

# HIBAH PENELITIAN DIKTI

## Detail Research

### Unverified

WIDN Leader

0027087504

Leader Name

RUSTAN TARAKKA



PODKTI Code PT (Leader)

001005

Institution (Leader)

Universitas Hasanuddin

Title

Penghematan Energi Melalui Pemanfaatan Kontrol Aktif Aliran Pada Discin Model Kendaraan Penumpang

Sinema Abstractor

PTDUPT

Sinema Name

Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi

The First year of the proposal

(tahun pertama usulan)

2016

Proposed Year of Activities

(tahun Usulan Kegiatan)

2016

The Year of The Activity

(tahun Pelaksanaan Kegiatan)

2017

Duration of activity

(tahun Kegiatan)

2 Year

Proposal Status

ditandai

Funds are approved

Rp. 109.758.000,-

SINIA Misi/asi ID

385

Funds Institution

Universitas Hasanuddin ✓ in sync with Sinia Affiliation

Target TKT

TKT

Hibah Program

Penelitian Desentralisasi

Focus Area

Transportasi

Fund Source Category

Fund Source

Identify Fund Source

ID

Research Member

**RUSTAN TARAKKA**

Registered in Sinia using **RUSTAN TARAKKA** (Sinia ID: 6148175)

Status: Leader  | Universitas Hasanuddin

**JALALUDDIN**

Registered in Sinia using **JALALUDDIN** (Sinia ID: 6003337)

Status: Member  | Universitas Hasanuddin

**NASARUDDIN**

Registered in Sinia using **NASARUDDIN SALAM** (Sinia ID: 6074687)

Status: Member  | Universitas Hasanuddin



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Lt.4 Gedung D Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270  
Telepon: (021) 57946042 Fax: (021) 57946085  
Laman: <http://ristekdikti.go.id>

---

Nomor : 025/E3/2017 06 Januari 2017  
Lampiran : 1 (satu) berkas dan 1 (satu) lembar  
Perihal : Penerima Pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
di Perguruan Tinggi Tahun 2017

Yth. 1. Rektor/ Direktur/Ketua Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta  
2. Koordinator Kopertis Wilayah I s/d XIV

Sesuai dengan Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan nomor 01/E/KPT/2017 tanggal 6 Januari 2017 tentang Penerima Pendanaan Riset dan Pengabdian Masyarakat Tahun 2017, bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2017 sebagaimana terlampir.

Kami informasikan bahwa penerima pendanaan program Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2017 adalah pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi, dan yang bersangkutan atau institusi telah memenuhi kewajiban sebagai berikut:

1. Mengunggah Laporan kemajuan tahun 2015 - 2016;
2. Mengunggah Laporan Akhir tahun 2015 - 2016;
3. Mengunggah Berkas Kelengkapan Seminar Hasil tahun 2015 – 2016;
4. Mengunggah Dokumen RIP (skema PUPT) dan Renstra Pengabdian kepada Masyarakat;
5. Mengunggah proposal lanjutan: Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat untuk pelaksana *On Going*;
6. Melaksanakan seluruh tahapan seleksi sebagaimana disebutkan dalam Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Perguruan Tinggi Edisi X untuk skema penelitian desentralisasi perguruan Tinggi.

Berkenaan dengan hal tersebut, DRPM mengucapkan selamat kepada penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2017.

DRPM mengucapkan terimakasih kepada pengusul yang telah berpartisipasi dan apabila nama pengusul tidak tercantum, maka dapat mengusulkan kembali proposal pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat untuk pendanaan tahun 2018.

Selanjutnya, kami mohon bantuan Saudara untuk menyampaikan informasi di atas kepada masing-masing penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Tahun 2017.

Kami sampaikan bahwa mekanisme penyaluran dana akan dilakukan melalui kontrak kerja antara DRPM dengan Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi Negeri dan atau Koordinator Kopertis Wilayah. Untuk maksud tersebut, bersama ini kami kirimkan daftar isian (terlampir) untuk diisi dan mohon segera dikirim melalui fax: 021-5731846, 57946085 dan email ke [dp2mdikti@yahoo.co.id](mailto:dp2mdikti@yahoo.co.id) (untuk program Penelitian), dan [ppm.dp2m@ristekdikti.go.id](mailto:ppm.dp2m@ristekdikti.go.id) (untuk program Pengabdian Masyarakat) paling lambat tanggal 13 Januari 2017.

Hal-hal lain yang terkait dengan mekanisme penyaluran dana dan pelaksanaan pendanaan akan diinformasikan kemudian melalui laman: <http://simlibtamas.ristekdikti.go.id>

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat

TTD

Tembusan.

1. Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan
2. Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi
3. Sekretaris Pelaksana Kopertis Wilayah I s/d XIV

Ocky Karna Radjasa  
NIP 196510291990031001

PTN/KOPERTIS	PERGURUAN TINGGI	SKEMA	NAMA	JUDUL	
PTN	Universitas Gadjah Mada	Penelitian Fundamental	PRAMADITYA WICAKSONO	Pengembangan Konsep dan Metode Pemetaan Sumberdaya Alam Padang Lamun Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh	
			R RACHMAT A SRIWIJAYA	Analisis Kontak Pada Ukuran Nano Antara Lapisan Tipis Elastis Dengan Permukaan Sinusoidal Kaku	
			SANTOSA BUDIARDJO	Pembuatan Manekin Model Pembelajaran dan Pemeriksaan Urogenital sebagai Implementasi Pembelajaran Ilmu Anatomi dan Bedah: Paduan dengan sistem Sensor sebagai Penanda	
			CHUSNUL HANIM	Estimasi Sintesis Protein Mikroba Rumen Berdasarkan Ekskresi Derivat Purin dalam Urin dengan Metode Spot Sampling pada Domba Merino	
			IKA DEWI ANA	Studi Pengembangan Hidrogel-Simvastatin dengan Penambahan Surfaktan sebagai Dasar Sistem Pelepasan Obat Terkendali	
			RINA KUSWAHYUNING	EKSPLORASI TERPEN SEBAGAI ENHANCERS UNTUK PENGHANTARAN TOPIKAL $\alpha$ -MANGOSTIN SECARA IN VITRO DAN IN VIVO	
			MOH. ADHIB ULIL ABSOR	KAJIAN TEORITIS-KOMPUTASIONAL SISTEM NOVEL ARTIFISIAL-FUNCTIONAL MATERIAL UNTUK PENGEMBANGAN ENERGY SAVING SPINTRONICS	
			TETIANA HANIASTUTI	Studi Potensi Hidroksiapatit Tulang Tuna Sirip Kuning (Thunnus Albacares) Sebagai Material Keping Pulpa	
			SUSILOHADI	Konservasi satwa liar berbasis drone: Pemantauan populasi dan habitat banteng Bos javanicus d'Alton, 1823 di Taman Nasional Alas Purwo dengan teknologi inovatif guna mengantisipasi ancaman perubahan iklim.	
			TRI JOKO	Desain Primer Spesifik untuk Deteksi Patogen Penyakit Busuk Lunak Angrek (Pectobacterium carotovorum) Berbasis Analisis Sekuens Gen Housekeeping	
			WIDODO	Konstruksi Formula dan Nilai Kekuatan Tak Reguler Total pada  Graf Pohon Caterpillar dan Pyramidal	
			RUSDY GHAZALI MALUEKA	HUBUNGAN PROFIL MOLEKULER DENGAN GAMBARAN KLINIS, HISTOPATOLOGIS DAN PROGNOSIS GLIOMA DI INDONESIA	
			MUHAMMAD NAJIB	Sultanates and the Contestation over Identity Politics in Southeast Asia: A study of the dynamic contestation and co-existence between Sultanates, Nation-State, and Radical Islamism in Indonesia, Malaysia, and Brunei	
			SOFIA MUBARIKA HARJANA	MIRNA GENOME SIGNATURE OF INDONESIAN EBV RELATED NASOPHARYNGEAL CARCINOMA IN THE DEVELOPMENT OF TARGETED THERAPY FOR PERSONALIZED MEDICINE	
			SUPRA WIMBARTI	Assessing Problems, Risk-Protective Factors to Develop an Intervention Model for Reproductive Health Issues in Yogyakarta, Indonesia	
			HIMAWAN TRI BAYU MURTI PETRUS	Sustainable Extraction of Valuable Metals from Urban Mine using Bioleaching Technique: An Approach Using Metabolic Citric Acid Produced by Aspergillus	
			MUHAMMAD ALI IMRON	Peat-fire occurrence and biodiversity conservation: An Individual-based Model Approach  	
			MUH ARIS MARFAI	Ecosystem Based Disaster Risk Reduction (ECODRR) In Coastal Area of Java	
			SAPTO INDRIKO	Integrating Genetic Diversity of Dipterocarps to Support Rehabilitation Program of Tropical Rainforest in Indonesia	
	NUNGKI ANGGOROWATI	Study of Heparanase, Endothelin-1, Endothelin Receptor A in Ovarian Epithelial Neoplasia, and their association with epithelial to mesenchymal transition markers			
	RAGIL WIDYORINI	Development of eco-friendly biocomposite product made from snake fruit (Salacca sp.) frond using natural adhesives			
	RIA MILLATI	Enhanced Biogas Production from Fruit Waste using a Novel Membrane Bioreactor			
	SALMAH	DISTRIBUTED MODEL PREDICTIVE CONTROL FOR TRAFFIC SYSTEMS WITH DYNAMIC GAME APPROACH			
	DEWAJANI PURNOMOSARI	Biological Behaviour of Indonesian Breast Cancer with Different Molecular Subtypes			
	DYAH MAHARANI	Identification of Genetic Diversity and Relationship among Duck Population of Indonesia Using Microsatellite Marker			
	SITI SUNARINTYAS	Second Generation Formulation of A New Resin Matrix System on E-Glass Fiber-Reinforced Composite for Dental Use(A Study on Chemical, Physical, Mechanical and Biological Properties)			
	ARIEF NURROCHMAD	Immunomodulatory Activities of Active Compounds Isolated From Bengkoang (Pachyrhizus erosus) and Their Action Mechanisms			
	MUSLIKHIN HIDAYAT	Development of Energy Conversion Method from Biomass Waste using Indonesia Low Grade Iron Ore for Enhancing National Energy Security			
	SIGIT PRIYANTO	Urban railway development of Yogyakarta city			
	PUJO SEMEDI HARGO YUWONO	Evaluating Undergraduate Tourism Curriculum in Indonesian University			
	BUDI HARTONO	PROJECT KNOWLEDGE MANAGEMENT MATURITY AND ORGANIZATIONAL PERFORMANCE: INSTRUMENT DEVELOPMENT, MAPPING AND BENCHMARKING FOR INDONESIA AND SINGAPORE CONSTRUCTION FIRMS			
		Penelitian Kerjasama Luar Negeri dan Publikasi Internasional			

