponen ketidakpastian yang signifikan terkait dengan hambatan total dikombinasikan untuk mendapatkan keseluruhan ketidakpastian standar dengan metode RSS (*root of sum of square*):

$$u'_c = \sqrt{(u'_1)^2 + (u'_2)^2 + (u'_3)^2 + (u'_4)^2 + (u'_5)^2} \quad (13)$$

Ketidakpastian standar yang diperluas dengan tingkat kepercayaan (t) diperkirakan:

$$U_P(R_T) = k_P \cdot u_c(R_T) \quad (14)$$

B. Metode

Model kapal merupakan persyaratan utama untuk melaksanakan pengujian hambatan, model kapal ini dibuat berdasarkan gambar rencana garis yang di-skala dari kapal sebenarnya, Model uji pada penelitian ini yaitu model kapal Tanker 17.500 DWT. Ukuran utama kapal pada Tabel I (Apendiks).

Model kapal difabrikasi sesuai Prosedur Rekomendasi ITTC [12], dimana perhitungan ukuran, displasemen, toleransi, permukaan lambung dan posisi stimulasi turbulensi harus diperhitungkan dengan benar. Gaya tarik (*Tow force*) harus di garis LCB untuk menghindari efek trim, Model harus dihubungkan pada dinamometer dengan koneksi yang bisa

mentransmisikan dan mengukur hambatan horisontal. Pengujian hambatan kapal dilaksanakan di kolam (*Towing tank*) dimana model kapal di kaitkan pada Kereta Tarik (*Towing Carriage*) dan pengukuran hambatan kapal dengan *Dynamometer*. Kereta Tarik berjalan dengan kecepatan yang telah ditentukan sepanjang kolam dan pengukuran hambatan dilaksanakan pada saat kecepatan konstan [13]. Temperatur air harus diukur pada kedalaman setengah dari draft model kapal dengan menggunakan termometer [14].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian hambatan model kapal Tanker 17.500 DWT dilaksanakan di *Towing tank* Balai Teknologi Hidrodinamika-BPPT dengan ukuran kolam panjang 235 m, Lebar 11 m dan kedalaman 5,5 m. Pengujian hambatan pada kecepatan 0.62-1.44 m/s setara dengan kecepatan 6-14 knot pada kapal sebenarnya, dan pada angka Froude 0.081-0.188 berdasarkan persamaan 2. Suhu yang terukur saat pengujian yaitu 27,1°C. Gambar 4 menunjukkan pengujian pada kecepatan 0.82 m/det. Dari data hasil pengujian model kapal merupakan besarnya nilai hambatan total (R_T), kecepatan model dihitung menggunakan persamaan 4, pada Tabel II hasil pengujian hambatan pada kecepatan 1.03-1.54 m/s 4, Froude number 0.134-0.201 dihitung dengan persamaan 2 dan pada Reynolds number 7.515×10^6 - 1.127×10^7 dihitung dengan persamaan 3, perhitungan koefisien tahanan total (C_T) dengan persamaan 5, koefisien tahanan gesek (C_F) dengan persamaan 6 dan koefisien tahanan sisa (C_R) dengan persamaan 7, didapatkan nilai terbesar $C_T = 0,00460$ dan $C_R = 0.00166$ pada kecepatan 1.54 m/s dan *resistance* 46.26 N, sedangkan nilai terbesar $C_F = 0.00315$ pada kecepatan 1.03 m/s dan *resistance* 18.83. Berdasarkan grafik nilai koefisien tahanan total (C_T) terhadap Froude number (Fr) pada Gambar 5 dapat dilakukan analisisnya bahwa grafik menjelaskan kecenderungan grafik koefisien hambatan total yang terus bertambah tinggi maka hambatan yang dialami oleh kapal akan terus bertambah tinggi. Besar hambatan total kapal tergantung pada koefisien hambatan total seperti dinyatakan pada persamaan 5.

