

# BUKU PROSIDING

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2019

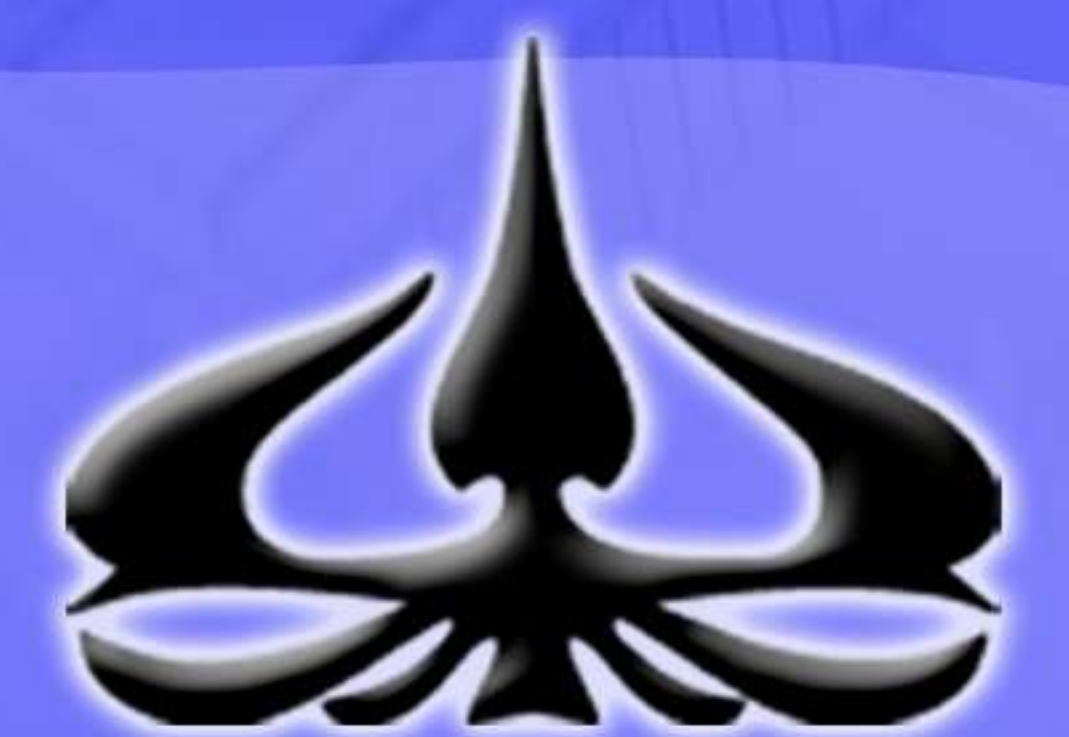
# SNTTM XVIII

## Inovasi Maju dalam Teknik Mesin untuk Pembangunan Berkelanjutan

### KEYNOTE SPEAKERS:

- Associate Prof. Dr. Eng. Nobumasa Sekishita  
Toyohashi University of Technology, Japan
- Prof. Emeritus Yoshihiro Narita  
Professor Emeritus of Hokkaido University, Japan
- Ir. Sigit Puji Santosa, MSME, Sc.D., IPU  
Director of LPIK, Institut Teknologi Bandung

9 - 10 Oktober 2019  
Aston Kartika Grogol Hotel & Conference Center  
Jakarta, Indonesia



Diselenggarakan oleh:  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Trisakti

Didukung oleh:



SEMEN BATURAJA



PT. Ostenco Promitra Jaya



KAMUSAKTI

mandiri

BNI

**Didukung oleh :**



SEMEN BATURAJA



PT. Ostenco Promitra Jaya



KAMUSAKTI



ISSN 2623-0313



**Diterbitkan oleh :**

**©2019. Badan Kerjasama Teknik Mesin (BKSTM)**

**Sekretariat : Jl. Margonda Raya, Pondok Cina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424**

9 772623 031204

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena hanya dengan rahmat-Nya buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XVIII dapat diterbitkan. SNTTM XVIII dengan tema “Inovasi Maju dalam Teknik Mesin untuk Pembangunan Berkelanjutan” merupakan kegiatan tahunan Badan Kerja Sama Teknik Mesin (BKS-TM) Indonesia. SNTTM kali ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti (Usakti) pada tanggal 9-10 Oktober 2019 di Hotel Aston Kartika Grogol, Jakarta. Dengan terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia yang semakin erat dan baik dalam pengembangan peran ilmu teknik mesin dalam mendukung pembangunan nasional. Bersamaan dengan SNTTM XVIII kali ini, BKS-TM juga mengadakan kegiatan seminar internasional yang pertama kalinya, yang bernama *International Symposium on Advances and Innovations in Mechanical Engineering (ISAIME)*. ISAIME dan SNTTM XVIII diselenggarakan secara bersamaan dengan kepanitiaian dilakukan oleh Program Studi Teknik Mesin Usakti.

Artikel ilmiah pada prosiding SNTTM XVIII dilakukan seleksi dalam dua tahap: 1) seleksi abstrak untuk kegiatan seminar dan 2) seleksi makalah lengkap untuk prosiding daring. Pada seminar kali ini terdapat 135 makalah lengkap yang diseminarkan yang berasal dari berbagai institusi. Dari 135 makalah, tujuh makalah terpilih untuk diterbitkan di Jurnal Teknik Mesin Indonesia (JTMI). Oleh karena itu, pada prosiding SNTTM XVIII terdapat 128 artikel ilmiah, dengan perincian 46% pada bidang konversi energi, 18% konstruksi mesin, 16% teknik manufaktur, 18% rekayasa material dan 2% pendidikan teknik mesin. Sebagai informasi, artikel ilmiah yang diterbitkan pada prosiding ISAIME berjumlah 49 artikel.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada BKS-TM Indonesia, para pimpinan Program Studi Teknik Mesin, pembicara utama, sponsor, para pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi aktif atas terselenggaranya SNTTM XVIII dan terbitnya prosiding dari acara ini. Kami selaku panitia pelaksana juga memohon maaf atas kekurangan dan ketidaksempurnaan yang terjadi dalam keseluruhan proses penyelenggaraan seminar dan penerbitan buku prosiding. Akhir kata, semoga prosiding SNTTM XVIII ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Salam,

Daisman P.B. Aji, Ph.D

Ketua Panitia SNTTM XVIII

## PROFIL PEMBICARA UTAMA

Dalam rangkaian acara SNTTM XVIII telah diselenggarakan Sesi Pembicara Utama pada hari Rabu, 9 Oktober 2019, pukul 10.05-11.50 WIB. Acara tersebut dilaksanakan di *ballroom* Hotel Aston Kartika Grogol, Jakarta. Tiga pembicara telah hadir dan memberikan presentasinya dalam Sesi Pembicara Utama SNTTM XVIII.