PTN/KOPERTIS	PERGURUAN TINGGI	SKEMA	NAMA	JUDUL
		KKN Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat	WIWIN RETNOWATI	PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MELALUI TEKNOLOGI SISTEM INTEGRASI TERNAK, TANAMAN, DAN IKAN PADA LAHAN PEKARANGAN GUNA PENINGKATAN  PENDAPATAN KELUARGA DI DESA PATAPAN KECAMATAN TORJUN KABUPATEN SAMPANG MADURA
Universitas Hasanuddin	Penelitian Fundamental	PURWANTO	Hubungan Uji Kuat Tekan Uniaxial dan Uji Kuat Batuan dengan Schmidt Hammer	
	Penelitian Kerjasama Luar Negeri dan Publikasi Internasional	JALALUDDIN	DEVELOPMENT OF A NEW SPIRAL-TUBE GROUND HEAT EXCHANGER FOR AIR CONDITIONING SYSTEM	
		ADI MAULANA	Study on metamorphic-hosted gold deposit in Sulawesi, Indonesia	
		MAHATMA	Transplantation experiment for assessing the feasibility of using seagrass for coastal protection in small island	
		ANDI NASRUDDIN	Implementation of Integrated Crop Management to Achieve Self Sufficiency in Soybean	
	Penelitian Berbasis	ROSANA AGUS	Potensi protein fusi MPT 64 dan CFP 21 Mycobacterium tuberculosis sebagai imunodiagnostik tuberkulosis laten	
		M S EFFENDI ABUSTAN	Kualitas Daging Sapi Bali Melalui Penambahan Asap Cair Dan Kolagen Hidrasi Pada Feedlot Fattening Dan Maturasi Daging	
		STANG	Pemetaan Risiko Kejadian Demam Berdarah Di Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan Menggunakan Model Geostatistika Spasial Temporal Non-Stasioner	
		BAHARUDDIN	ANALISIS KENYAMANAN TERMAL SISWA DI DALAM RUANG KELAS SEKOLAH DASAR DAN MENENGAH DI KOTA MAKASSAR	
		SURATMAN	MODEL IMPLEMENTASI KEBIJAKAN TERPADU DALAM PROGARAM NASIONAL PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DI KOTA MAKASSAR DAN KOTA PAREPARE PROVINSI SULAWESI SELATAN	
		FAHRUDDIN	PENGUNAAN SEDIMEN WETLAND SEBAGAI SUMBER INOKULUM BAKTERI PEREDUKSI SULFAT (BPS) UNTUK MENINGKATKAN pH DAN MENGENDAPKAN LOGAM BERAT TERLARUT DALAM LIMBAH AIR ASAM TAMBANG	
		MARIA TANUMIHARDJA	Pemanfaatan Akar Sidaguri (Sida rhombifolia L.) sebagai Obat Sakit Gigi: Hewan Model Peradangan Periapikal Akibat Induksi LPS Porphyromonas gingivalis	
		DWI KESUMA SARI	Aplikasi zat toksik pada ikan medaka sulawesi (oryzias selebensis) sebagai hewan model dalam studi toksikopatologi	
		TUTI BAHFIARTI	MODEL PEMBENTUKAN KOMUNIKASI KELUARGA DAN KELOMPOK RUJUKAN DALAM UPAYA KONSISTENSI KEBERLANJUTAN REGENERASI KAKAO PADA ANAK PETANI DI SENTRA PERTANAMAN KAKAO DI SULAWESI SELATAN DAN SULAWESI BARAT	
		MUHAMMAD ANSHAR AMRAN	TRANSFORMASI CITRA LANDSAT-8 UNTUK PEMETAAN KUALITAS PERAIRAN LAUT	
		YUSINTA FUJAYA	Pengembangan prototipe industri budidaya "Soft Shell" Rajungan Berkelanjutan	
		MUHAMMAD HARUN ACHMAD	Peran Fraksi Etil Asetat Flavonoid Sarang Semut (Myrmecodia Pendans) Pada Hambatan Transduksi Signal Akt, NF-KB Dan Induksi Apoptosis (Kaspase -3, -9) Sel Kanker Lidah Manusia SP-C1 In Vitro	
		MUHAMMAD YAMIN SANI	OPTIMALISASI PEMANFAATAN WILAYAH DAN DIVERSIFIKASI ATRAKSI GUNA MENDUKUNG PENGEMBANGAN KAWASAN WISATA PEDESAAN BERBASIS MASYARAKAT DI KABUPATEN WAKATOB I PROVINSI SULAWESI TENGGARA	
		Penelitian Strategis Nasional	JOEHARNANI TRESNATI	PENGEMBANGAN IPTEK BUDIDAYA TERIPANG PASIR HOLOTHURIA SCABRA GUNA MENDUKUNG PENINGKATAN PENDAPATAN MASYARAKAT PESISIR DAN KEPULAUAN
			GITA SUSANTI	MODEL KEBIJAKAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT TERINTEGRASI: Studi Kasus Jaringan Implementasi Kebijakan Pemberdayaan Masyarakat Nelayan di Wilayah Pesisir di Provinsi Sulawesi Selatan
			HERRY SONJAYA	Peningkatan Kualitas Calon Induk Bibit Sapi Bali Melalui Penerapan Teknologi Reproduksi dan Pemuliabiakan Ternak Berbasis Peternakan Rakyat
	EYMAL BAH SAR DEMMALLINO		SIRATAL MUSTAQIM (Menggagas Upaya Pengentasan Kemiskinan Masyarakat Maritim di Sulawesi Selatan)	
	ABDUL LATIEF TOLLENG		PEMANFAATAN DAUN KELOR (Moringa oleifera) SEBAGAI PAKAN TERNAK GUNA MENINGKATKAN KUALITAS SEMEN PEJANTAN DALAM UPAYA MENINGKATKAN ANGKA KELAHIRAN SAPI POTONG	
	ASLINA ASNAWI		Penguatan Budaya Lokal Dalam Peningkatan Aksesibilitas Pembiayaan Pada Peternak Sapi Potong	
	HILAL ANSHARY		Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat Dari Usus Ikan Resisten Penyakit Streptococcosis/Lactococcosis Dari Wilayah Epidemik dengan teknik mikroenkapsulasi yang Dikombinasi Dengan Imunostimulan untuk Pengendalian Penyakit Streptococcosis dan Lactococcosis pada ikan	
	MAHATMA		Perlindungan Pantai Secara 'Hybrid' Untuk Mitigasi Bencana Erosi Pantai Di Pulau-Pulau Kecil	
	MUHAMMAD YUSRI KARIM		PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BUDIDAYA KEPITING BAKAU (Scylla spp.) POLA SILVOFISHERY BERBASIS MASYARAKAT DAN BERKELANJUTAN	

PTN/KOPERTIS	PERGURUAN TINGGI	SKEMA	NAMA	JUDUL
			NITA RUKMINASARI	Manipulasi media kultur dan pendekatan rekayasa biologi guna peningkatan produksi lemak dari Chlamydomonas sp dan Scenedesmus sp sebagai sumber biofuel berbasis mikroalga
		MARHAMAH NADIR	Perakitan Kultivar Rumput Gajah Unggul (Pennisetum purpureum cv. Mott) Tahan Kekeringan dalam Rangka Perbaikan Genetik dengan Teknik Kultur Jaringan	
		ANDI DIRPAN	PENGEMBANGAN ZERO ENERGY COOL CHAMBER (ZECC) YANG MURAH DAN RAMAH LINGKUNGAN UNTUK MEMPERPANJANG MASA SIMPAN BUAH DAN SAYUR SETELAH PANEN (UPAYA Mendukung KETAHANAN PANGAN DAN ENERGI)	
	MP3EI	SITI ASLAMAYAH	Diversifikasi Rumput Laut Fermentasi Sebagai Sumber Karbohidrat dan Binder Dalam Pakan Buatan Murah dan Ramah Lingkungan Untuk Mendukung Intensifikasi Budidaya Ikan Bandeng di Sulawesi Selatan	
		SRIWULAN	PEMANFAATAN BAKTERI ASAM LAKTAT UNTUK MENANGGULANGI VIBRIOSIS DAN PENYAKIT BINTIK PUTIH (WSSV) PADA HATCHERY DAN PEMBESARAN UDANG WINDU (Penaeus monodon) DI SULAWESI SELATAN	
		ADE ROSMANA	Pengembangan formulasi asal bahan tanaman sebagai agens pengendali hama dan penyakit yang menginfestasi buah serta pereduksi kontaminasi logam berat pada tanaman kakao	
		NADJAMUDDIN	INTEGRASI BUDIDAYA RUMPUT LAUT DAN BUDIDAYA IKAN KERAMBA JARING APUNG DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN KEBERLANJUTAN PENANGKAPAN IKAN	
		SUHARDI	Penyediaan Kadar Air Tanah secara Alami dan Menekan Erosi dengan Penerapan Teknologi Zero Run-off untuk Mendukung Budidaya Tanaman Kakao secara Berkelanjutan	
		ABU BAKAR	PENGEMBANGAN DAN KOMERSIALISASI PRODUK TEPUNG PREMIX OTAK-OTAK DAN EMPEK-EMPEK DENGAN BAHAN DASAR IKAN TENGGIRI (Scomberomorus commersonii)	
		MUHAMMAD ARSYAD	Aplikasi MDG's Scorecard dan Chart Priority untuk Memerangi Kemiskinan Petani Kakao di Koridor Ekonomi Sulawesi sebagai Ujung Tombak Ekspor Kakao Nasional dan Antisipasi Menghadapi Pasar Uni-Eropa	
		ZARASWATI D ZAINUDDIN	FORTIFIKASI BISKUIT BAYI DENGAN PENAMBAHAN MIKROENKAPSUL FITOPLANKTON LAUT Spirulina platensis DAN Chlorella vulgaris SEBAGAI BAHAN MAKANAN PENDAMPING ASI BERNILAI GIZI TINGGI	
		Alwi	MODEL KEBIJAKAN GOVERNANCE KOLABORATIF DALAM RANGKA PENGEMBANGAN USAHA KAKAO DI KORIDOR EKONOMI SULAWESI: Studi Kasus Implementasi Kebijakan Pengembangan Usaha Kakao di Provinsi Sulawesi Selatan	
		ANDI ADRI ARIEF	Desain Kebijakan dan Model Pengembangan Sistim Logistik Ikan Nasional di Sulawesi Selatan untuk Mendukung Konektivitas Koridor Sulawesi dalam Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia	
		NURRIATY AGUS	Konservasi Musuh alami dengan Pemberian pellet dan Tanaman Refugia untuk Pengendalian Hama Utama di pertanaman padi	
		SUMBANGAN BAJA	ANALISIS KEBIJAKAN SECARA SPASIAL DAN TERINTEGRASI (BIOFISIK, SOSIAL, EKONOMI) DALAM RANGKA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS JAGUNG DI WILAYAH SELATAN KORIDOR EKONOMI SULAWESI	
		Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi	RUSTAN TARAKKA	Penghematan Energi Melalui Pemanfaatan Kontrol Aktif Aliran Pada Disain Model Kendaraan Penumpang
			ANDI NUR FAIDAH RAHMAN	Peningkatan Mutu Pasca Panen Buah Langsung berdasarkan Karakterisasi Enzim Polifenol Oksidase (PPO)
			MUHAMMAD RESTU	Aplikasi Mikroba Rizosfer Untuk Peningkatan Kualitas Bibit Tanaman Hutan Rakyat
		IIN KARITA SAKHARINA	PERAN PEMERINTAH DAERAH DALAM MENANGANI PENGUNGSU INTERNASIONAL DI SULAWESI SELATAN	
		RAHMAWATI SYUKUR	Kearifan Lokal Etnis Duri Kabupaten Enrekang Provinsi Sulawesi Selatan: Skrining Aktivitas Dan Fraksinasi Senyawa Aktif Beberapa Ramuan Obat Antikanker Payudara	
		NURLINDA HAMRUN	PEMANFAATAN ALGA COKELAT (PHAEOPHYTA) JENIS Sargassum sp dan Padina sp DARI PERAIRAN SELAT MAKASSAR UNTUK PEMBUATAN BAHAN CETAK GIGI IRREVERSIBLE HYDROCOLLOID	
		INTAN SARI ARENI	Prototipe Speech to Text Bahasa Indonesia Untuk Alat Bantu Komunikasi Kaum Difabel	
		LAWALENNA	Studi Eksperimental Remediasi Logam Berat Kontaminan pada Tanah Lempung Berkompos dengan Tanaman Akar Wangi	

**LUARAN LAPORAN AKHIR TAHUN**

**PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**PENGHEMATAN ENERGI MELALUI PEMANFAATAN KONTROL AKTIF ALIRAN  
PADA DISAIN MODEL KENDARAAN PENUMPANG**

**Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun**

**Ketua Tim :**

**Dr. Rustan Tarakka, ST.MT. (NIDN : 0027087504)**

**Anggota Tim :**

- 1. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT. (NIDN : 0020125903)**
- 2. Dr-Eng. Jalaluddin, ST., MT. (NIDN : 0025087201)**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**OKTOBER 2017**

### HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Penghematan Energi Melalui Pemanfaatan Kontrol Aktif Aliran Pada Disain Model Kendaraan Penumpang

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Dr RUSTAN TARAKKA, S.T, M.T  
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin  
NIDN : 0027087504  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Mesin  
Nomor HP : +628114214217  
Alamat surel (e-mail) : rustan\_tarakka@yahoo.com

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : Dr. Ir NASARUDDIN M.T  
NIDN : 0020125903  
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : Dr JALALUDDIN S.T, M.T  
NIDN : 0025087201  
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 110,438,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 230,438,000

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Unhas



(Dr-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME)  
NIP/NIK 196003021986091001

Kota Makassar, 25 - 10 - 2017  
Ketua,



(Dr RUSTAN TARAKKA, S.T, M.T)  
NIP/NIK 197508272005011002

Menyetujui,  
Ketua LPPM Unhas



(Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP.)  
NIP/NIK 196303071988121001

## RINGKASAN

Disain model kendaraan merupakan aspek yang sangat diperhatikan untuk mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan oleh kendaraan melalui proses pembakaran bahan bakar menjadi daya dorong, traksi dan stabilitas kendaraan pada saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Kendaraan yang bergerak akan mengalami hambatan aerodinamika yang diakibatkan oleh aliran fluida yang bersentuhan secara langsung dengan bodi kendaraan. Berdasarkan ilmu dinamika fluida, metode yang dapat digunakan untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada kendaraan adalah dengan cara mengontrol aliran fluida baik dengan menggunakan kontrol *pasif* ataupun kontrol *aktif*. Disain model kendaraan dan penerapan suatu kontrol aktif aliran yang efisien dan efektif dapat memberikan peningkatan unjuk kerja aerodinamika optimal terutama dari sudut pandang penghematan energi sangat diperlukan. *Suction* merupakan kontrol aktif aliran yang potensial untuk diaplikasikan pada kendaraan. Sementara, *state of the art* dari pengetahuan dasar dan teknologi kontrol aktif aliran itu sendiri masih sangat membuka peluang dalam mendisain suatu teknik kontrol yang handal dan orisinal untuk diaplikasikan khususnya pada kendaraan. Penelitian yang dilaksanakan ini, juga mengacu pada RIP (rencana induk penelitian) Universitas Hasanuddin dengan bidang unggulan adalah energi dan sumberdaya alam dengan topik unggulan yaitu transportasi dan infrastruktur. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh penggunaan kontrol aktif aliran pada disain model kendaraan penumpang yang berdampak pada penghematan energi. Dalam mencapai tujuan utama tersebut, penelitian akan dilaksanakan dalam beberapa kegiatan yang saling berkaitan dengan masing-masing tujuan khusus yaitu pertama, pengembangan *reversed Ahmed model* dengan penerapan kontrol aktif aliran berupa *suction* melalui pendekatan komputasi dengan bervariasi geometri muka dari *reversed Ahmed model* dengan beberapa sudut kemiringan pada bagian depan. Pendekatan komputasi menggunakan perangkat lunak berbasis metoda volume hingga (*Finite Volume Method*), yakni *Fluent 6.3.26* dan *Gambit 2.4.6*. Kedua, menguji *reversed Ahmed model* secara eksperimental dengan mengintegrasikan kontrol aktif aliran berupa *suction* untuk memvalidasi hasil yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan komputasi. Pendekatan eksperimen dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas terowongan angin sub-sonik (*sub-sonic wind tunnel*). Pengukuran gaya hambatan dilakukan dengan *forces balance measurement* menggunakan *load cell*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi geometri muka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran, medan tekanan serta hambatan aerodinamika pada bagian belakang model kendaraan dengan  $\alpha = 25^\circ$ ,  $\alpha = 30^\circ$  dan  $\alpha = 35^\circ$  pada bagian depan. Penambahan *suction* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien tekanan. Peningkatan koefisien tekanan terbesar terjadi pada model kendaraan dengan  $\alpha = 35^\circ$  sebesar 26.50%, dimana koefisien tekanan ( $C_p$ ) tanpa kontrol aliran adalah -1.3556 dan dengan kontrol aliran *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s adalah -0.9964. Aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hambatan aerodinamika. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi pada model kendaraan dengan  $\alpha = 35^\circ$  yaitu 14.74% dengan pendekatan komputasional dan 13.57% dengan pendekatan eksperimental. Sementara, perbedaan hasil pengurangan hambatan aerodinamika yang diperoleh dari kedua pendekatan tersebut adalah sekitar 1.17%.