Prosedur ITTC menunjukkan penilaian ketidakpastian pengujian hambatan skala model di *towing tank*. Ketidakpastian total untuk penarikan tunggal (*single*) dapat dilihat pada Tabel III. Nilai ketidakpastian dihitung dengan persamaan 8- 13 menunjukkan bahwa uji tunggal (*single test*) nilai ketidakpastiannya terbesar dibandingkan dengan variabel lain yaitu 2,269% pada angka froude 0.134, sedangkan nilai ketidakpastian temperatur mempunyai nilai terkecil dari semua variabel. Dengan mengasumsikan bahwa distribusi kesalahan dengan pendekatan terbaik pada distribusi Gaussian, yaitu estimasi ketidakpastian yang dibuat pada tingkat kepercayaan 95 persen, $k_p = 2$. Pada Tabel IV menunjukkan nilai ketidakpastian yang dihitung dengan persamaan 14, Suhu yang terukur saat pengujian yaitu 27,1°C sehingga didapat nilai hambatan total (R_T) sebesar 18.83 – 46.26 N dan nilai koefisien hambatan total (C_T) sebesar 0.00421 -0.00460 dengan nilai ketidakpastian terbesar adalah 0.39 %.

Penerapan standar internasional pengujian hambatan kapal tanker berdasarkan rekomendasi *International Towing tank Conference* (ITTC) dan didapatkan nilai ketidakpastian sesuai dengan Benchmark ITTC untuk kapal KVLCC (*Krisco Very Large Crude Carrier*) yang di desain the Korean Institute of

Ships and Ocean Engineering (KRISO) dengan nilai ketidakpastian sebesar 0.2% seperti yang disampaikan oleh Larson dkk [15].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan, maka dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian dan analisis data pengujian hambatan model kapal Tanker 17500 DWT terdapat nilai ketidakpastian terhadap variabel yang mempengaruhi hasil pengujian menunjukkan nilai ketidakpastian pada lima variabel yang merupakan sumber dari kesalahan percobaan yaitu: permukaan basah, kecepatan, temperatur dan uji tunggal, analisis secara kuantitatif nilai ketidakpastian tertinggi sebesar 2.26% pada komponen uji tunggal dan nilai ketidakpastian terkecil pada komponen temperatur. Investigasi ketidakpastian secara kuantitatif dapat dilihat pada Tabel 3 sehingga meminimumkan kovariansi error, dan hasil estimasinya mendekati kondisi yang sebenarnya, dimana nilai ketidakpastian sebesar 2.269% pada hambatan total 18.83 N.
2. Ketidakpastian gabungan nilainya semakin menurun pada angka froude yang lebih besar
3. Peningkatan kinerja laboratorium dengan penerapan standar internasional pengujian hidrodinamika rekomendasi *International Towing tank Conference* (ITTC) secara berkesinambungan dan mampu bersaing sehingga sangat diperlukan oleh industri galangan kapal nasional dan dapat memberikan dampak bagi daya saing produk kapal nasional. Sehingga meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap konsistensi mutu jasa pengujian, dan meningkatkan daya saing di pasar regional dan global.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti yang memberikan beasiswa untuk melanjutkan Pendidikan S3 FTK ITS dan melakukan penelitian. Ucapan terimakasih juga kepada Dr. Taufiq Arif Setyanto selalu Kepala BTH BPPT untuk koordinasi dan pemberian izin dalam pengujian di *Towing tank*.