### Profesor Yoshihiro Narita

Penasihat akademik JICA, Expert di C-BEST project. Beliau merupakan lulusan dari Universitas Hokkaido tahun 1974. Memulai karir sebagai dosen di Hokkaido Institute of Technology pada tahun 1980 – 1985. Menjabat sebagai Guru Besar di Fakultas Teknik, Universitas Hokkaido (*Division of Human Mechanical Systems and Design*) semenjak tahun 1991. Bidang penelitian mencakup *Composite Structures, Optimum Design, Systems Engineering, Computational Mechanics, Engineering Education*. Beliau pernah menjabat sebagai Ketua Cabang Hokkaido *Japan Society of Mechanical Engineers (JSME)* tahun 2008-2009 dan mendapat *Division Award for international contribution*. Selain itu, beliau merupakan anggota asosiasi *Japan Society of Mechanical Engineers, International Symposium on Vibration on continuous Systems, International Advisory Committee, Japan Reinforced Plastics Society, International Steering Committee, Society of Automotive Engineers of Japan, Japan Society of Kansei Engineering, The Japan Society for Science Policy and Research Management, dan Japanese Education Research Association*.



### Dr.Eng. Nobumasa Sekishita

Peneliti dan pengajar di Departemen Teknik Mesin, Toyohashi University of Technology, dengan jabatan sebagai *Associate Professor*. Beliau juga merupakan lulusan doktor dari universitas tersebut. Bidang penelitiannya mencakup *Fluid Dynamics* yaitu, *Wind Tunnel Experiment of Turbulent Shear Flow, Development of Flow Measurements and Analysis*, di mana beliau menginvestigasi fenomena pada *Buoyancy jet* pesawat jet dan *sphere wake* menggunakan Terowongan Angin. Beliau juga merupakan anggota Perhimpunan Akademik *Japan Society of Mechanical Engineers, Japan Society of Fluid Mechanics, The Physical Society of Japan, dan The Visualization Society of Japan*.



### **Ir. Sigit Puji Santosa, MSME, ScD, IPU**

- Direktur Lembaga Pengembangan Inovasi dan Kewirausahaan (LPIK) Institut Teknologi Bandung
- NIDN : 0019076702
- Scopus ID: 6701602153

#### RESEARCH AREAS

1. Hybrid and Electric Vehicle
2. Extended Range Electric Vehicle (EREV)
3. Solid Mechanics and Plasticity
4. Computational Structural Mechanics
5. CAD/CAE
6. Structural Crashworthiness/Blastworthiness
7. Occupant protection
8. Ultralight metal body structures
9. Armored Fighting Vehicles
10. Product Development: Car, SUV, Bus, LRT

#### EDUCATION

1. Massachusetts Institute of Technology, USA  
Degree / year : Doctor of Science, Sc.D. / 1999  
Major : Mechanical Engineering / Computational structural mechanics
2. Massachusetts Institute of Technology, USA  
Degree / year : Master of Science of Mechanical Engineering, MSME / 1997  
Major : Mechanical Engineering / Applied Mechanics
3. Institut Teknologi Bandung, Indonesia  
Degree /Year : Engineer, Ir. / 1991 (First class honor)  
Major : Mechanical Engineering / Structural Mechanics

#### PROFESSIONAL EXPERIENCES

1. Director, Institute for Innovation and Entrepreneurship Development, LPIK-ITB (2018-current)
2. Director, National Center for Sustainable Transportation Technology (CCR-NCSTT) (2017-current)
3. Chairman, Task Force for National Railway Center - NRC ITB (2016-current)
4. Faculty Staff - Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering, FTMD-ITB (2014-current)
5. Research Scientist - Center for Industrial Engineering PRI-ITB, Light Weight Structure Laboratory, Bandung (2014-current)
6. Global Engineering Group Manager, Global Small, Compact, Crossover, Hybrid/EREV Vehicles (2010-2013)
7. Vehicle Crashworthiness and Safety Integration (2010-2013)
8. General Motors Company, Warren, MI (2010-2013)
9. Performance Integration Team Leader – Safety for Chevrolet Equinox, GMC Terrain, Cadillac SRX, SAAB SUV, and Next Generation Buick Compact Vehicle (2005-2010)
10. Safety & Crashworthiness Dept., General Motors Corp., Warren, MI (2005-2010)
11. Lead Performance Engineer for Cadillac DTS, Buick Lucerne, Chevrolet HHR (2004-2005)

12. Safety & Crashworthiness Department, General Motors Corp., Warren, MI. (2004-2005)  
Lead Performance Engineer for the Cadillac XLR, Corvette C6, Corvette Z06 (1999-2004)
13. Safety & Crashworthiness Dept., General Motors Corp., Warren, MI (1999-2004)  
Postdoctoral Associate, Impact & Crashworthiness Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (1999) Research Assistant, Joint MIT/Industry Consortium on Ultralight Metal Structures, Massachusetts Institute of Technology (1996-1999)
14. Teaching Assistant, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology (1996-1999)
15. Research Fellow, Finite Element Research Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (1994-1996)

#### SCHOLARSHIPS, VISITING PROGRAMS

1. Indonesian Aerospace Industry Scholarship (1994-1996)
2. MIT Research Assistant (1996-1998)
3. MIT Teaching Assistant (1998-1999)
4. MIT Post-Doctoral Fellowship (1999)

#### AWARDS

1. Insinyur Profesional Utama (IPU), Indonesian Professional Engineer, 2017.
2. Royal Academy of Engineering Industry Academia Partnership Programme Award, Newton Fund, 2017.
3. Scopus/Google Scholar Impact Factor H-Index = 9
4. Technical Committee Member for ASEAN New Car Assessment Program
5. GM Chairman Honor Recipient – Best of the best engineering achievement for 2006 Corvette Z06 - All aluminum car design execution, 2006.
6. GM Chairman Honor Recipient – Best of the best engineering achievement on structural design solution for Cadillac DTS & Buick Lucerne rocker reinforcement, 2007.
7. 2007 Design for Six Sigma (DFSS) Green Belt Certification, 2017.
8. 2011 Design for Six Sigma (DFSS) Black Belt Certification, 2011.

## **TOPIK DAN SEBARAN MAKALAH**

1. Konversi Energi : 59 Makalah
2. Konstruksi Mesin : 23 Makalah
3. Teknik Manufaktur : 21 Makalah
4. Rekayasa Material : 23 Makalah
5. Pendidikan Teknik Mesin : 2 Makalah

## TENTANG BKS-TM

Badan Kerja Sama Teknik Mesin Indonesia (BKS-TM) adalah suatu organisasi yang dibentuk pada pertemuan ketua jurusan/program studi/departemen Teknik Mesin perguruan tinggi se-Indonesia pada tanggal 29 Mei 2002 di Jurusan Teknik Mesin ITS. Anggota dari BKS-TM adalah lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan teknik mesin atau yang sejenis.