*Kata Kunci: hambatan aerodinamika, kontrol aktif aliran suction, disain model kendaraan*

## Luaran Yang Dicapai

Penelitian ini telah menghasilkan keluaran (output) pada akhir tahun pertama dari dua tahun rencana dari Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) 2017 yang dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Luaran yang dicapai

No	Jenis Luaran	Judul Paper	Indikator Capaian
1	Pemakalah pada Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VIII (KNEP VIII) 2017 di Universitas Udayana Bali	Pengaruh <i>Suction</i> Terhadap Medan Aliran Pada Model Kendaraan Dengan Variasi Geometri Muka	Sudah dilaksanakan pada tanggal 20-21 Juli 2017
2	Pemakalah pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XVI (SNTTM XVI) 2017 di ITS Surabaya	Aplikasi Kontrol Aktif <i>Suction</i> Pada Model Kendaraan dengan Variasi Geometri Muka	Sudah dilaksanakan pada tanggal 5-6 Oktober 2017
3	Publikasi Internasional pada International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E) (Jurnal terindex Scopus)	Active Flow Control by <i>Suction</i> on Vehicle Models with Variations on Front Geometry	Submit pada 15 Oktober 2017 dan Terbit pada Februari 2018

## LAMPIRAN

1. Sertifikat Pemakalah dan Paper pada Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan (KNEP) VIII 2017





TEKNIK MESIN  
**UDAYANA**



Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362  
Telp./Fax. : +62 361 703321  
<http://www.mesin.unud.ac.id>

ISSN 2338 - 414X



Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VIII - 2017

ISSN 2338 – 414X

Nomor 1/Volume 4/Juli 2017

## KONFERENSI NASIONAL ENGINEERING PERHOTELAN

“Teknologi Hijau Pendukung Industri Pariwisata”



Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Udayana

**ISSN: 2338-414X**

**Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan  
20 Juli 2017**

**VIII – 2017**

**Ketua Editor** : Dr. Ir. I Gusti Ngurah Priambadi, M.T.

**Editor Pelaksana** : I Ketut Adi Atmika, S.T., M.T.  
Dr. Wayan Nata Septiadi, ST, MT  
Dr. Ir. I Ketut Gede Wirawan, MT  
Ainul Ghurri, ST, MT, Ph.D

**Penyunting Ahli** : Prof. Ir. I.N.G. Wardhana, MEng., PhD (Universitas Brawijaya)  
Prof. Dr.-Ing. Ir. Mulyadi Bur (Universitas Andalas)  
Prof. Ir. I. Nyoman Sutantra, MSc., PhD (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)  
Prof. Dr. Ir. Eddy Sumarno Siradj, MSc (Universitas Indonesia)  
Prof. Dr. Ir. Yatna Yuwana Martawirya (Institut Teknologi Bandung)  
Prof. Dr. I Made Kartika Dhipura, Dipl.Ing (Universitas Indonesia)  
Prof. I Nyoman Suprpta Winaya,ST,MASc.Ph.D (Universitas Udayana)  
Prof. Ir. NPG Suardana,MT.PhD (Universitas Udayana)  
Prof. Dr. Ir. I Wayan Surata M.Erg. (Universitas Udayana)  
Prof. Dr.Ir.Rudy Soenoko,M.Eng Sc (Universitas Brawijaya)  
Prof. Ir.Jamasri,Ph.D (Universitas Gajah Mada)  
Prof. Dr.Kuncoro Diharjo, ST.MT (Universitas Negeri Sebelas Maret)  
Prof. Dr. Tjok Gde Tirta Nindhia,ST,MT (Universitas Udayana)  
Dr. Mulya Juarsa, S.Si., M.Esc (PTRKN-BATAN)  
Dr. Agus Sunjarianto Pamitran,ST.M.Eng (Universitas Indonesia)



**Hak Cipta @ 2017 oleh KNEP VIII – 2017  
Jurusan Teknik Mesin – Universitas Udayana.  
Dilarang mereproduksi dan mendistribusi  
bagian dari publikasi ini dalam bentuk  
maupun media apapun tanpa seijin Jurusan  
Teknik Mesin – Universitas Udayana.**

**Dipublikasikan dan didistribusikan oleh Jurusan Teknik Mesin – Universitas  
Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362, Indonesia.**

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
NARASUMBER	vii

### ENERGI DAN TERMOFLUID

[ET-001] Pengaruh Suhu dan Kecepatan Aliran terhadap Akurasi Pompa Bahan Bakar Premium dan Pertamina <i>- I Ketut Suarsana, Komang Ayu Ratnawati, Wayan Nata Septiadi</i>	1-4
[ET-002] Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Datar dengan Pengganggu Aliran Berupa Pelat Melintang yang Disusun Sebaris ( <i>Aligned</i> ) <i>- Komang Alit Kumara Jaya, Made Sucipta, Ketut Astawa</i>	5-7
[ET-003] Analisis Gaya Tahanan Aliran Fluida Melintasi Pelat Berlesung ( <i>Dimpled</i> ) Setengah Bola Konfigurasi Sejajar <i>- Nasaruddin Salam, Rustan Tarakka, Jalaluddin, Muh.Setiawan</i>	8-13
[ET-004] Analisis Aerodinamis pada Variasi Bentuk Ekor Desain Bodi Mobil Hemat Energi <i>- Fitra Setiaji, MuhammadAinul Yaqin, Dewi Mariya Ulfa, Nafisah Arina Hidayati, Moch. Agus Choiron</i>	14-18
[ET-005] Optimasi Energi Pada Motor Induksi 3 <i>Phase</i> Dalam Pendistribusian Kebutuhan Air (Studi Kasus di IPA Petanu Kabupaten Gianyar) <i>- Ardikosa SW, Gede One A, Angelina PS</i>	19-23
[ET-007] Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Dengan Rasio Kompresi Dan Bahan Bakar Yang Berbeda <i>- Putu Premayana Dhama Kusuma, Ainul Ghurri</i>	24-28
[ET-008] Pengaruh Tekanan dan Temperatur Terhadap Ukuran Rata-Rata <i>Droplet</i> Minyak Jelantah <i>- I K.G. Wirawan, Ainul Ghurri, W. N. Septiadi</i>	29-34
[ET-010] Pengaruh <i>Suction</i> Terhadap Medan Aliran Pada Model Kendaraan Dengan Variasi Geometri Muka <i>- Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam, Jalaluddin, Muhammad Ihsan</i>	35-38

# Pengaruh *Suction* Terhadap Medan Aliran Pada Model Kendaraan Dengan Variasi Geometri Muka

Rustan Tarakka<sup>1)\*</sup>, Nasaruddin Salam<sup>1)</sup>, Jalaluddin<sup>1)</sup>, Muhammad Ihsan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Kampus Fakultas Teknik Unhas Gowa

<sup>2)</sup>Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Kampus Pinrang

## Abstrak

Medan aliran di sekitar olakan terdapat sepasang *vortisitas* dan *trailing vortice* yang berasal dari tepi miring bagian belakang kendaraan. Desain bentuk kendaraan merupakan aspek yang sangat diperhatikan untuk mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan oleh kendaraan pada saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Pada saat kendaraan yang bergerak, separasi aliran akan terjadi pada bagian belakang kendaraan tersebut akibat efek viskos fluida. Fluida kehilangan energi kinetik di permukaan dinding sehingga tidak memiliki momentum yang cukup untuk mengalir dalam lapisan batas. Perubahan kontur secara drastis menyebabkan fluida tidak mampu bergerak mengikuti kontur sehingga mengalami separasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memodifikasi timbulnya separasi aliran di lapisan batas dari permukaan kendaraan yang berakibat pada terbentuknya aliran balik di sekitar kendaraan adalah penerapan kontrol aktif aliran berupa *suction*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *suction* terhadap medan aliran pada model kendaraan dengan variasi geometri muka. Model uji yang digunakan adalah *reversed Ahmed model* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan ( $\phi$ ) yaitu 25°, 30°, dan 35°. Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasi dengan model turbulensi *k-epsilon standard*. Kecepatan *upstream* dan *suction* yang digunakan adalah masing-masing 16.7 m/s dan 0.5 m/s. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa geometri muka dan *suction* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran pada bagian belakang model kendaraan, dimana pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 25° mengalami olakan yang lebih kecil. Sementara, penambahan *suction* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 30° mengalami pengurangan olakan yang lebih besar.

Kata kunci: geometri muka, medan aliran, olakan, suction

## Abstract

The flow field around the wake comprises a pair of vortices and trailing vortices that come from the sloping edges of the rear of the vehicle. Design of the shape of vehicle is a highly considered aspect in optimizing engine power generated by the vehicle while moving at a certain speed. As the vehicle moves, the flow separation will occur at the rear of the vehicle due to the viscous effect of the fluid. The fluid loses kinetic energy on the surface of the wall to a condition where there is no sufficient momentum to flow in the boundary layer. Contour changes drastically causing the fluid unable to move along the contour until it underwent separation. An effort that can be made to modify the occurrence of separation of flow in the boundary layer of the surface of the vehicle resulting in the formation of backflow around the vehicle is the application of active control flow in the form of suction. This study aims to analyze the effect of suction on the flow field on the vehicle model with variations of frontal geometry. The test model used was a reversed Ahmed model with variations of inclination angle at the front ( $\phi$ ) of 25°, 30°, dan 35°. In this research, computational approach with standard k-epsilon turbulence model was used. The upstream and suction velocities used are 16.7 m/s and 0.5 m/s respectively. The result of the research shows that the surface and suction geometry give significant influence to the flow field at the rear of the vehicle model, where in the vehicle model with the frontal geometry with a slope angle of 25°, the model underwent a smaller wake. Meanwhile, with the addition of suction on both sides of the rear upper side of the vehicle model with a frontal geometry with a slope angle of 30°, the model underwent a larger wake reduction.

Keywords: frontal geometry, flow field, wake, suction

## 1. Pendahuluan

Separasi aliran akibat efek viskos fluida. Fluida kehilangan energi kinetik di permukaan dinding sehingga tidak memiliki momentum yang cukup untuk mengalir dalam lapisan batas. Perubahan kontur secara drastis menyebabkan fluida tidak mampu bergerak mengikuti kontur sehingga mengalami separasi. Olakan yang ditimbulkan oleh separasi aliran memiliki tekanan yang rendah dan menyebabkan gaya *drag*. *Drag* aerodinamis kendaraan tersebut terutama hasil perbedaan tekanan yang signifikan antara depan dan permukaan belakang [1].

Medan aliran disekitar olakan terdapat sepasang *vortisitas* dan *trailing vortice* yang berasal dari tepi miring bagian belakang mobil. Karakteristik fitur aliran pada permukaan miring bagian belakang dan di dekat *wake region* model *Ahmed body* menunjukkan variasi yang besar dalam jarak yang pendek di kedua arah aliran [2].