REFERENSI

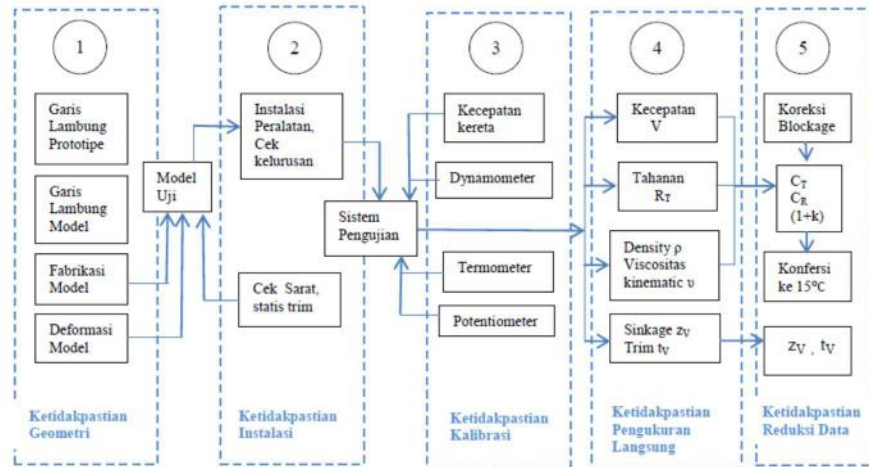
- [1] Molland, A.F. Turnock, S.R. and Hudson, D.A., 2011, *Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power*, Cambridge University Press
- [2] ITTC, 2014, "Testing and Data Analysis Methods, Resistance Test," ITTC Procedure 7.5-02-02-01.
- [3] Coleman, H.W., Steele, W.G., 2009. *Experimentation, Validation, and Uncertainty Analysis for Engineers*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [4] Joel T. Park, Toby J. Ratcliffe, Lisa M. Minnick, and Lauren E. Russell, (2010), *Test Results and Uncertainty Estimates for CEHIPAR Model 2716*, The 29th American Towing tank Conference Annapolis, Maryland.
- [5] Delen, C., Bal, S., 2015. Uncertainty Analysis of Resistance Tests in Ata Nutku Ship Model Testing Laboratory of Istanbul Technical University, *Journal of Maritime and Marine Sciences* Volume: 1 Issue: 2 (2015) 8-27
- [6] ITTC, 2014c, Resistance Committee Report, Proceedings of 27th International Towing tank Conference, Copenhagen, Denmark

- [7] ISO (1995). *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, International Organization for Standardization, ISBN 92-67-10188-9
- [8] ITTC, (2008). *Proceedings of 25th Volume II, The Specialist Committee on Uncertainty Analysis*, Fukuoka, Japan.
- [9] Edward V. Lewis (1988). *Principles of Naval Architecture Second Revision*, Volume II, Published by The Society of Naval Architects and Marine Engineers 601 Pavonia Avenue Jersey City, ISBN No. 0-939773-01-5.
- [10] ITTC, 2014a, General Guidelines for Uncertainty Analysis in Resistance Tests, ITTC Procedure 7.5-02-02-02.
- [11] ITTC, 2014b, Example for Uncertainty Analysis of Resistance Tests in Towing tank, ITTC Procedure 7.5-02-02-02.1.
- [12] ITTC, 2011, Model Manufacture Ship Models, ITTC Procedure 7.5-01-01-01.
- [13] ITTC, 2014, "Testing and Data Analysis Methods, Resistance Test," ITTC Procedure 7.5-02-02-01.
- [14] ITTC, 2011, Density and Viscosity of Water, ITTC Procedure 7.5-02-01-03.
- [15] Lars Larsson, Frederick Stern, and Volker Bertram (2003). Benchmarking of Computational Fluid Dynamics for Ship Flows: The Gothenburg 2000 Workshop, *Journal of Ship Research*, Vol. 47, No. 1, pp. 63-81

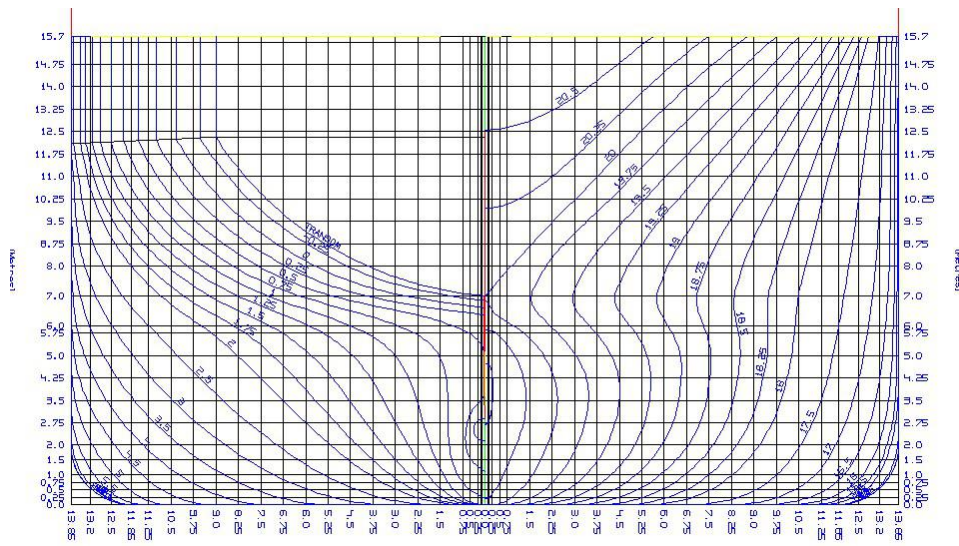
PERTANYAAN DAN JAWABAN PRESENTASI ILMIAH