Tujuan pendirian BKS-TM adalah untuk:

- 1) menciptakan kondisi yang kondusif untuk meningkatkan kerja sama antar perguruan tinggi teknik mesin dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi
- 2) meningkatkan interaksi perguruan tinggi anggota dengan lembaga lain
- 3) meningkatkan sumber daya anggota dalam menjawab tantangan dan persaingan.

Saat ini keanggotaan BKS-TM sudah mencapai lebih dari 30 program studi Teknik Mesin yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



## TENTANG SNTTM

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh BKS-TM sebagai sarana untuk berbagi riset dan teknologi terbaru serta berbagi pengalaman terhadap pemecahan permasalahan di bidang keilmuan teknik mesin dalam lingkup nasional. Konferensi ini juga memberi kesempatan kepada para akademisi, pihak industri, komunitas, maupun para penentu kebijakan untuk membahas aktivitas dan kolaborasi di masa depan.

SNTTM XVIII bertujuan untuk mempertemukan para peneliti, profesional industri, dan mahasiswa dari disiplin ilmu Teknik Mesin. SNTTM XVIII, yang bertemakan “Inovasi Maju di Teknik Mesin untuk Pembangunan Berkelanjutan”, menawarkan lingkungan yang menarik dan merangsang peserta untuk berdiskusi dan bertukar pikiran mengenai hasil penelitian ilmiah terbaru. Pada tahun 2019 kali ini, seminar diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti (Usakti), pada tanggal 9-10 Oktober 2019 di Hotel Aston Kartika Grogol, Jakarta.

BKS-TM telah menyelenggarakan 17 kali SNTTM dengan tempat penyelenggara yang bergantian sebagai berikut:

1. SNTTM I (2002) dilaksanakan di ITS, Surabaya.
2. SNTTM II (2003) dilaksanakan di Unand, Padang.
3. SNTTM III (2004) dilaksanakan di Unhas, Makasar.
4. SNTTM IV (2005) dilaksanakan di Unud, Denpasar.
5. SNTTM V (2006) dilaksanakan di UI, Jakarta.
6. SNTTM VI (2007) dilaksanakan di Unsyiah, Banda Aceh.
7. SNTTM VII (2008) dilaksanakan di Unsrat, Manado.
8. SNTTM VIII (2009) dilaksanakan di Undip, Semarang.
9. SNTTM IX (2010) dilaksanakan di Unsri, Palembang.
10. SNTTM X (2011) dilaksanakan di Unibraw, Malang.
11. SNTTM XI (2012) dilaksanakan di UGM, Yogyakarta.
12. SNTTM XII (2013) dilaksanakan di Unila, Bandar Lampung.
13. SNTTM XIII (2014) dilaksanakan di UI, Jakarta.
14. SNTTM XIV (2015) dilaksanakan di Unlam, Banjarmasin.
15. SNTTM XV (2016) dilaksanakan di ITB, Bandung.
16. SNTTM XVI (2017) dilaksanakan di ITS, Surabaya.
17. SNTTM XVII (2018) dilaksanakan di Undana, Kupang.

## **SUSUNAN KEPANITIAAN**

### **Penanggungjawab**

Prof. dr. Ali Gufron Mukti, M.Sc, Ph.D (Pjs. Rektor, Universitas Trisakti)  
Prof. Dr. Ir. Indra Surjati, MT (Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti)

### **Penasehat**

Dr. Ario Sunar Baskoro, ST, MT, M.Eng (Universitas Indonesia)  
Ir. Tono Sukarnoto, MT (Universitas Trisakti)  
Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, ST, M.Eng (Universitas Trisakti)

### **Panitia Pelaksana**

Ketua: Daisman P.B. Aji, ST, Ph.D  
Acara: Dr. Ir. Dorina Hetharia, M.Sc  
Sekretaris: Renny, SH, MH  
Bendahara: Tumini, SH  
Publisitas & Website:  
Achdianto, ST, MM  
Abigunto, ST  
Fajar Rahadian, ST  
Khaerul Rozy  
Sponsorship: Ir. Noor Eddy, MT  
Perlengkapan & Transportasi:  
Ir. Yusep Mujalis, MT  
Achmad Gozali

### **Editor**

Daisman P.B. Aji, ST, Ph.D  
Dr. Ir. Sally Cahyati, MT  
Dr. Ir. Triyono, MS  
Dr. Ir. Sjahrul Annas, MT

## **REVIEWER**

Prof. Dr. Chalilullah Rangkuti  
Prof. Dr. Agustinus Purna Irawan  
Dr. Triyono  
Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo  
Dr. Sally Cahyati  
Rosyida Permatasari, Ph.D  
Dr. Supriyadi N.S.  
Dr. Sentot Novianto  
Daisman P.B. Aji, Ph.D  
Dr. Willyanto  
Dr. Juliana Anggono  
Harto Tanujaya, Ph.D  
Dr. M. Sobron Yamin Lubis  
Dr. Erwin Siahaan  
Dr. Ekadewi Anggraini Handoyo  
Dr. Oegik Soegihardjo  
Dr. H. Dedi Lazuardi  
Dr. Steven Darmawan  
Dr. Abrar Riza  
Tono Sukarnoto, MT  
Noor Eddy, MT  
Jamal M. Afiff, M.Eng  
Gatot Santoso, MT  
Toto Supriyono, MT