Desain bentuk mobil merupakan aspek yang sangat diperhatikan untuk mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan oleh mobil melalui proses pembakaran bahan bakar menjadi daya dorong, traksi dan stabilitas mobil pada saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Hambatan aerodinamika yang

\*Korespondensi: HP 08114214217

E-mail: rustan\_tarakka@yahoo.com

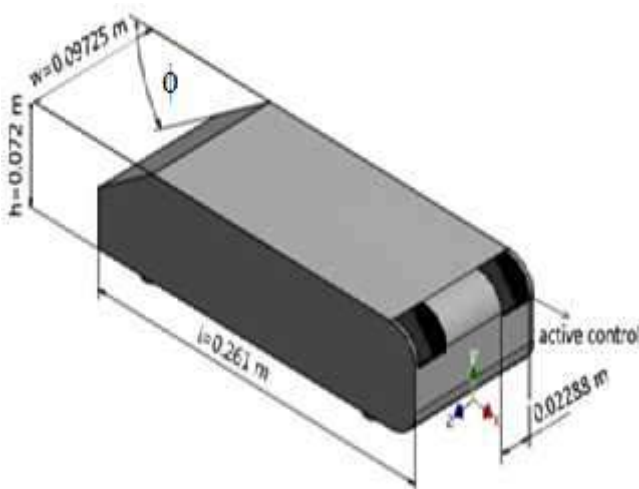
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2017

besar disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dan separasi aliran yang terjadi di bagian belakang mobil. Separasi aliran yang terjadi pada lapisan batas kecepatan aliran fluida dan permukaan padat dari mobil akan membentuk aliran balik.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memodifikasi timbulnya separasi aliran di lapisan batas dari permukaan kendaraan yang berakibat pada terbentuknya aliran balik di sekitar kendaraan adalah penerapan kontrol aktif aliran. *Suction* merupakan salah satu teknik kontrol aktif aliran yang dapat diaplikasikan pada kendaraan untuk mengontrol terjadinya separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. Penelitian tentang penerapan *suction* pada model kendaraan telah dilakukan oleh banyak peneliti [3,4,5,6,7,8].

## 2. Metode Penelitian

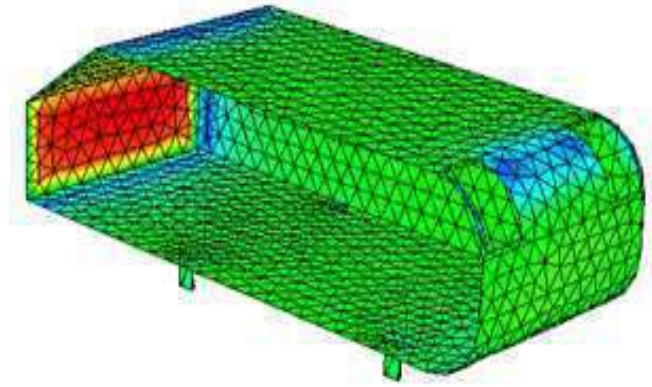
Model uji yang digunakan dalam penelitian ini merupakan model sebuah mobil keluarga (*van model*) yang dinamakan sebagai *reversed Ahmed model*. Pada penelitian ini, model kendaraan *reversed Ahmed model* diuji dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan, ( $\phi$ ) masing-masing  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  tanpa kontrol aktif aliran yang kemudian akan dibandingkan dengan model kendaraan yang dilengkapi dengan kontrol aktif berupa *suction*.



Gambar 1. Model kendaraan “reversed Ahmed model”

Gambar 1 memperlihatkan model kendaraan *reversed Ahmed model* yang digunakan pada penelitian yang memiliki rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body*. Karena itu model kendaraan tersebut mempunyai dimensi panjang  $l=0.261$  m, tinggi  $h=0.072$  m dan lebar  $w=0.09725$  m.

Pendekatan komputasi pada penelitian ini menggunakan *software CFD fluent 6.3* [9] dengan model turbulensi *k-epsilon standard*. Pada Gambar 2, ditampilkan grid (mesh) model kendaraan *reversed Ahmed model*. Untuk kondisi batas, antara lain kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s, kecepatan *suction*,  $U_{sc} = 0.5$  m/s, kerapatan udara  $1.225$  kg/m<sup>3</sup> dan viskositas  $1.7894 \times 10^{-5}$  kg/m-s. Medan aliran diasumsikan sebagai aliran tak mampu mampat (*incompressible flow*) dengan kondisi *steady state*.



Gambar 2. Tampilan grid model kendaraan

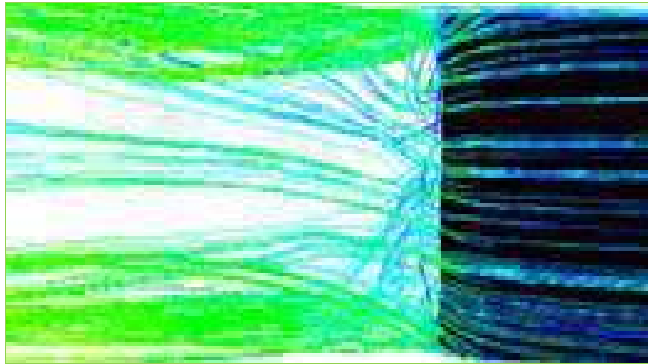
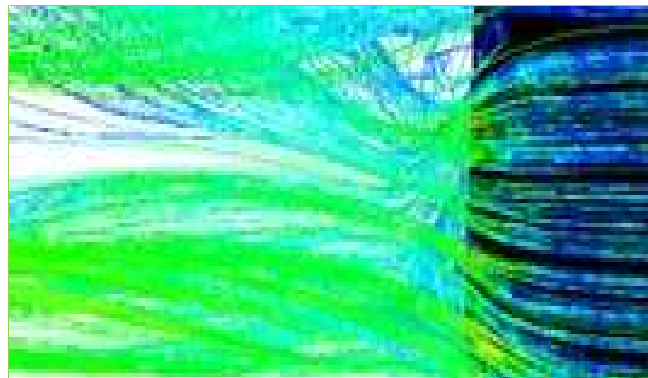
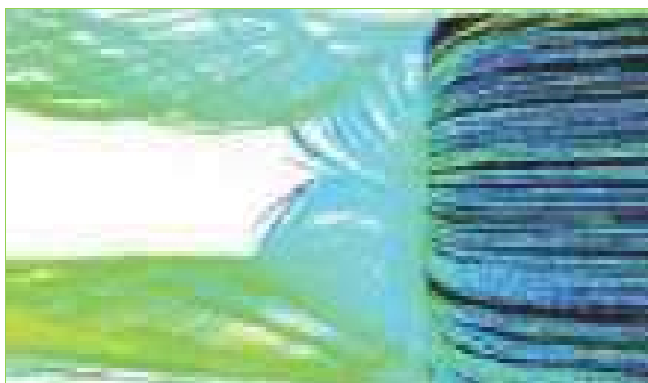
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Tanpa Kontrol Aliran

Pada Gambar 3 ditampilkan *pathline* kecepatan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream* 16,7 m/s. Dari Gambar 3 tersebut, terlihat bahwa pada bagian belakang model kendaraan dimana geometri muka dengan sudut kemiringan ( $\phi$ ) bagian depan masing-masing  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  terjadi pemisahan aliran yang berdampak pada timbulnya aliran balik pada bagian belakang pada masing-masing model kendaraan yang membentuk olakan. Selain itu, olakan yang terbentuk juga disebabkan karena pada bagian tepi sisi belakang masing-masing model kendaraan terjadi *vortex longitudinal*, dimana fluida pada bagian tepi akan mengalir menuju bagian tengah yang kecepatan aliran pada bagian tersebut akan menurun apabila dibandingkan dengan kecepatan aliran bagian tepi pada model kendaraan. Pemisahan aliran yang terjadi disebabkan karena fluida yang mengalir tidak dapat lagi mengikuti bentuk permukaan model kendaraan [7].

Pada kecepatan *upstream* 16,7 m/s dengan variasi geometri muka model kendaraan memperlihatkan adanya perbedaan *pathline* kecepatan pada bagian belakang masing-masing model kendaraan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(a-c). *Pathline* kecepatan merupakan garis jejak atau garis lintasan aliran fluida pada masing-masing model kendaraan sehingga tampak pola atau struktur aliran udara yang mengalir pada masing-masing model kendaraan.

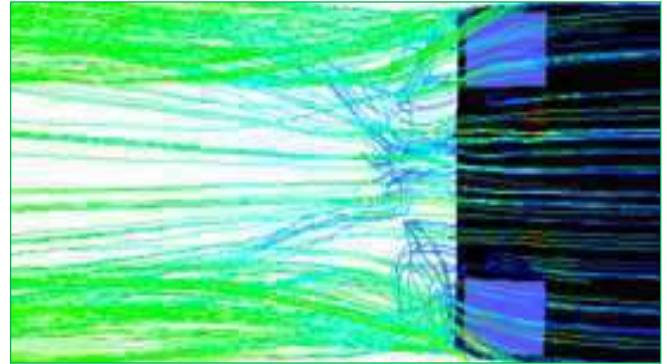
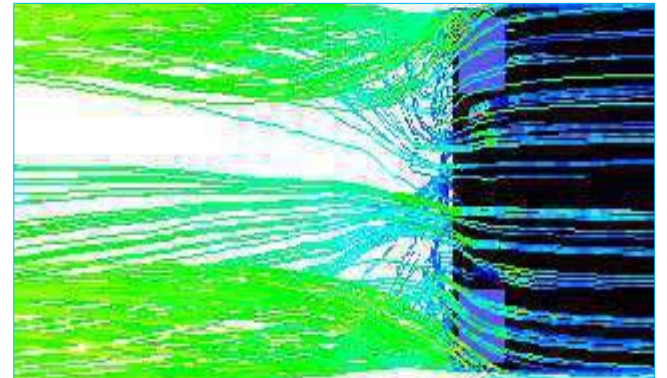
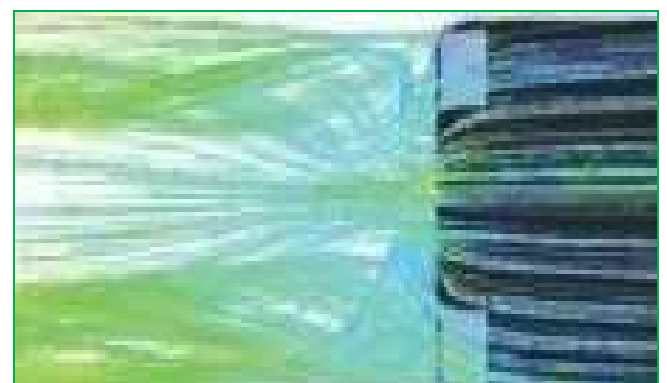
Aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  seperti yang tampak pada Gambar 1(b-c) mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$  (Gambar 3a). Olakan yang besar tersebut disebabkan karena adanya pemisahan aliran yang berdampak pada penurunan tekanan pada bagian belakang model kendaraan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Roumeas M., et al 2008, dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji akan menyebabkan olakan dan penurunan tekanan [10].

a. Model kendaraan dengan  $\phi = 25^\circ$ b. Model kendaraan dengan  $\phi = 30^\circ$ c. Model kendaraan dengan  $\phi = 35^\circ$ 

Gambar 3. *Pathline* kecepatan pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s.

### 3.2. Dengan Kontrol Aliran *Suction*

Penempatan *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada masing-masing model kendaraan dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan aliran seperti yang ditampilkan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 tersebut, terlihat bahwa dengan penambahan *suction* maka olakan (*wake*) dan *vortex* yang terjadi pada model kendaraan tanpa kontrol sebelumnya dapat dikurangi atau dipindahkan menjauhi model kendaraan. Akibat olakan yang telah dipindahkan menjauhi model uji maka kecepatan aliran udara pada bagian belakang model kendaraan akan meningkat. Hal ini disebabkan adanya tambahan energi berupa aliran fluida yang mempengaruhi olakan (*wake*) yang terjadi pada bagian belakang model kendaraan.

a. Model kendaraan dengan  $\phi = 25^\circ$ b. Model kendaraan dengan  $\phi = 30^\circ$ c. Model kendaraan dengan  $\phi = 35^\circ$ 

Gambar 4. *Pathline* kecepatan pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *suction* dan *upstream*, masing-masing  $U_{sc} = 0.5$  m/s dan  $U_0 = 16.7$  m/s.

Informasi yang terlihat dari Gambar 4 menunjukkan fenomena yang sama pada masing-masing model kendaraan dengan kecepatan *upstream*  $U_0 = 16.7$  m/s bahwa penambahan *suction* menyebabkan berkurangnya daerah olakan dan *vortex* yang terbentuk pada bagian belakang model kendaraan. Besarnya pengurangan daerah olakan (*wake*) pada bagian belakang masing-masing model kendaraan berbeda-beda. Berdasarkan dari Gambar 4, terlihat bahwa model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^\circ$  mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$  dan  $35^\circ$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa efek pengurangan daerah olakan dengan adanya penambahan *suction* lebih optimal pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^\circ$ .

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Variasi geometri muka memberikan pengaruh terhadap medan aliran pada bagian belakang model kendaraan, dimana pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^{\circ}$  mengalami olakan yang lebih kecil jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^{\circ}$  dan  $35^{\circ}$ .
- 2) Penambahan *suction* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada masing-masing model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran dimana model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^{\circ}$  mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^{\circ}$  dan  $35^{\circ}$ .

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2017, dengan Kontrak Penelitian Nomor : 2774/UN4.21/LK23/2017 tanggal 4 Mei 2017.