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Pengujian dilakukan dengan air tenang atau air bergelombang? Jika pengujian dilakukan di air tenang, apakah ada pengaruhnya ke pengujian? Berkaitan dengan model uji di kolam tadi, apakah skala model kapal terkait dengan lebar kolam uji ? karena ada efek gelombang balik.	Pengujian hambatan (Resistance) bisa dilaksanakan pada kondisi air tenang dan air bergelombang, pada penelitian ini adalah pengujian hambatan pada kondisi air tenang (Calm water). Telah disampaikan pada hasil dan pembahasan bahwa terdapat nilai ketidakpastian terhadap variable yang merupakan sumber dari kesalahan percobaan yaitu: permukaan basah, kecepatan, temperatur dan uji tunggal, analisis secara kuantitatif nilai ketidakpastian tertinggi sebesar 2.26% pada komponen uji tunggal dan nilai ketidakpastian terkecil pada komponen temperatur. Pada metodologi dan teknik pengukuran telah disampaikan bahwa lebar model kapal adalah 1.108 meter dan lebar kolam adalah 11 meter sehingga rasio perbandingan adalah 1:11 maka tidak akan terjadi gelombang balik (Blockage effect) dan di prosedur ITTC jika rasio perbandingan adalah 2:1 akan terjadi gelombang balik sehingga harus dilakukan blockage corrections.
2	Pengujian kapal kecuai pada variabel-variabel yang disebutkan tadi saya belum melihat variabel viskositas air, misalkan kadar garam. Padahal itu menentukan gesekan. Apakah memang dalam ITTC tidak dicantumkan tentang kekentalan air itu sendiri? Masalah kadar garamnya terutama	Kekentalan (Density) dan viskositas (Viscosity) air dalam tangki ditentukan oleh suhu air pada saat pengujian, yaitu 27,1°C dan dihitung sesuai dengan Prosedur ITTC 7.5-02-01-03. Telah disampaikan pada dasar teori bahwa ketidakpastian viskositas dihitung dengan persamaan 10 dimana nilai koefisien gesek dan koefisien hambatan total mempengaruhi nilai ketidakpastian.

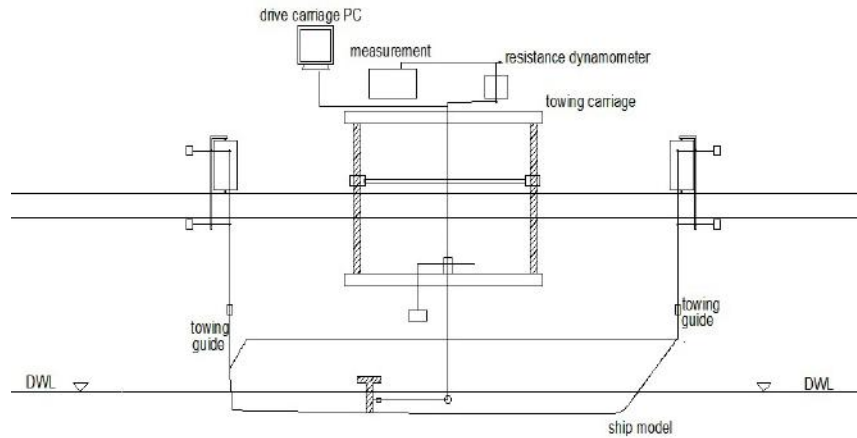
APENDIKS



Gambar 1 Diagram skematik pengujian hambatan (ITTC 7.5-02-02-02, 2014)