## DAFTAR ISI

KONVERSI ENERGI [KE]		
KODE MAKALAH	JUDUL MAKALAH	HALAMAN
KE01	Performance Test Of Indirect Evaporative Cooler By Primary Air Flow Rate Variations <i>Bambang Yuniyanto, Fredy B. Hasugia, Berkah Fajar T.K., Nazarudin Sinaga</i>	KE01.1-7
KE02	Exergy and Energy Analysis of a Steam Power Plant Unit 3 at Tanjung Jati B with a Capacity of 660 MW <i>M.S.K. Tony Suryo Utomo, Eflita Yohana, Ignatius Apyando M.</i>	KE02.1-9
KE03	Exergy and Energy Analysis of a 660 MW Tanjung Jati B Unit 2 Steam Power Plant <i>Eflita Yohana, Tony Suryo Utomo, Fery Fahmi L</i>	KE03.1-8
KE04	PERBANDINGAN PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS BUANG BAHAN BAKAR RON 90 DAN RON 92 <i>Yos Nofendri, M. Fajri Hidayat, Achmad Qibal</i>	KE04.1-9
KE05	Effect of Blade Profile Models on Savonius Wind Turbine Performance <i>Eka Sari Wijianti, Saparin, Yudi Setiawan, Aufar Fathul Karim</i>	KE05.1-5
KE06	Analysis of Pressure and Flow Patterns on Two-Phase (air-water) Flow in Horizontal Pipes with Scalloped Groove <i>Gufon Saiful Bachri, Rudy Soenoko dan Denny Widhiyanuriyawan</i>	KE06.1-5
KE07	Effect of Surface Roughness on Pool Boiling Heat Transfer Coefficient <i>Muhammad Dimiyati Nashrullah, Antonius Adhika Angkasa, Moses Gregory Ginting, Adhika Widyaparaga, Indro Pranoto</i>	KE07.1-10
KE08	Analysis of Heat Loss During Heating on Heater Element Segment Prototype for RCCS-RDNK Test Module <i>Malfin Alif Syafrial, Iwan Setyawan, R.R. Sri Poernomo Sari, Rahayu Kusumastuti, Mulya Juarsa, Dedy Haryanto, G. Bambang Heru K., Giarno</i>	KE08.1-5
KE09	Heat Effectiveness Rate Of Heater Tank Based On Temperature Variation in Pre-Fassip-02 Mod.01 Loop <i>Soelistianingsih Amelia Ramadhani Atmohadikusumo, M. Hadi Kusuma, Sri Poernomo Sari, Iwan Setiawan, G. Bambang Heru K., dan Mulya Juarsa</i>	KE09.1-8
KE10	EFFECT OF AIRFOIL SHAPE ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF VERTICAL ROTOR WIND TURBINES <i>Mochammad Resha, Andree Yohanes, dan Ridwan</i>	KE10.1-4

KE11	Effectiveness Of RPV Wall Heater In Heater Element Segment Prototype For RCCS-RDNK Test <i>Alviandy Rizky Utomo, Iwan Setyawan, R.R. Sri Poernomo Sari, Mukhsinun Hadi Kusuma, Rahayu Kusumastuti, Mulya Juarsa, Dedy Hayanto, G. Bambang Heru K. dan Giarno</i>	KE11.1-6
KE12	LAJU ALIRAN SIRKULASI ALAM OUTLET TANGKI PEMANAS BERDASARKAN VARIASI TEMPERATUR HEATER PADA UNTAI Pre-FASSIP-02 Mod.01 <i>Ade Suryana, Sri Poernomo Sari, Iwan Setyawan, G. Bambang Heru K., Mulya Juarsa, Ryan Oktaviandi</i>	KE12.1-7
KE13	Analysis of Aerodynamic Drag on Egrecif Etanol Vehicle Model <i>Nasaruddin Salam, Rustan Tarakka dan Fikri Fausi Takdir</i>	KE13.1-6
KE14	Analysis of The Effect of Windshield Slant Angles on Aerodynamic Drag of Minibus-Type Vehicles <i>Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam, Mellinda Yusuf dan Musrifah</i>	KE14.1-6
KE15	Microwave Pyrolysis of Sugarcane Bagasse Waste <i>Andi Erwin Eka Putra dan Novriany Amaliyah</i>	KE15.1-4
KE16	The Efficiency of Drying Chamber for Egg Racks Made From Scrap Paper Using Rice Husk Stoves <i>Zuryati Djafar, Wildan Ginda, Wahyu H. Piarah, Zulkidli Djafar, Nasruddin Aziz</i>	KE16.1-4
KE17	EXPERIMENTAL STUDY OF CROSSFLOW TURBINES WITH VARIATIONS FLOW GUIDE IN RUNNER FOR SEA WAVE POWER PLANTS <i>Rizky Risdianto, Ismail dan Erlanda Augupta Pane</i>	KE17.1-10
KE18	ANALYSIS OF AIR PRESSURE DROP IN CEMENT TRANSFER PIPELINES USING PNEUMATIC CONVEYING <i>Angga Christiawan, Ramon Trisno</i>	KE18.1-5
KE19	Kalibrasi Sensor Temperatur Termokopel Tipe K dan DS18B20 Pada Temperatur Es Mencair dan Air Mendidih Sistem Dengan Akuisisi Data (DAQ) Berbasis Arduino <i>Arbi Riantono, Bambang Teguh, Raldi Artono Koestoer</i>	KE19.1-6
KE20	PRELIMINARY STUDY OF POWER GENERATION MODELS IN SPEED BUMPS <i>Hayyu Nabilah, Paryana Puspaputra, dan Rahmat Riza</i>	KE20.1-5
KE21	Comparison of Utilization of Physical Activated Coconut Shell and Rice Husk Charcoal to Save Fuel Consumption of a 4-Stroke Gasoline Motorcycle <i>Herry Wardono, Theofillius G. Naiborhu, A. Yudi E. Risano, M. Dyan S.E.S dan Amrizal</i>	KE21.1-6

# Analysis of The Effect of Windshield Slant Angles on Aerodynamic Drag of Minibus-Type Vehicles

Rustan Tarakka<sup>1\*</sup>, Nasaruddin Salam<sup>1</sup>, Mellinda Yusuf<sup>2</sup> dan Musrifah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

\*Corresponding author: rustan\_tarakka@yahoo.com

**Abstract.** The contribution of aerodynamic drag on vehicles is influenced by front, windshield, roof and rear geometry of car which have been determined by various models through experimental test and numerical calculations. The purpose of this study is to analyze aerodynamic drag on minibus-type vehicles with variations in the slant angles of the windshield ( $\alpha$ ) of  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ , and  $70^\circ$ . This research was conducted computationally and experimentally. In the computational approach CFD is used, while in the experimental approach, a test model in the form of a minibus type vehicle is tested in a subsonic wind tunnel. The results obtained indicate that the change in the slant angles of the windshield gives a significant effect on the aerodynamic drag on the minibus type vehicle. The smallest aerodynamic drag coefficient value is obtained in the test model with a windshield slant angle ( $\alpha$ ) of  $60^\circ$ , producing drag value of 0.646 with a computational approach, and drag value of 0.561 for the experimental approach.