#### Daftar Pustaka

- [1] Barros D., Borée J., Noack B.R., Spohn A. and Ruiz T., *Effects of Unsteady Coanda Blowing on the Wake and Drag of a Simplified Blunt Vehicle*, Springer International Publishing Switzerland, 2017.
- [2] Tunay T., Yaniktepe B. and Sahin B., *Computational and experimental investigations of the vortical flow structures in the near wake region downstream of the Ahmed vehicle model*, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn, Vol. 159, pp. 48–64, 2016
- [3] Kourta A. and Vitale E., *Analysis and control of cavity flow*, Physics of Fluids, Vol. 20, pp. 077-104, 2005
- [4] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., *Analysis and control of the near-wake flow over a square-back geometry*, Computers & Fluids, Vol. 38, pp. 60–70, 2009
- [5] Harinaldi, Budiarmo, Tarakka R, Simanungkalit SP. *Computational Analysis of Active Flow Control to Reduce Aerodynamics Drag on a Van Model*. International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, Vol.11, No. 03, pp.24-30, 2011
- [6] Budiarmo, Harinaldi, Tarakka R., Simanungkalit SP., *Pengaruh Model Turbulensi pada Analisis Komputasi Kontrol Aktif Aliran terhadap Drag Aerodinamika Reversed Ahmed Body*, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-10, Malang, 2011
- [7] Harinaldi, Budiarmo, Warjito, Engkos A K., Tarakka R., and Simanungkali SP., *Active Technique By Suction To Control The Flow Structure Over A Van Model*, Journal of

Engineering and Applied Science, Vol. 7, No. 2, pp. 215-222, 2012

- [8] Harinaldi, Budiarmo, Warjito, Kosasis E.A., Tarakka R., Simanungkalit S.P. & I. G. M. Fredy L.T., *Modification of Flow Structure over a Van Model by Suction Flow Control to Reduce Aerodynamics Drag*, Jurnal Makara Seri Teknologi, Terakreditasi No. 110/Dikti/Kep/2009, Depok, Vol. 16, No. 1, pp. 15-21, 2012
- [9] User's Guide Manual of Fluent 6.3.2, 2006
- [10] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., *Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry*, Journal of Fluids Engineering, Vol.130, 2008



**Rustan Tarakka** menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Hasanuddin pada tahun 1999. Pendidikan magister teknik Mesin diselesaikan di Universitas Hasanuddin pada tahun 2008 dengan area riset pada bidang mekanika fluida. Pada tahun 2012, ia menyelesaikan pendidikan doktoral di Universitas Indonesia.

Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Bidang penelitian utama yang digeluti adalah dinamika fluida dan CFD.

2. Sertifikat Pemakalah dan Paper pada Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XVI 2017



## Aplikasi Kontrol Aktif Suction Pada Model Kendaraan dengan Variasi Geometri Muka

Rustan Tarakka<sup>1</sup>, Nasaruddin Salam<sup>2</sup>, Jalaluddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

### Abstrak

Perilaku aliran fluida sekitar benda solid (*bluff body*) dapat direkayasa dengan memberikan kontrol aliran baik kontrol pasif maupun aktif. Fluida yang mengalir mengalami gesekan dengan permukaan benda sehingga daerah di sekitar permukaan akan mengalami perubahan arah. Akibatnya aliran fluida mengalami separasi yang menyebabkan penurunan tekanan pada bagian belakang dan berimplikasi pada peningkatan hambatan aerodinamika. Untuk menghilangkan fenomena tersebut maka *bluff body* dapat diberikan kontrol aktif aliran fluida yang akan merubah pola aliran sekitar benda tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontrol aktif *suction* pada model kendaraan dengan variasi geometri muka. Model kendaraan yang digunakan sebagai model uji adalah *reversed Ahmed model* dengan variasi *slant angle* pada bagian depan ( $\phi$ ) yaitu  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $35^\circ$ . Pendekatan komputasi digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan *software CFD fluent 6.3*. Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 16.7 m/s, sementara kecepatan *suction* yaitu 0.5 m/s. Hasil penelitian yang diperoleh memberikan informasi bahwa aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan hambatan aerodinamika. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi dengan sudut kemiringan pada bagian depan ( $\phi$ )= $35^\circ$  yaitu 14.74%.

**Kata kunci :** hambatan aerodinamika, komputasi, model kendaraan, *suction*

### Abstract

Fluid flow behavior around a solid body (*bluff body*) can be engineered by providing flow control either passive or active. Fluid undergoing friction with the surface of the object will undergo change direction. As a result fluid flow undergoes a separation causing a decrease in pressure on the back and implies an increase in aerodynamic resistance. To overcome the phenomena, *bluff bodies* can be provided fluid flow active controls that will change the flow pattern around the object. This study aimed to analyze the effect of suction active control on vehicle model with variation of front geometry. The vehicle model used as the test model was a *reversed Ahmed model* with variations of slant angle on the front ( $\phi$ ) i.e.  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ , and  $35^\circ$ . A computational approach was deployed in this study by using *CFD fluent 6.3 software*. The upstream velocity used is 16.7 m/s, while the suction velocity is 0.5 m/s. The results obtained provide information that the application of suction active control suction on the vehicle model gives a significant effect on the reduction of aerodynamic drag. The greatest aerodynamic drag reduction occurs with the slope angle at the front ( $\phi$ ) =  $35^\circ$  i.e. 14.74%

**Keywords :** aerodynamic drag, computation, vehicle model, suction

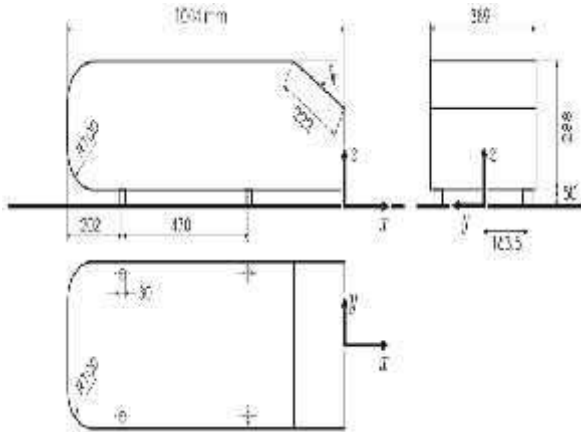
### Pendahuluan

Banyak penelitian [1-6] menggunakan model Ahmed seperti yang tampak pada Gambar 1 sebagai referensi model paling umum untuk mobil berjenis *bluff body* karena bentuknya yang cukup sederhana namun diyakini dapat mencapai tingkat akurasi yang

memadai pada simulasi aliran dengan mempertahankan fitur yang relevan, penting dan praktis dari *body* mobil tersebut.

Perilaku aliran fluida sekitar benda solid (*bluff body*) dapat direkayasa dengan memberikan kontrol aliran baik kontrol pasif maupun aktif. Fluida yang mengalir

mengalami gesekan dengan permukaan benda sehingga daerah di sekitar permukaan akan mengalami perubahan arah. Akibatnya aliran fluida mengalami separasi yang menyebabkan penurunan tekanan pada bagian belakang dan berimplikasi pada peningkatan hambatan aerodinamika. Untuk menghilangkan fenomena tersebut maka *bluff body* dapat diberikan kontrol aktif aliran fluida yang akan merubah pola aliran sekitar benda tersebut.



Gambar 1. Model *Ahmed body* [7]

Secara umum, teknik kontrol aliran yang telah dikembangkan dapat dibedakan menjadi 4 berdasarkan konfigurasi dan tujuannya. Salah satunya adalah melakukan kontrol aliran dengan aktuasi sepanjang dinding *downstream* dimana separasi terjadi, seperti dengan tiupan, hisapan, atau sintetik jet. Teknik ini bisa menjadi strategi kontrol yang efisien, tetapi harus disesuaikan dengan aliran *upstream* [8].

Brunn A. et al, melakukan penelitian secara numerik dan eksperimental tentang kontrol aktif pada model kendaraan generik (*generic car model*) menggunakan desain dasar *Ahmed model* yang mempunyai ukuran  $\frac{1}{4}$  dari geometri *Ahmed body* original dengan tujuan untuk mengurangi *drag* aerodinamika total dari model tersebut. Dua *Ahmed model* yang berbentuk 3D yang diinvestigasi, mempunyai sudut kemiringan pada bagian belakang  $25^\circ$  dan  $35^\circ$  [9].

Roumeas et al., juga melakukan penelitian secara numerik tentang pengurangan *drag* dengan mengontrol separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode *Lattice Boltzmann* 3D dengan model

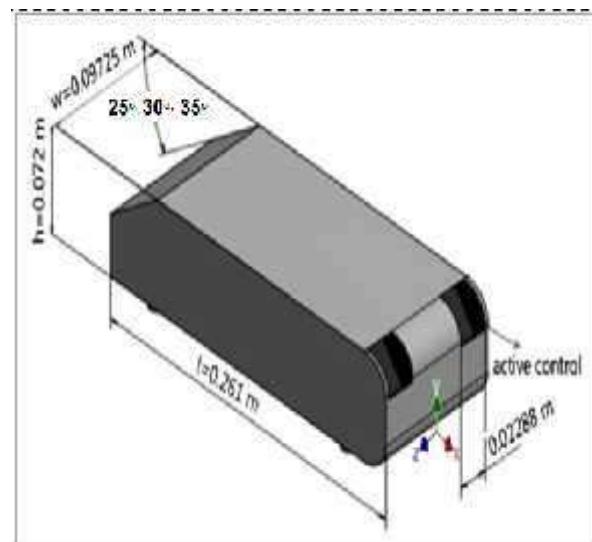
turbulensi *k-epsilon RNG*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengaruh dari *suction* (hisapan) memberikan efek *reattachment* pada aliran yang terseparasi pada dinding bidang miring *Ahmed body*. Dengan adanya *reattachment* tersebut mengakibatkan efek positif dalam pengurangan *drag* [10].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan dengan variasi geometri muka ( $\phi$ ) dengan menggunakan pendekatan komputasi.

## Metodologi

Pada penelitian ini dipergunakan model kendaraan *reversed Ahmed model* dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan, ( $\phi$ ) masing-masing  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $35^\circ$ . Ketiga model kendaraan tersebut dilengkapi dengan kontrol aktif berupa *suction*.

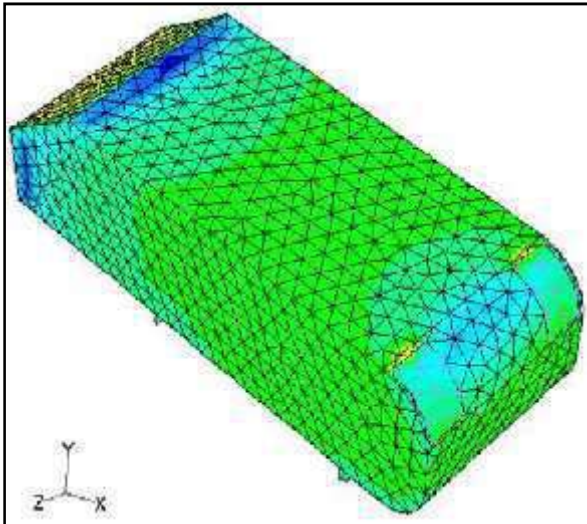
Model kendaraan *reversed Ahmed model* yang digunakan pada penelitian ini mempunyai rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body* diperlihatkan pada Gambar 2. Karena itu, model kendaraan tersebut mempunyai dimensi panjang  $l = 0.261$  m, tinggi,  $h = 0.072$  m dan lebar  $w = 0.09725$  m.



Gambar 2. Model kendaraan *reversed Ahmed model*

Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasi dengan *software CFD fluent 6.3* [11] dimana model turbulensi yang dipakai

adalah *k-epsilon standard*. Grid (*mesh*) model kendaraan *reversed Ahmed model* ditampilkan pada Gambar 3. Sementara, kondisi batasnya adalah kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s, kecepatan *suction*,  $U_{sc} = 0.5$  m/s, kerapatan udara  $1.225$  kg/m<sup>3</sup> dan viskositas  $1.7894 \times 10^{-5}$  kg/m-s. Medan aliran diasumsikan sebagai aliran tak mampu mampat (*incompressible flow*) dengan kondisi *steady state*.



Gambar 3. Grid (*mesh*) model kendaraan

### Hasil dan Pembahasan

Nilai koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan tanpa kontrol aktif aliran dengan kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan tanpa kontrol aktif aliran dengan kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s

No	Model kendaraan ( $\phi$ )	Koefisien hambatan aerodinamika, $c_d$
1	25°	1.7752
2	30°	1.6709
3	35°	1.7556

Dari Tabel 1 diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan ( $\phi$ ) adalah 30°

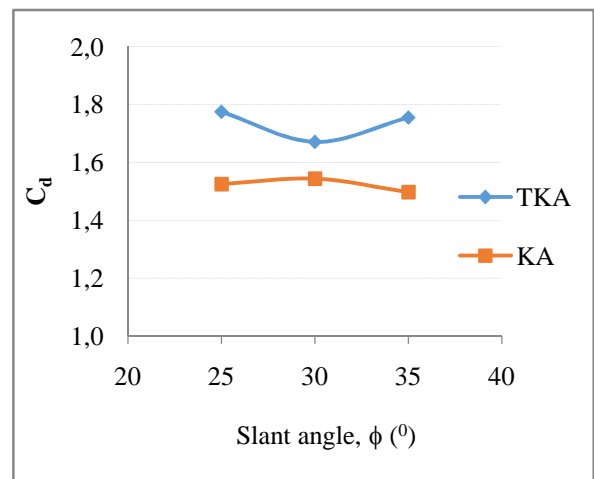
sebesar 1.6709. Sementara, pada  $\phi$  25° dan 35° masing-masing 1.7752 dan 1.7556.