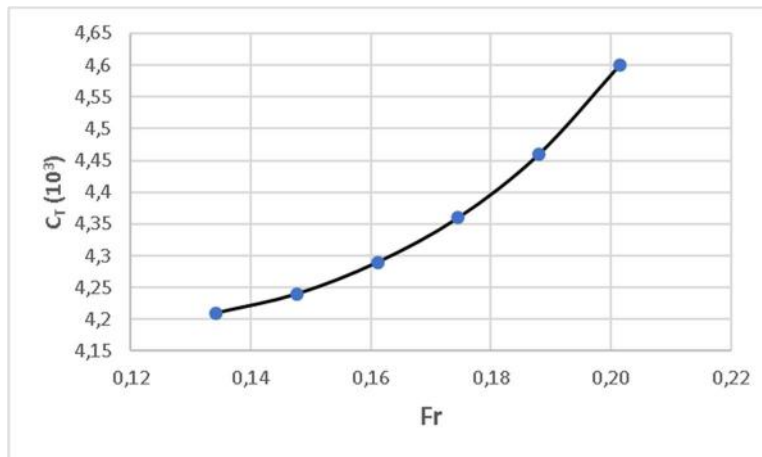
Gambar 2 Bodyplan Tanker 17.500 DWT



Gambar 3 Set Up Pengujian



Gambar 4 Pengujian Hambatan Kecepatan 1.23 m/det



Gambar 5 Grafik Koefisien Hambatan

TABEL I
UKURAN UTAMA KAPAL TANKER 17.500

Uraian	Simbol	Kapal	Model	Satuan
Panjang	L	149,50	5,980	m
Lebar	B	27,70	1,108	m
Sarat	T	7,00	0,280	m
Displasemen	∇	23,46	1,500	m ³
Permukaan basah lambung	S	5370	8,592	m ²
Skala			25	

TABEL II
HASIL PENGUJIAN HAMBATAN

V_s knot	V_M m/s	R_M N	$Fr = V / \sqrt{gL}$	$Re = \frac{VL}{\nu}$	$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho S V^2}$	$C_f = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2}$	$C_R = C_T - C_f$
10	1,03	18,83	0,134	7,515E+06	0,00421	0,00315	0,00106
11	1,13	22,93	0,148	8,267E+06	0,00424	0,00310	0,00114
12	1,23	27,64	0,161	9,018E+06	0,00429	0,00305	0,00124
13	1,34	32,93	0,175	9,770E+06	0,00436	0,00301	0,00135
14	1,44	39,10	0,188	1,052E+07	0,00446	0,00297	0,00149
15	1,54	46,26	0,201	1,127E+07	0,00460	0,00294	0,00166

TABEL III
NILAI KETIDAKPASTIAN PENGUJIAN HAMBATAN

Komponen Ketidakpastian	F_r					
	0,134	0,148	0,161	0,175	0,188	0,201
Permukaan basah	0,130 %	0,130 %	0,130 %	0,130 %	0,130 %	0,130 %
Kecepatan	0,067 %	0,067 %	0,067 %	0,067 %	0,067 %	0,067 %
Temperatur	0,065 %	0,052 %	0,046 %	0,035 %	0,028 %	0,020 %
Dinamometer	0,092 %	0,085 %	0,076 %	0,072 %	0,067 %	0,060 %
Uji Tunggal	2,261 %	1,944 %	1,826 %	1,719 %	1,834 %	1,768 %
Ketidakpastian Gabungan	2,269%	1,952%	1,834%	1,727%	1,837%	1,775%

TABEL IV
NILAI KETIDAKPASTIAN DIPERLUAS ($k_p=2$) PADA HAMBATAN DAN KOEFISIEN HAMBATAN

F_r	$T=27,1^{\circ}\text{C}$		
	U' ($t=2$)	R	C_T
0,134	0,39 %	$18,83 \pm 0,39$ %	$0,00421 \pm 0,39$ %
0,148	0,27 %	$22,93 \pm 0,27$ %	$0,00424 \pm 0,27$ %
0,161	0,19 %	$27,64 \pm 0,19$ %	$0,00429 \pm 0,19$ %
0,175	0,11 %	$32,93 \pm 0,11$ %	$0,00436 \pm 0,11$ %
0,188	0,09 %	$39,10 \pm 0,09$ %	$0,00446 \pm 0,09$ %
0,201	0,08 %	$46,26 \pm 0,08$ %	$0,00460 \pm 0,08$ %