**Abstrak.** Kontribusi hambatan aerodinamik pada kendaraan dipengaruhi oleh geometri depan mobil, kaca depan, atap dan bagian belakang yang telah ditentukan dengan berbagai model melalui pengujian dan perhitungan numerik. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hambatan aerodinamika pada kendaraan tipe minibus dengan variasi kemiringan kaca depan. Model uji yang dipergunakan pada penelitian ini adalah kendaraan tipe minibus yang mempunyai kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ) yaitu  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ , dan  $70^\circ$ . Penelitian ini dilakukan secara komputasi dan eksperimental. Pada pendekatan komputasi digunakan CFD, sementara pada pendekatan eksperimental, model uji berupa kendaraan tipe minibus diuji pada *subsonic wind tunnel*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perubahan kemiringan kaca depan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hambatan aerodinamika pada kendaraan tipe minibus. Nilai koefisien hambatan aerodinamika terkecil diperoleh pada model uji dengan kemiringan kaca depan ( $\alpha$ )  $60^\circ$  sebesar 0.646 dengan pendekatan komputasi, sementara pada pendekatan eksperimen sebesar 0.561.

**Kata kunci:** hambatan aerodinamika, kemiringan kaca depan, minibus

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Salah satu aspek yang penting diperhatikan pada suatu kendaraan adalah bentuk bodi, dimana pola aliran udara disekitar bodi akan memberikan pengaruh terhadap distribusi tekanan sehingga memicu terjadinya separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. Semakin cepat terjadinya separasi aliran, maka pembentukan daerah olakan semakin cepat dan besar serta menjadi penyebab utama rendahnya tekanan dibagian belakang kendaraan. Oleh sebab itu pengembangan inovasi disain kendaraan untuk tujuan minimalisasi separasi aliran perlu dilakukan. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah dengan pemilihan bentuk yang lebih aerodinamis.

Fenomena aliran fluida melalui suatu bodi merupakan fenomena yang sering ditemui dalam kehidupan. Dalam aplikasinya tidak hanya satu

macam bentuk bodi yang dilewati oleh aliran fluida, tapi terdapat banyak macam bentuk bodi yang direkayasa sehingga sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Bentuk bodi yang berbeda akan menghasilkan karakteristik aliran fluida yang berbeda dan sangat berpengaruh terhadap fungsi dari bentuk bodi tersebut [1].

Hal-hal yang mempengaruhi aerodinamika kendaraan diantaranya distribusi tekanan, profil kecepatan dibelakang kendaraan, koefisien *drag* yang dapat mempengaruhi stabilitas kendaraan. Kemiringan bodi depan memberi pengaruh besar terhadap perbedaan distribusi tekanan pada bagian depan dan belakang kendaraan. Perbedaan distribusi tekanan ini merupakan kontributor utama dari keseluruhan hambatan yang disebabkan oleh separasi aliran pada bagian belakang kendaraan [2,3].

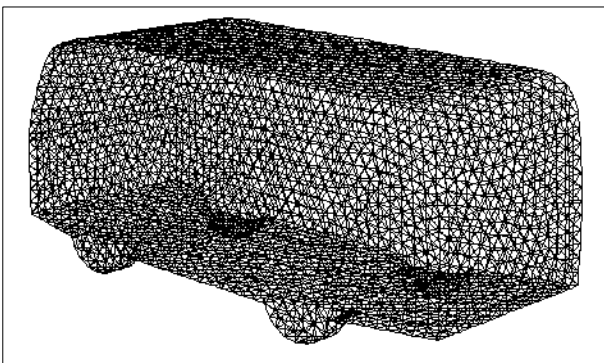
Berbagai usaha telah dikembangkan untuk menganalisis proses terbentuknya *wake* dan *vortex* akibat separasi serta menganalisis karakteristik berbagai kondisi aliran fluida [4]. Tarakka R. dkk melakukan penelitian secara numerik tentang pengaruh kemiringan geometri depan kendaraan terhadap koefisien tekanan pada model kendaraan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa variasi geometri depan berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien tekanan [5]. Dengan peningkatan koefisien tekanan ini memberi dampak pada pengurangan separasi aliran yang akhirnya meningkatkan reduksi koefisien drag.

Dengan memodelkan prototipe kendaraan sesuai dengan bentuk aslinya, diharapkan mampu memberikan hasil analisis yang komprehensif terhadap fenomena aliran yang terjadi di sekitar kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hambatan aerodinamika pada kendaraan tipe minibus dengan variasi kemiringan kaca depan.

**Metode Penelitian**

**Model uji.** Pada penelitian ini model uji yang digunakan adalah model kendaraan menyerupai *Isuzu Elf* dengan standar acuan kemiringan kaca depan 65° (original). Model uji kemudian dimodifikasi dengan mengubah sudut kemiringan kaca depan (*slant angle*) sebesar 60° dan 70° dengan rasio geometri 0.025 terhadap prototipe kendaraan aslinya.

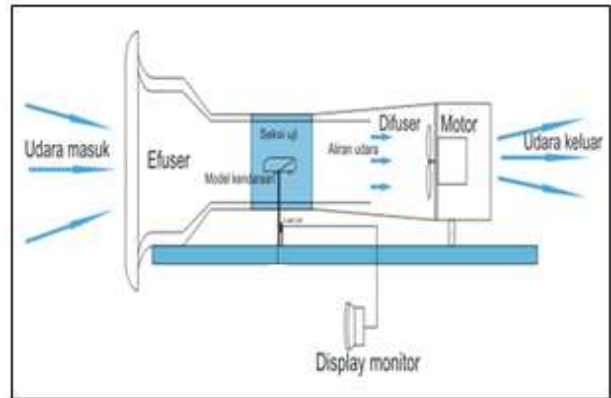
**Pendekatan komputasional.** Pada pendekatan komputasi digunakan software CFD fluent 6.3 dengan model turbulensi *k-epsilon standard* guna mengetahui pengaruh perubahan *slant angel* terhadap karakteristik medan aliran dan hambatan aerodinamika pada model uji. Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 11.1 m/s, 12.3 m/s, 13.9 m/s, 15.3 m/s dan 16.7 m/s. Medan aliran diasumsikan *incompressible flow* dengan kondisi *steady state*. Tampilan grid model kendaraan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan grid model kendaraan

**Pendekatan eksperimental.** Pada Pendekatan eksperimental, model uji yang digunakan

mempunyai dimensi yang sama dengan pendekatan komputasional dengan menggunakan fasilitas *sub-sonic wind tunnel* yang dilengkapi dengan *air flow meter* untuk mengukur kecepatan udara dan neraca untuk mengukur besarnya hambatan aerodinamika. Eksperimental setup dengan *sub-sonic wind tunnel* diperlihatkan pada Gambar 2.