Penerapan *suction* pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan 0.5 m/s memberikan nilai koefisien hambatan aerodinamika seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien hambatan aerodinamika model kendaraan dengan kontrol aktif aliran *suction* dengan kecepatan,  $U_{sc} = 0.5$  m/s dan kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s

No	Model kendaraan ( $\phi$ )	Koefisien hambatan aerodinamika, $C_d$
1	25°	1.5248
2	30°	1.5434
3	35°	1.4968

Dari Tabel 2, diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan terkecil terjadi pada model kendaraan dengan kemiringan pada bagian depan ( $\phi$ ) adalah 35°. Sementara, pada  $\phi$  25° dan 30° masing-masing 1.5248 dan 1.5434.



Gambar 4. Hubungan koefisien hambatan aerodinamika terhadap sudut kemiringan model kendaraan

Hubungan koefisien hambatan aerodinamika terhadap sudut kemiringan pada model kendaraan ditunjukkan pada Gambar 4. Informasi yang diperoleh dari Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan penerapan kontrol aktif aliran berupa *suction* pada

bagian belakang dari 3 (tiga) model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan koefisien hambatan aerodinamika.

Tabel 3. Pengurangan hambatan aerodinamika model kendaraan dengan kontrol aktif aliran *suction* dengan kecepatan,  $U_{sc} = 0,5$  m/s dan kecepatan *upstream*,  $U_o = 16.7$  m/s

No	Model kendaraan ( $\phi$ )	Pengurangan hambatan aerodinamika, %
1	25°	14.11
2	30°	7.63
3	35°	14.74

Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar sebagai efek penerapan kontrol aktif berupa *suction* dengan kecepatan *suction*  $U_{sc} = 0.5$  m/s dan kecepatan *upstream*  $U_o = 16.7$  m/s. terjadi pada model kendaraan dengan  $\phi$  35° sebesar 14.74%. Sementara, pada model kendaraan dengan  $\phi$  25° dan 30° masing-masing 14.11% dan 7.63%. Besarnya pengurangan hambatan aerodinamika pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 35° sebagai dampak pengaplikasian kontrol aktif *suction* yang mampu menaikkan koefisien tekanan pada bagian belakang model kendaraan. Peningkatan koefisien tekanan pada bagian belakang model kendaraan tersebut akan mengakibatkan penurunan hambatan aerodinamika. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini, juga sejalan dengan hasil penelitian yang diperoleh Roumeas et al., dimana penerapan kontrol aktif hisapan yang diletakkan di bagian atas dari jendela belakang (*rear window*) pada geometri mobil *fastback* yang disederhanakan mampu menghilangkan separasi dan memperoleh pengurangan *drag* aerodinamis sebesar 17% [12].

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan memberikan pengaruh yang

signifikan terhadap pengurangan hambatan aerodinamika.

2. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi dengan sudut kemiringan pada bagian depan ( $\phi$ )=35° yaitu 14.74%.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2017, dengan Kontrak Penelitian Nomor : 2774/UN4.21/LK23/2017 tanggal 4 Mei 2017.

## Referensi

- [1] Lienhart H., Stoots C., and Becker S., Flow and turbulence structures in the wake of a simplified car model (Ahmed model), Numerical and Experimental Fluid. (2002).
- [2] Hinterberger C., Villalba M. G. & Rodi W., Large eddy simulation of flow around the Ahmed body, Institute for Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany, 2004.
- [3] Franck G. & D'Elia J., CFD modeling of the flow around the Ahmed vehicle model, <http://www.cimec.org.ar>
- [4] Fares E., Unsteady flow simulation of the Ahmed reference body using a lattice Boltzmann approach, Computers and Fluids, 35 (2006) 940-950.
- [5] Uruba V., and Hladík O., On the Ahmed body wake, Colloquium Fluid Dynamics, Institute of Thermomechanics AS CR, v.v.i., Prague, 2009.
- [6] Conan B., Anthoine J., and Planquart P., Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body, Experimental in Fluids, 50 (2011) 1273–1284.
- [7] Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin., 1984, SAE paper, Detroit, Michigan, USA, 840300-01, 1984.
- [8] Jean-Luc Aider, Jean-Francois Beaudoin, and Jose Eduardo Wesfreid., Drag and lift reduction of a 3D bluff-body using active vortex generator, Journal of Experimental Fluids, 9 (2009) 365-379.
- [9] Brunn A., Wassen E., Sperber D., Nitsche W., and Thiele F., 2007, Active Drag Control for a Generic Car Model,

Active Flow Control, NNFM. 95 (2007)  
247–259.

- [10] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A.,  
Analysis and control of the near-wake  
flow over a square-back geometry,  
Computers & Fluids, 38 (2009) 60–70.
- [11] User's Guide Manual of Fluent 6.3,  
September 2006.
- [12] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A.,  
Drag reduction by flow separation control  
on a car after body, International Journal  
for Numerical Method in Fluids, 60  
(2009) 1222-1240.

3. Bukti Submit dan Paper pada International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E)  
(Jurnal Internasional Terindex Scopus)

**Judul:** Submission of Paper  
**Dari:** Rustan Tarakka (rustan\_tarakka@yahoo.com)  
**Kepada:** editorialstaff@praiseworthyprize.com;  
**Tanggal:** Minggu, 15 Oktober 2017 7:25

Dear Sir/Madam  
Editorial Board of IREME-International Review of Mechanical Engineering

We have tried to submit a paper to IREME's website on praiseworthyprize.com. However, we faced difficulties in submitting our paper. Our paper "Active Flow Control by Suction on Vehicle Models with Variations on Front Geometry" supposed to be submitted to the Journal's website but with the situations the submission did not succeed. Herewith, I submit the paper via this email address. Thank you for your attention. We are waiting for further information.

Best regards,

Dr. Rustan Tarakka  
Dept. of Mechanical Engineering  
Hasanuddin University

### Lampiran

- I.RE.M.E\_Rustan Tarakka, et.al\_Hasanuddin University.docx (324,13KB)

**Subject:** Re: Submissiun of Paper  
**From:** Praise Worthy Prize Editorial Staff (praiseworthyprize@gmail.com)  
**To:** rustan\_tarakka@yahoo.com;  
**Date:** Thursday, October 19, 2017 12:37 AM

Dear Dr. Tarakka  
thank you for your e-mail.  
I've just completed the submission on your own. Its ID is 13876.  
For any further question or doubt I'm at your disposal.

Best Regards

Francesca Scialla  
Member of the Editorial Staff

\*\*\*\*\*  
FRAISE WORTHY PRIZE S.r.l.  
PUBLISHING HOUSE  
Editorial Staff

INFORMATION

- [For Readers](#)
- [For Authors](#)
- [For Librarians](#)

[Cookies Policy](#)

FONT SIZE



USER

You are logged in as ..  
**rustantarakka**

- [My Journals](#)
- [My Profile](#)
- [Log Out](#)



HOME   PRAISE WORTHY PRIZE   ABOUT   USER HOME   SEARCH  
CURRENT   ARCHIVES   ANNOUNCEMENTS   OTHER JOURNALS  
DOWNLOAD ISSUES   SUBMIT YOUR PAPER   SPECIAL ISSUE

[Home](#) > [User](#) > [Author](#) > [Active Submissions](#)

## Active Submissions

[ACTIVE](#)   [ARCHIVE](#)

<a href="#">ID</a>	<a href="#">MM-DD</a> <a href="#">SUBMIT</a>	<a href="#">SEC</a>	<a href="#">AUTHORS</a>	<a href="#">TITLE</a>	<a href="#">STATUS</a>
13876	10-19	ART	Tarakka	<a href="#">ACTIVE FLUX CONTROL BY SUCTION ON VEHICLE MODELS WITH...</a>	<a href="#">IN REVIEW</a>

1 - 1 of 1 Items

### Start a New Submission

[CLICK HERE](#) to go to step one of the five-step submission process.

[PRAISE WORTHY PRIZE HOMEPAGE](#)

SUBSCRIPTION

[My Subscriptions](#)  
[Give a gift subscription](#)

AUTHOR

Submissions  
• [Active \(1\)](#)  
• [Archive \(1\)](#)  
• [New Submission](#)

NOTIFICATIONS

- [View \(1 new\)](#)
- [Manage](#)

JOURNAL CONTENT

Search

All   
Search

## Active Flow Control by Suction on Vehicle Models with Variations on Front Geometry

Rustan Tarakka<sup>1</sup>, Nasaruddin Salam<sup>1</sup>, Jalaluddin<sup>1</sup>, Muhammad Ihsan<sup>2</sup>

**Abstract** – Current development of modern vehicles requires rigorous aerodynamic study due to the complexity of the flow field around a car which is influenced by geometric design of vehicles. That makes research on the aerodynamic drag force on vehicles very important. This study aimed to analyze the effect of active flow control by suction and variations on front geometry towards the reduction of aerodynamic drag as well as pressure coefficients on vehicle models. The research was conducted in computational and experimental approaches. Frontal slant angle variations ( $\theta$ ) of 25°, 30° and 35° were applied in the study. Computational approach used k-epsilon standard turbulence model. Upstream and suction velocity values used were 16.7 m/s and 0.5 m/s, respectively. Load cells were used in the experimental approach to validate the reduction of aerodynamic drag obtained from computational approach. Results indicate that active flow control by suction and variations on front geometry give significant impact to the increasing on pressure coefficients and the reduction of aerodynamic drag on vehicle models. While the largest increasing on pressure coefficients occurred on the vehicle model with  $\theta=35^\circ$  at 26.50%, the largest reduction of aerodynamic drag occurred on the same model with the value of 14.74 for computational approach and 13.57 for experimental approach, while the reductions of aerodynamic drag coefficients of the two approaches differ about 1.17%. **Copyright © 2018 Praise Worthy Prize S.r.l. - All rights reserved.**

**Keywords:** Aerodynamic Drag Reduction, Pressure Coefficients, Front Geometry, Suction, Vehicle Model

### Nomenclature

$C_d$	Drag coefficient
$C_p$	Pressure coefficient
$F_d$	Pressure drag force [N]
$h$	Height of test model [m]
$l$	Length of test model [m]
$\rho$	Density [ $\text{kg/m}^3$ ]
$\theta$	Front slant angle [ $^\circ$ ]
Re	Reynolds number
$S$	Cross section area [ $\text{m}^2$ ]
$\tau_w$	Wall shear stress [ $\text{N/m}^2$ ]
$U_{sc}$	Suction velocity [m/s]
$U_o$	Upstream velocity [m/s]
$\mu$	Viscosity [ $\text{N s/m}^2$ ]
$w$	Width of test model [m]

### I. Introduction

In many developing countries with high population levels, the growth rate of passenger vehicle production has increased significantly, making the transport sector the world's major fuel oil user.

The amount of fuel consumption of motor vehicles such as the type of family vehicle is influenced by the magnitude of the aerodynamic drag force experienced by the vehicle.

Therefore, the reduction of aerodynamic drag force becomes a solution to achieve fuel efficiency. For most road vehicles, improvements to the wake flow characteristics could give significant drag reduction. The main contributions to aerodynamic drag arise from separated flows in the rear, causing pressure recovery losses and the creation of vortex in the wake [1]-[5].

In addition, the current development of modern vehicles also requires rigorous aerodynamic study due to the complexity of the flow field around a car that is influenced by the geometric design of the car. This makes research on the aerodynamic drag force on the vehicle very important. Therefore, the current research related to the subject has been conducted extensively [6], [7], [8], [9].

In earliest studies in the field of vehicle aerodynamics, simple vehicle models that can produce relevant features in the flow around real vehicles were mostly employed [1], [10], [11], [12], [13], [14]. One of the techniques under development to reduce aerodynamic drag on vehicles is by adding an active flow control. The active control strategy involves the addition of energy which aims to control (prevent or delay) the occurrence of flow separation that may lead to backflow on the surface of the vehicle without changing the shape of vehicles [15].

Many active control techniques have been developed by focusing on local intervention in wall turbulence deal

with steady blowing or suction [16], [17], [18]. Brunn A. et al. [19] conducted numerical and experimental research on active controls on generic model vehicles. In this study, the generic vehicle model uses the basic design of the Ahmed model that has a size of 1/4 of the original Ahmed body geometry. The investigated Ahmed 3D model had a slope angle on the back 25° and 35°. Numerical analysis in this study used LES turbulence model. The experimental and numerical approaches using constant blowing show that the resulting vortices become weak. However, overall the total drag change obtained is very small, only about 2.5% due to the weakening of vortices and increasing the separation flow region on the slant side of the Ahmed model.

Rouméas et al. [15] conducted numerical research using the Ahmed model as a test model with a slant angle of 25° to the horizontal reference. Continuous suction is a flow control which is used and placed on the back side of the fastback car. The results show that the effect of the suction provides reattachment effect on the smoothed stream on Ahmed body slant wall with 17% drag force reduction. Harinaldi et al. [20] conducted research using a modified/reversed Ahmed body. The model was equipped with active flow control by suction. Drag reduction obtained by 24% for computational approach and 14.8% for experimental approach. This study aimed to analyze the effect of active control by suction and variations on front geometry towards the reduction aerodynamic drag on vehicle models. Better reduction of aerodynamic drag can reduce flow separation that will lead to energy efficiency. The understanding of aerodynamic drag reduction and pressure coefficient are expected to improve the design method of future vehicles.