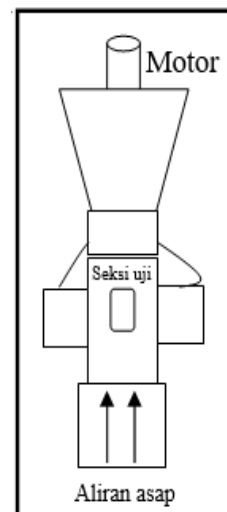


Gambar 2. Eksperimental setup dengan *sub-sonic wind tunnel*

Pengujian hambatan aerodinamika dilakukan dengan menempatkan model uji pada terowongan angin yang dialiri udara sehingga model menerima gaya dorong yang memberikan impuls dan dikonversi pada neraca dalam satuan newton. Hubungan koefisien hambatan dengan gaya hambatan aerodinamika dituliskan [6]:

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} \tag{1}$$

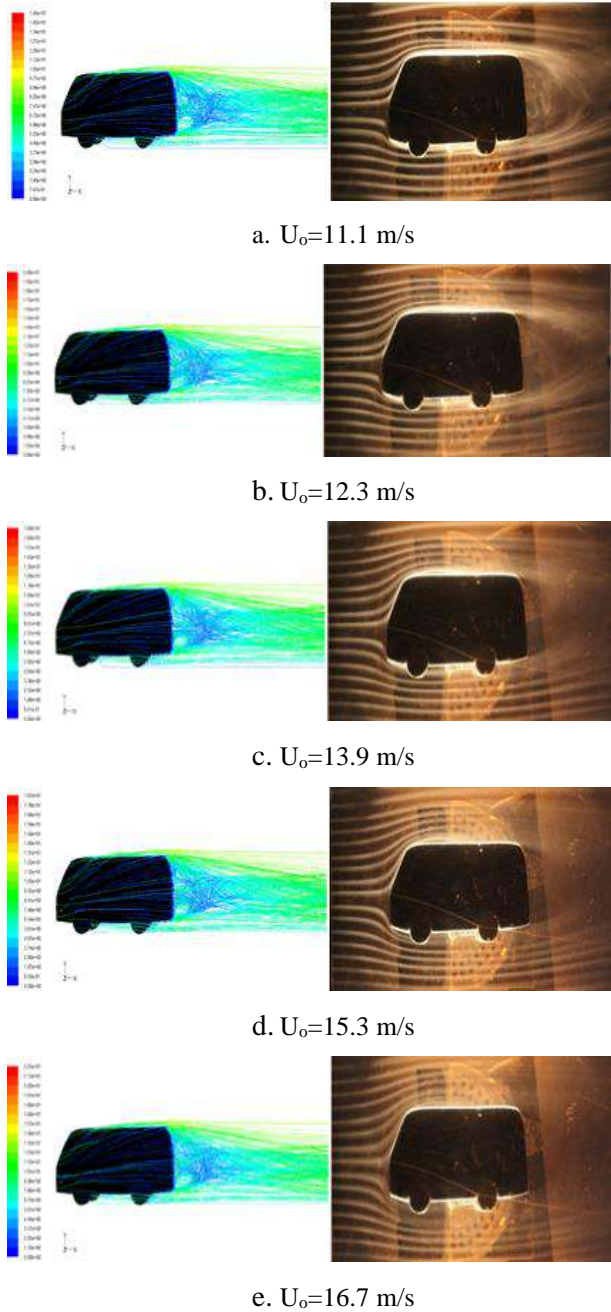
Untuk visualisasi aliran, model uji ditempatkan pada *visualization tunnel* yang dialiri asap untuk melihat karakteristik aliran yang melewati sekitar model uji. Eksperimental setup dengan visualisasi aliran diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Eksperimental setup dengan visualisasi aliran

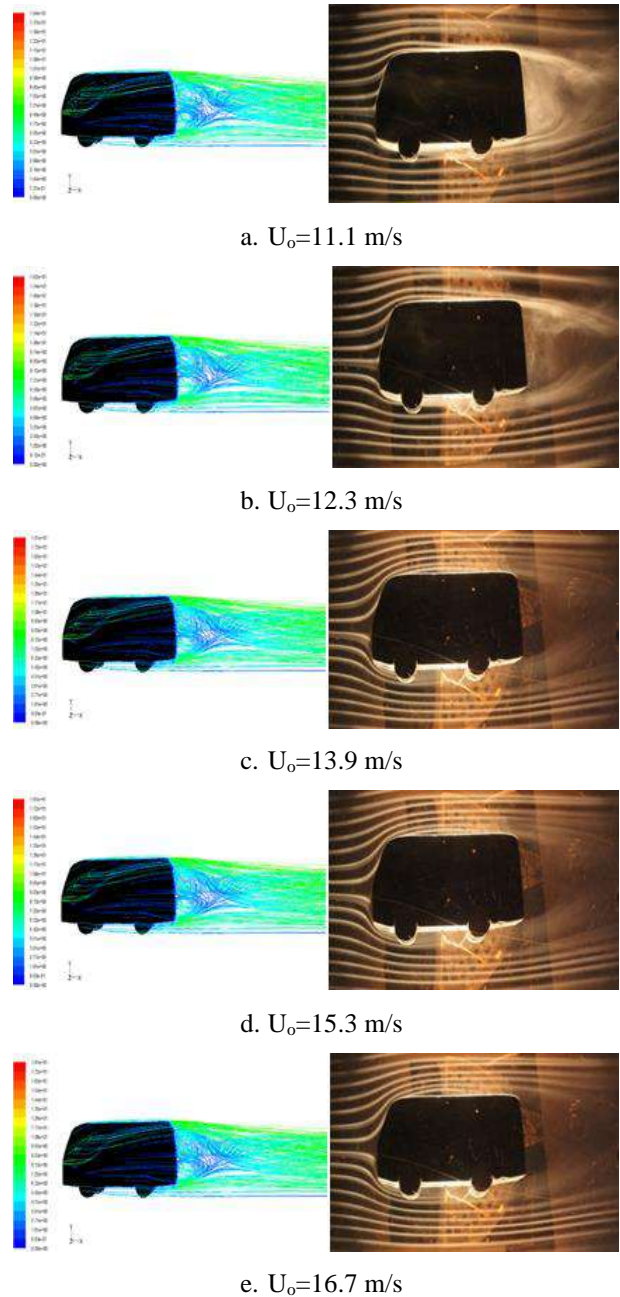
**Hasil dan Pembahasan**

Perbandingan medan aliran yang diperoleh dengan komputasional dan eksperimental untuk model uji dengan sudut kemiringan kaca depan 60° diberikan pada Gambar 4.