## II. Methodology

The study investigates the drag reduction occurring in a bluff body of van model adapted from Ahmed model, in which flow streams in reversed direction to the original model (reversed Ahmed model) [20], [21], [22], [23]. The van model was equipped with an active control by applying suction. Reversed Ahmed body model was used because it represents a typical form of family van commonly produced by car manufacturer. The van model was used both in the computational methods (CFD) and experimental.

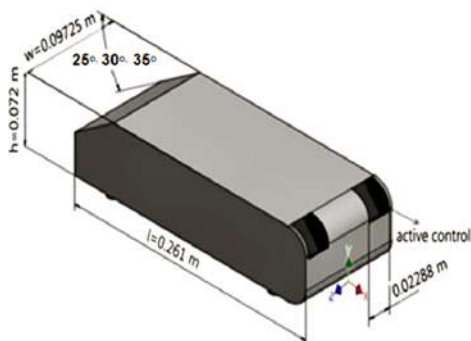


Fig. 1. Vehicle model “reversed Ahmed model”

Figure 1 shows the vehicle model used in the investigation. The geometric ratio of van model employed in the study to the original Ahmed body model [1] was 0.25.

Hence, the vehicle model geometry was defined by its length ( $l = 0.261\text{m}$ ), width ( $w = 0.09725\text{ m}$ ) and its height ( $h = 0.072\text{ m}$ ). In this configuration, the front part of body was inclined with slant angles ( $\theta$ ) of 25°, 30° and 35° to the horizontal reference.

The amount of viscous drag force and pressure drag force  $F_d$  is presented in following equation:

$$F_d = \int \tau_w \sin \theta dS + \int p \cos \theta dS \quad (1)$$

Drag coefficient  $C_d$  is expressed as:

$$C_d = \int \frac{\tau_w}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2} \sin \theta dS + \frac{\int C_p \cos \theta dS}{S} \quad (2)$$

where  $\tau_w = \mu(du/dy)_w$  is the wall shear stress which is evaluated from the velocity gradient at the wall and  $C_p = (p-p_\infty)/(\rho V_\infty^2/2)$  is pressure coefficient which is evaluated from pressure distribution at the wall.

The 3D computational domain is shown in Figure 2 with dimensions of length ( $L$ ) = 8l, width ( $W$ ) = 2l, and height ( $H$ ) = 2l ( $l$  = length of model in x-axis). Type of meshing was tetra/hybrid element with hex core type. The boundary condition was inlet velocity of 16.7 m/s.

Average free stream at far upstream region was assumed in a steady state and uniform condition. The suction velocity was set 0,5 m/s. Reynolds number corresponding to the length of the test model was  $Re = 2.98 \times 10^5$ . The details of computational conditions are given in Table I.

TABLE I  
COMPUTATIONAL CONDITION

COMPUTATIONAL CONDITION		
Computational condition		
Vehicle model	3D, steady state $\theta=25^\circ, \theta=30^\circ$ and $\theta=35^\circ$	
Fluid	Air	
Fluid properties	Density	1.225 kg/m <sup>3</sup>
	Viscosity	0.000017894 kg/m-s
Boundary condition without active flow control	Vehicle model	Wall
	Pressure outlet	Pressure outlet
	Velocity inlet	Velocity inlet
	Wall	Wall
Boundary condition with active flow control by suction	Vehicle model	Wall
	Pressure outlet	Pressure outlet
	Velocity inlet	Velocity inlet
	Wall	Wall
	Suction1	Velocity inlet
	Suction2	Velocity inlet
Upstream velocity	16.7 m/s	
Suction velocity	0.5 m/s	

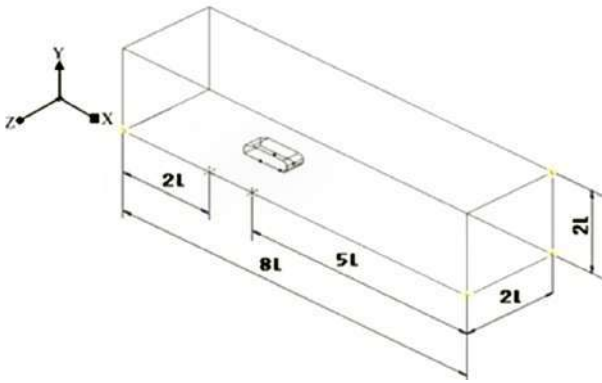


Fig. 2. The 3D computational domain

The model experimental tests were carried out in a controlled low speed wind tunnel. The tests employed van model made of acrylic material with a 0.25 scale to the original Ahmed body model [1]. The van models consisted of two test models which were model without flow control and model with active flow control by suction. The suction was configured inside the body of the model at the area where the flow separation was predicted to cause a significant drag based on the computational results. The suction was conducted by using a vacuum pump. Suction velocity was set at 0.5 m/s. Both models were placed in a low speed wind tunnel test section with free stream air flow.

The parameter to be investigated was the aerodynamic drag force measured by using a load cell as shown in Fig. 3. The measurement scheme of aerodynamic drag force is as shown in Fig. 4.

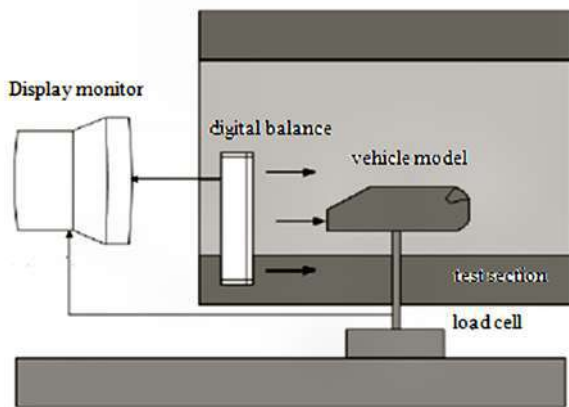


Fig. 3. Sketch of vehicle model placement to the load cell and calibration

Before the main experiments, the load cell was calibrated using a digital balance and then a preliminary measurement was performed to determine the statistical uncertainty of force measurement. The statistical uncertainty was predicted at about  $\pm 2\%$ .

Dimensionless drag coefficient related to drag force acting on the bluff body is then defined as follow:

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S} \quad (3)$$

where,  $\rho$  is air density,  $V_\infty$  is free stream velocity,  $S$  is cross sectional area and  $F_d$  is total drag force which works on vehicle models measured by a load cell.

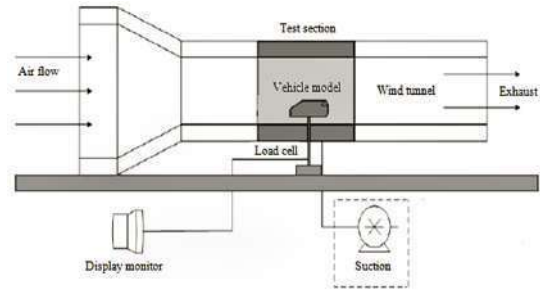
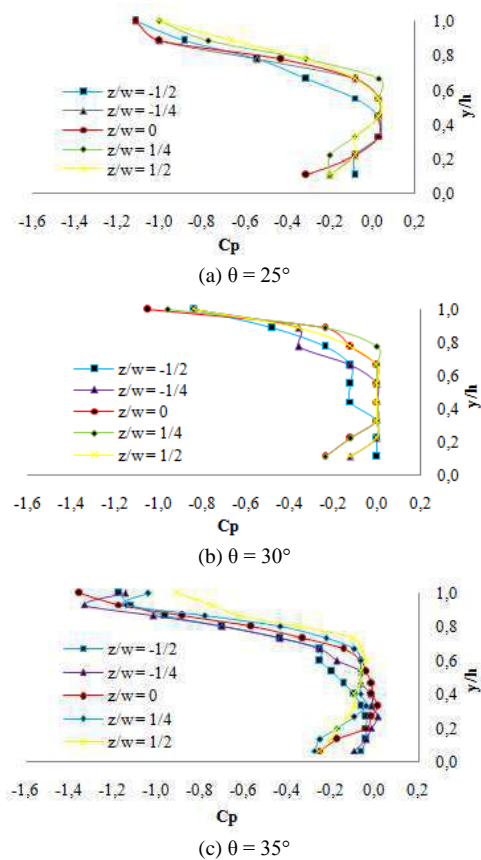


Fig. 4. Experimental setup for the aerodynamic drag force measurement

### III. Results and Discussion

Patterns of pressure coefficient distribution are presented in the form of graphs of  $y/h$  toward  $C_p$ . The ratio  $y/h$  is the ratio of height of grid to height of vehicle model while  $C_p$  is the pressure coefficient. It is also shown in the graph lines that expressed pressure coefficient distribution patterns of rear part of vehicle models on  $z/w$  direction, where  $z/w$  is the ratio of width of grid to the width of vehicle models. Figures 5 show pressure coefficient distribution ( $C_p$ ) on rear part of vehicle models with variations of slant angle ( $\theta$ ) of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  and upstream velocity of 16.7 m/s.



Figs. 5. Pressure coefficient distribution without active flow control

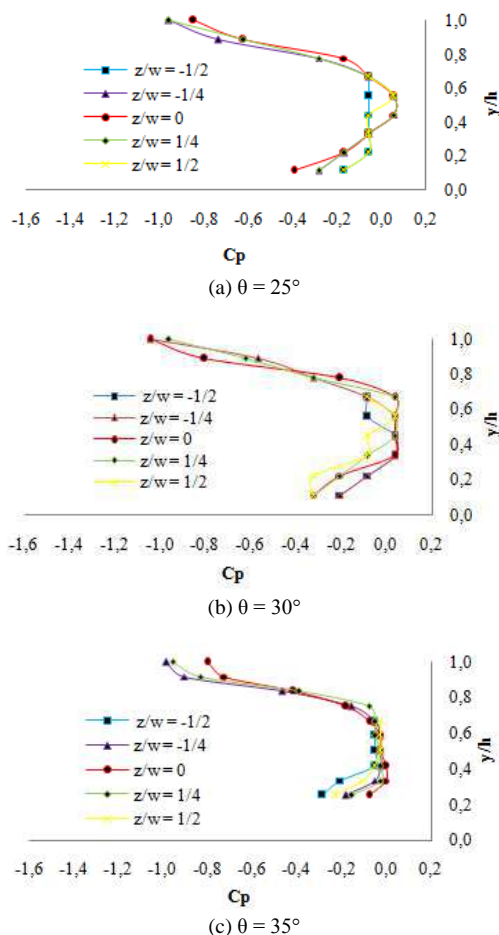
TABLE II  
THE MINIMUM VALUE OF PRESSURE COEFFICIENT  
WITHOUT ACTIVE FLOW CONTROL

Vehicle model	Pressure coefficient, Cp	y/h	z/w
$\theta=25^\circ$	-1.1148	1	-1/4 and 0
$\theta=30^\circ$	-1.0716	1	0
$\theta=35^\circ$	-1.3556	1	0

Table II shows minimum values of pressure coefficients on respective test model. Minimum values of pressure coefficients of models occurred at  $y/h=1$ , at the edge of upper side of rear part of respective vehicle models. With variations of slant angle of each vehicle models, it is shown that the largest pressure coefficient occurred on vehicle model with slant angle on front part of  $30^\circ$  compared to that on models with  $25^\circ$  and  $35^\circ$  slant angles.

Flow separation occurring on rear part of vehicle models will cause back flow on the rear part of vehicle models and in turn will cause reduction of pressure coefficient. The phenomenon has confirmed research conducted by Anderson et al. [24].

Figures 6 show the distributions of pressure coefficients with upstream speed  $U_o = 16.7$  m/s and suction speed  $U_{sc} = 0.5$  m/s on the vehicle model with the slant angle at the front of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  respectively.



Figs. 6. Pressure coefficient distribution with active flow control by suction

Figure 6 shows that with the active control suction, the value of the pressure coefficient has increased. The value of the pressure coefficient changes positively at  $y/h = 0.6$  to  $y/h = 1$ .

This shows that on the upper side of the rear part of each test model there is an increasing of pressure coefficient.

With the active control of suction, the low pressure stream due to shape factor and air friction with the test model wall can be reduced so that the flow separation can also be reduced or kept away from the rear part of the test model.

The minimum values of the pressure coefficient distribution with suction velocity  $U_{sc} = 0.5$  m/s and upstream velocity  $U_o = 16.7$  m/s are summarized in Table III.

Table III shows that the pressure coefficient distribution in each vehicle model with the variation of slant angle at the front was the smallest on the test model with a  $30^\circ$  front slant angle relative to the test model with  $25^\circ$  and  $35^\circ$  slant angle.

TABLE III  
THE MINIMUM VALUE OF PRESSURE COEFFICIENT  
WITH ACTIVE FLOW CONTROL BY SUCTION

Vehicle model	Pressure coefficient, Cp	y/h	z/w
$\theta=25^\circ$	-0.9616	1	-1/4 and 1/4
$\theta=30^\circ$	-1.0442	1	0 and -1/4
$\theta=35^\circ$	-0.9964	1	-1/4

Table IV shows that the effect of additional active control by suction with  $U_{sc} = 0.5$  m/s can reduce the flow separation at the rear of each vehicle model. Reduced separation of the flow will increase the pressure coefficients occurring in each vehicle model [25].

The effect of adding active control by suction which increases the test pressure coefficient occurs in all vehicle models. The largest increasing percentage of pressure coefficient with the addition of active control by suction occurred in the test model with the slant angle of the front of  $35^\circ$  at 26.50%.