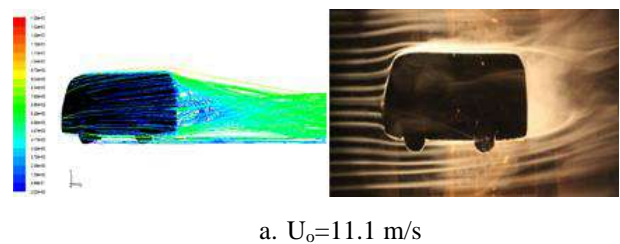
**Gambar 4.** Perbandingan medan aliran antara komputasional dengan eksperimen pada sudut kemiringan kaca depan 60°

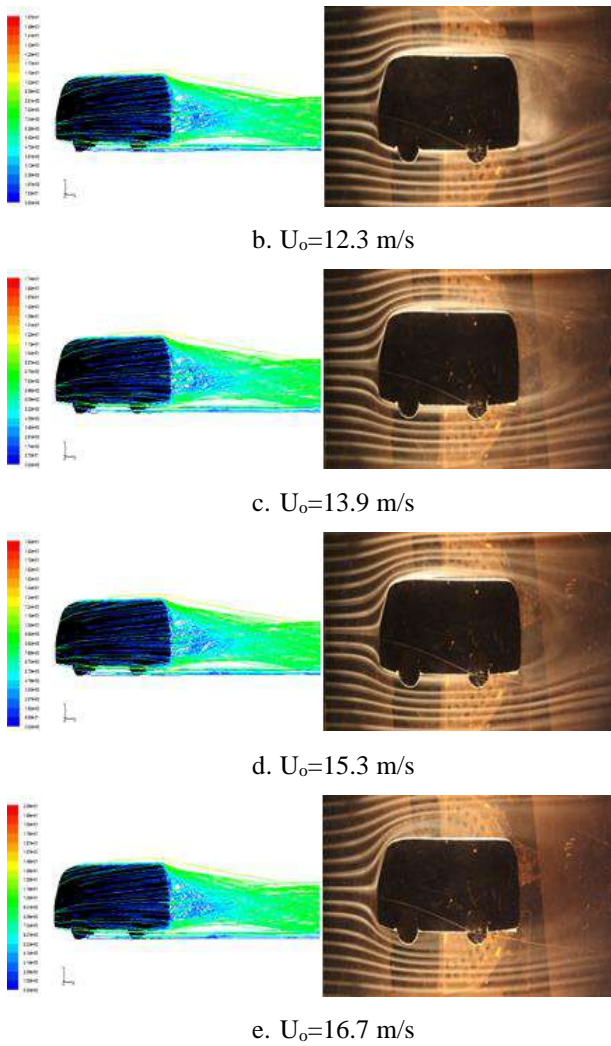
Gambar 5 menampilkan perbandingan medan aliran yang diperoleh dengan komputasional dan eksperimental untuk model uji dengan sudut kemiringan kaca depan 65°.



**Gambar 5.** Perbandingan medan aliran antara komputasional dengan eksperimen pada sudut kemiringan kaca depan 65°

Perbandingan medan aliran yang diperoleh dengan komputasional dan eksperimental untuk model uji dengan sudut kemiringan kaca depan 70° diperlihatkan pada Gambar 6.





**Gambar 6.** Perbandingan medan aliran antara komputasional dengan eksperimen pada sudut kemiringan kaca depan  $70^\circ$

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 memberikan informasi bahwa olakan yang terbentuk pada bagian belakang model uji karena adanya separasi aliran. Olakan terbesar terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan kaca depan  $70^\circ$  pada kondisi kecepatan *upstream* yaitu 11.1 m/s. Hal ini disebabkan karena model kendaraan dengan sudut kemiringan kaca depan  $70^\circ$  merupakan model kendaraan dengan sudut kemiringan kaca depan yang hampir tegak sehingga ketika aliran udara yang melewati model kendaraan, kesulitan mengikuti bentuk model kendaraan dan mengakibatkan aliran balik. Hasil yang diperoleh tersebut juga terkonfirmasi dengan lapisan batas yang dihasilkan lebih tebal pada kondisi sudut kemiringan kaca depan  $70^\circ$  dengan kecepatan *upstream* 11.1 m/s.

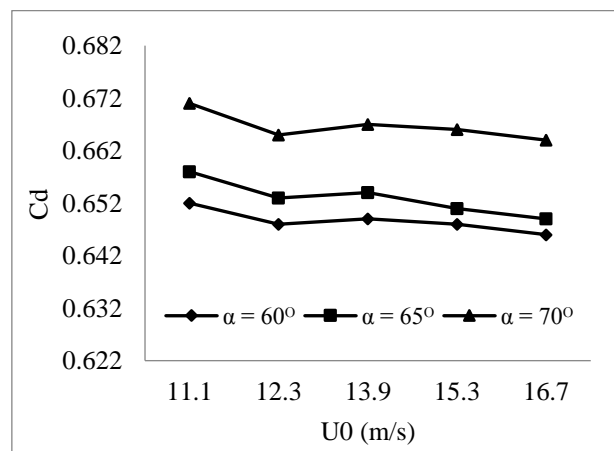
Sementara, olakan terkecil terjadi pada kecepatan *upstream* yaitu 16.7 m/s dengan sudut kemiringan kaca depan  $60^\circ$ . Hal ini disebabkan karena model kendaraan dengan sudut kemiringan kaca depan  $60^\circ$  merupakan model

kendaraan dengan sudut kemiringan kaca depan paling miring atau lebih aerodinamis dibandingkan dengan dua (2) model uji lainnya sehingga ketika aliran udara yang melewati model kendaraan, dapat mengikuti bentuk model kendaraan dan aliran balik yang terjadi lebih sedikit. Hasil tersebut juga diperkuat dengan lapisan batas yang dihasilkan lebih tipis pada kondisi sudut kemiringan kaca depan  $60^\circ$  dengan kecepatan *upstream* 16.7 m/s.

Nilai koefisien hambatan dengan variasi kemiringan kaca depan dengan pendekatan komputasional dirangkum pada Tabel 1. Sementara, hubungan koefisien hambatan aerodinamika terhadap kecepatan *upstream* diperlihatkan pada Gambar 7. Dari Tabel 1 dan Gambar 7 diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil dengan sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ )  $60^\circ$  sebesar 0.646 yang terjadi pada kecepatan *upstream* 16.7 m/s. Sementara, untuk sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ )  $65^\circ$  dan  $70^\circ$  koefisien hambatan aerodinamika terkecil masing-masing 0.649 dan 0.664 yang keduanya juga terjadi pada kecepatan *upstream* 16.7 m/s.

**Tabel 1.** Nilai koefisien hambatan ( $C_d$ ) dengan variasi sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ), komputasi

$U_0$ m/s	$C_d$		
	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 65^\circ$	$\alpha = 70^\circ$
11.1	0.652	0.658	0.671
12.3	0.648	0.653	0.665
13.9	0.649	0.654	0.667
15.3	0.648	0.651	0.666
16.7	0.646	0.649	0.664



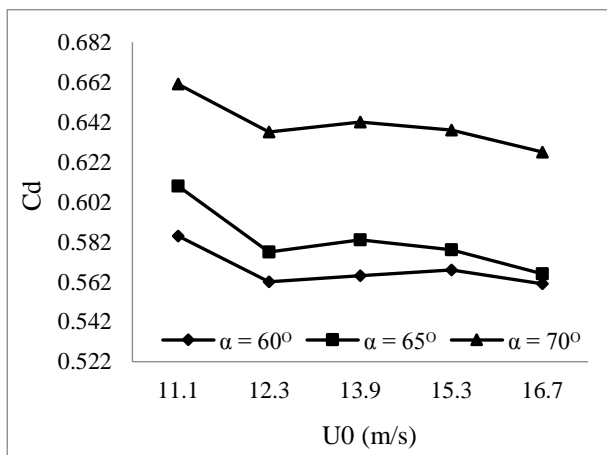
**Gambar 7.** Hubungan  $C_d$  terhadap kecepatan *upstream* dengan sudut kemiringan kaca depan, komputasi

Pada Tabel 2 diperlihatkan nilai koefisien hambatan dengan variasi kemiringan kaca depan dengan pendekatan eksperimental. Sementara,

hubungan koefisien hambatan aerodinamika terhadap kecepatan *upstream* diperlihatkan pada Gambar 8. Dari Tabel 2 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil adalah sebesar 0.561 yang terjadi pada kecepatan *upstream* 16.7 m/s dengan sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ) 60°. Sementara, untuk sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ) 65° dan 70° koefisien hambatan aerodinamika terkecil juga terjadi pada kecepatan *upstream* 16.7 m/s dengan nilai masing-masing 0.566 dan 0.627.

**Tabel 2.** Nilai koefisien hambatan ( $C_d$ ) dengan sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ), eksperimen

$U_o$ (m/s)	$C_d$		
	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 65^\circ$	$\alpha = 70^\circ$
11.1	0.585	0.610	0.661
12.3	0.562	0.577	0.637
13.9	0.565	0.583	0.642
15.3	0.568	0.578	0.638
16.7	0.561	0.566	0.627



**Gambar 8.** Hubungan  $C_d$  terhadap kecepatan *upstream* dengan sudut kemiringan kaca depan, eksperimen

Sementara, perbandingan nilai koefisien hambatan yang diperoleh secara komputasi dan eksperimen diberikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3, diperoleh informasi bahwa perbedaan nilai koefisien hambatan yang diperoleh secara komputasi dan eksperimen berada pada range 6.7% sampai 8.7% dengan sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ) 60°, sementara untuk sudut kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ) 65° dan 70° adalah masing-masing berada pada kisaran 4.8% sampai 5.8% dan 1.6% sampai 5.5%. Sementara, untuk secara keseluruhan hasil yang diperoleh dibawah 10%.

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan melakukan perubahan geometri bagian depan model kendaraan tipe minibus berdampak pada pengurangan hambatan

aerodinamika. Penelitian ini sejalan dengan yang telah dilakukan oleh Aklis dkk yang menyatakan bahwa modifikasi bentuk geometri depan model kendaraan mampu mengurangi hambatan aerodinamika [7]. Hal senada juga diungkapkan oleh Rahayu S dkk yang menyatakan bahwa pengaturan sudut kemiringan berpengaruh terhadap gaya hambatan aerodinamika dimana semakin besar sudut kemiringan yang dimiliki model, maka semakin besar gaya hambatan aerodinamika yang diterima [8].

**Tabel 3.** Perbandingan nilai koefisien hambatan ( $C_d$ ) secara komputasi dan eksperimen

Metode	$U_o$ (m/s)	$C_d$		
		$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 65^\circ$	$\alpha = 70^\circ$
Komputasi		0.652	0.658	0.671
Eksperimen	11.1	0.585	0.610	0.661
Selisih (%)		6.7	4.8	1.6
Komputasi		0.648	0.653	0.665
Eksperimen	12.3	0.562	0.577	0.637
Selisih (%)		8.7	5.7	4.3
Komputasi		0.649	0.654	0.667
Eksperimen	13.9	0.565	0.583	0.642
Selisih (%)		8.4	5.8	3.8
Komputasi		0.648	0.651	0.666
Eksperimen	15.3	0.568	0.578	0.638
Selisih (%)		8.0	5.7	4.3
Komputasi		0.646	0.649	0.664
Eksperimen	16.7	0.561	0.566	0.627
Selisih (%)		8.5	5.6	5.5

### Kesimpulan

1. Perubahan kemiringan kaca depan memberikan pengaruh terhadap medan aliran pada kendaraan tipe minibus. Olakan terkecil terjadi pada kecepatan *upstream* yaitu 16.7 m/s dengan sudut kemiringan kaca depan 60°.
2. Perubahan kemiringan kaca depan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hambatan aerodinamika pada kendaraan tipe minibus. Nilai koefisien hambatan aerodinamika terkecil diperoleh pada model uji dengan kemiringan kaca depan ( $\alpha$ ) 60° sebesar 0.646 dengan pendekatan komputasi, sementara pada pendekatan eksperimen sebesar 0.561 dengan kecepatan *upstream* yaitu 16.7 m/s

### Referensi

[1] Azis A dan Haryanto, 2011. Analisa kemiringan kaca belakang mobil terhadap karakteristik aerodinamika mobil sedan.

Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering Department, Faculty Engineering University, Jakarta.

- [2] Brunn A, Wassen E, Sperber D, Nitsche W, Thiele F, 2007. Active Drag Control for a Generic Car Model. DOI : 10.1007/978-3-540-71439-2\_15.
- [3] Bruneau C.H, 2010. Coupling Active and Passive Techniques to Control the Flow Past the Square Back Ahmed Body. *Computers & Fluids* 39, pp. 1875-1892.
- [4] White, F.M., 1988. *Fluid Mechanics*. 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York.
- [5] Tarakka R Arifin A.S, Yunus, 2015. Analisis komputasi pengaruh geometri muka dan kontrol aktif suction terhadap koefisien tekanan pada model kendaraan. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*, Banjarmasin 7-8 Oktober 2015.
- [6] Cengel Y.A and Cimbala, 2006. *Fluid Mechanics, Fundamentals and Applications*. McGraw Hill. New York.
- [7] Aklis N, Sedyono J, Jatmiko A.W, 2015. Pengaruh modifikasi bentuk bodi mobil terhadap pola aliran dengan menggunakan computational fluid dynamics. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 16 No 2 Juli 2015. ISSN : 1411-4348.
- [8] Rahayu S, Sahbana M.A, Farid A, 2014. Studi eksperimental pengaruh kemiringan model kendaraan sedan terhadap tekanan hisap dalam wind tunnel. *Proton* Volume 6 No. 1 Hal 54-60.