TABLE IV  
INCREASING PRESSURE COEFFICIENT WITH ACTIVE FLOW CONTROL  
BY SUCTION

Vehicle model	Pressure coefficient, Cp		Increasing Cp, (%)
	Without active flow control	With suction	
$\theta=25^\circ$	-1.1148	-0.9616	13.74
$\theta=30^\circ$	-1.0716	-1.0442	2.57
$\theta=35^\circ$	-1.3556	-0.9964	26.50

### III.1. The Computational Approach

Table V shows aerodynamic drag coefficient for computational approach on the three vehicle models with front slant angle of  $\theta=25^\circ$ ,  $\theta=30^\circ$  and  $\theta=35^\circ$  without active control and with active control with suction speed  $U_{sc}$  of 0.5 m/s and upstream velocity  $U_o$  of 16.7 m/s.

On the other hand, the relationship of aerodynamic drag and slant angle is presented in Figure 7.

TABLE V  
AERODYNAMIC DRAG COEFFICIENT BY COMPUTATIONAL APPROACH

Vehicle model	Aerodynamic drag coefficient, $C_d$	
	Without active flow control	With suction
$\theta=25^\circ$	1.7752	1.5248
$\theta=30^\circ$	1.6709	1.5434
$\theta=35^\circ$	1.7556	1.4968

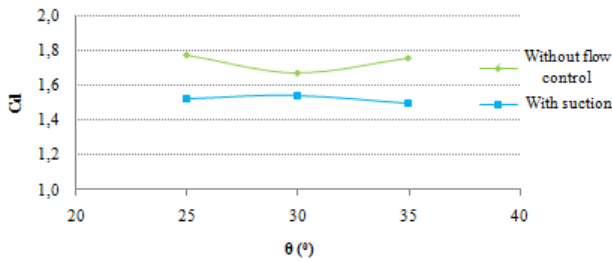


Fig. 7. Relationship of aerodynamic drag and slant angle of front part of vehicle model by computational approach

From Table VI and Figure 7, some information are obtained that, in vehicle model without active control, the smallest aerodynamic drag coefficient is gained in model with slant angle  $\theta=30^\circ$  with the value of 1.6709 while on the models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$  aerodynamic drag coefficients were 1.7752 and 1.7556 respectively. With the addition of active control by suction, it is shown that the aerodynamic drag coefficients on each model were decreasing.

The smallest drag coefficient occurred in the model with applied active control by suction with  $\theta=35^\circ$  with the value of 1.4968 while for models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$  were 1.5248 and 1.5434 respectively.

TABLE VI  
AERODYNAMIC DRAG REDUCTION WITH ACTIVE FLOW CONTROL BY SUCTION BY COMPUTATIONAL APPROACH

Vehicle model	Aerodynamic drag reduction, %
$\theta=25^\circ$	14.11
$\theta=30^\circ$	7.63
$\theta=35^\circ$	14.74

From Table VI, information is obtained that the reduction of the largest aerodynamic drag as the effect of active control by suction with suction velocity  $U_{sc}=0.5$  m/s and upstream velocity  $U_o = 16.7$  m/s on vehicle model with  $\theta$  of  $35^\circ$  was 14.74% while for the vehicle model with  $\theta=25^\circ$  and  $30^\circ$  the reduction were 14.11% and 7.63% respectively.

The value of aerodynamic drag on test model with slant angle at front  $\theta=35^\circ$  as the effect of active control by suction application is capable to increase pressure coefficient on rear part of vehicle model to 26.50%. The increasing of pressure coefficient on rear part on vehicle model can reduce the aerodynamic drag. Results obtained from the research has confirmed the results gained by other researchers [15], [20], [21], [22] where the application of active control by suction can decrease aerodynamic drag on vehicle models.

### III.2. The Experimental Approach

Table VII shows aerodynamic drag coefficients from experimental approach on three vehicle models, the same model used for computational approach. The relationship of aerodynamic drag coefficients to slant angle of front part of vehicle is presented in Figure 8.

TABLE VII  
AERODYNAMIC DRAG COEFFICIENT BY EXPERIMENTAL APPROACH

Vehicle model	Aerodynamic drag coefficient, $C_d$	
	Without active flow control	With suction
$\theta=25^\circ$	1.6237	1.4071
$\theta=30^\circ$	1.5173	1.4160
$\theta=35^\circ$	1.5655	1.3530

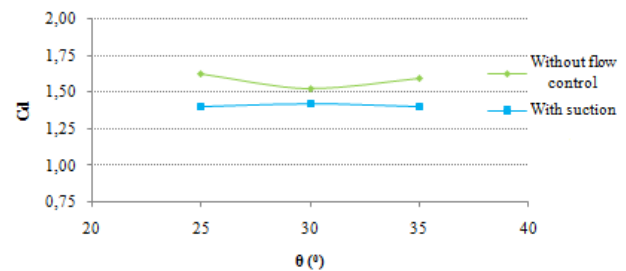


Fig. 8. Relationship of aerodynamic drag and slant angle of front part of vehicle model by experimental approach

Information obtained from Table VII and Figure 8 is that on vehicle models without flow control, the smallest aerodynamic drag coefficients occurred in the model with  $\theta=30^\circ$  with the value of 1.5173 while on vehicle models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$  the coefficients were 1.6237 and 1.5655 respectively.

Additional active control by suction give results that all models underwent reduction of aerodynamic drag coefficients. The smallest aerodynamic drag coefficients occurred in the model with  $\theta=35^\circ$  with the value of 1.3530 while on vehicle models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$  the coefficients 1.4071 and 1.4160 respectively. Obtained value from experiments have similar tendency to that from computational approach.

The reduction of aerodynamic drag on models with active control by suction is shown on Table VIII. From the table, it is obvious that the smallest reduction of aerodynamic drag by active control with suction speed  $U_{sc}$  of 0.5 m/s and upstream velocity  $U_o$  of 16.7 m/s occurred on the model with  $\theta=35^\circ$  giving the reduction of 13.57% while on models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$  the reductions were 13.34% and 6.68% respectively.

TABLE VIII  
AERODYNAMIC DRAG REDUCTION WITH ACTIVE FLOW CONTROL BY SUCTION BY EXPERIMENTAL APPROACH

Vehicle model	Aerodynamic drag reduction, %
$\theta=25^\circ$	13.34
$\theta=30^\circ$	6.68
$\theta=35^\circ$	13.57

The comparison of aerodynamic drag coefficients obtained from computational and experimental approach

from vehicle models with  $\theta=25^\circ$ ,  $\theta=30^\circ$  and  $\theta=35^\circ$  are shown on Tables IX, X and XI respectively.

The comparison of aerodynamic drag coefficient from computational and experimental approach for  $\theta=25^\circ$  model is shown in Table IX.

TABLE IX  
COMPARISON AERODYNAMIC DRAG COEFFICIENT (CD) FOR VEHICLE  
MODEL WITH  $\theta=25^\circ$

Description	Aerodynamic drag coefficient, (Cd)		Aerodynamic drag coefficient (Cd) reduction (%)
	Without flow control	With flow control by suction	
Computational	1.7752	1.5248	14.11
Experiment	1.6237	1.4071	13.34
Difference	8.53%	7.72%	0.77

It can be seen that the coefficients of aerodynamic drags of the two approaches for models without flow control differ in about 8.53%. For models with active control by suction at suction speed of 0.5 m/s, the two approaches give 7.72% difference in aerodynamic drag coefficient values. It is also shown that the reduction of aerodynamic drag coefficient for the two approaches differs only 0.77%.

The comparison of aerodynamic drag coefficient for vehicle model with  $\theta=30^\circ$  is shown in Table X. The comparison of aerodynamic drag coefficient from computational and experimental approaches for  $\theta=30^\circ$  model is shown in Table X.

The coefficients of aerodynamic drag of the two approaches for models without flow control have 9.19% differences. For vehicle models with active control by suction at suction speed of 0.5 m/s, the two approaches give 8.25% difference in aerodynamic drag coefficient values.

The table also shows that the reduction of aerodynamic drag coefficients between computational and experimental approaches differ on only 0.95%.

TABLE X  
COMPARISON AERODYNAMIC DRAG COEFFICIENT (CD) FOR VEHICLE  
MODEL WITH  $\theta=30^\circ$

Description	Aerodynamic drag coefficient, (Cd)		Aerodynamic drag coefficient (Cd) reduction (%)
	Without flow control	With flow control by suction	
Computational	1.6709	1.5434	7.63
Experiment	1.5173	1.4160	6.68
Difference	9.19%	8.25%	0.95

Aerodynamic drag coefficients from computational and experimental approaches for  $\theta=35^\circ$  model are listed in Table XI. For models without flow control, the coefficients of aerodynamic drag of the two approaches for have 10.82% differences.

For vehicle models with active control by suction at suction speed of 0.5 m/s, the two approaches give 9.61% difference in aerodynamic drag coefficient values. The table also shows that the reductions of aerodynamic drag coefficients of the two approaches differ about 1.17%.

TABLE XI  
COMPARISON AERODYNAMIC DRAG COEFFICIENT (CD) FOR VEHICLE  
MODEL WITH  $\theta=35^\circ$

Description	Aerodynamic drag coefficient, (Cd)		Aerodynamic drag coefficient (Cd) reduction (%)
	Without flow control	With flow control by suction	
Computational	1.7556	1.4968	14.74
Experiment	1.5655	1.3530	13.57
Difference	10.82%	9.61%	1.17

## IV. Conclusion

From the analysis of pressure coefficients and drag reduction on vehicle models with frontal slant angles ( $\theta$ ) of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  due to the application of active flow control by suction it can be concluded:

- Active flow control by suction and variations on front geometry give significant impact to the increasing of pressure coefficients and reduction of aerodynamic drag.
- The largest increasing on pressure coefficients occurred on vehicle model with  $\theta=35^\circ$  with the value of 26.50%, where pressure coefficients without and with active control by suction on 0.5 m/s speed were -1.3556 and -0.9964 respectively.
- The largest reduction of aerodynamic drag occurred on vehicle model with  $\theta=35^\circ$  with the value of 14.74 for computational approach and 13.57 for experimental approach, while the reductions of aerodynamic drag coefficients of the two approaches differ about 1.17%.

## Acknowledgements

The research was funded by the Ministry of Research, Technology and Higher Education through University Excellence Scheme F.Y 2017, with Research Contract No. : 2774/UN4.21/LK23/2017, dated May 4<sup>th</sup>2017.

## References

- Ahmed, S. R., G. Ramm, and G. Faltin, (1984) Some Salient Features of the Time Averaged Ground Vehicle Wake, *SAE Paper* No. 840300.
- Han, T., (1989) Computational Analysis of Three-Dimensional Turbulent Flow around a Bluff Body in Ground Proximity, *AIAA J.*, Vol. 27(9), pp. 1213–1219.
- Hucho, W.H., (1998), *Aerodynamics of Road Vehicles*, 4th edition, SAE International, Warrendale, PA.
- Gilliéron, P., and A. Kourta, (2009), Aerodynamic Drag Reduction by Vertical Splitter Plates, *Exp. Fluids*, Vol. 48(1), pp. 1–16.
- Aider, J.L., J.F. Beaudoin, and J.E. Wesfreid, (2010) Drag and Lift Reduction of a 3D Bluff-Body Using Active Vortex Generators, *Exp. Fluids*, Vol. 48(5), pp. 771–789.
- Gilliéron, P., (2003), Detailed Analysis of the Overtaking Process, *J. Mech. Eng.*, Vol. 53, pp. 1-17.
- Aider J.L., .F. Beaudoin, and J.E. Wesfreid (2009) Drag and Lift Reduction of a 3D Bluff-Body using Active Vortex Generators, *Experimental in Fluids*, Springer.
- Gilliéron P. and A. Kourta, (2010) Aerodynamic drag reduction by vertical splitter plates, *Experimental in Fluids*, Vol. 48, pp. 1–16.
- Fourrie G, L. Keirsbulck, L. Labraga& P. Gilliéron, (2011) Bluff-body drag reduction using a deflector, *Experimental in*

- Fluids*, Vol. 50, pp. 385–395.
- [10] Hinterberger C., M.G. Villalba & W. Rodi, (2004) Large eddy simulation of flow around the Ahmed body, Institute for Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany.
  - [11] Fares E., (2006) Unsteady flow simulation of the Ahmed reference body using a lattice Boltzmann approach, *Computers and Fluids*, Vol. 35, pp. 940-950.
  - [12] Minguez M., R. Pasquetti & E. Serre, (2008) High-order Large Eddy Simulation of Flow over the Ahmed Body” Car Model, *Physics of Fluids*, pp. 20.
  - [13] Uruba V., and O. Hladík, (2009) On the Ahmed Body Wake, Colloquium Fluid Dynamics, Institute of Thermomechanics AS CR, v.v.i., Prague.
  - [14] Conan B., J. Anthoine, and P. Planquart, (2011) Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body, *Experimental in Fluids*, Vol. 50, pp. 1273–1284.
  - [15] Roumeas M, P. Gilliéron, A. Kourta, (2009) Drag reduction by flow separation control on a car after body, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 60, pp.1222- 1240.
  - [16] Krogstad, P.A. and A. Kourakine, (2000) Some effects of localized injection on the turbulence structure in a boundary layer”, *Phys. Fluids*, Vol.12, pp. 2990–2999.
  - [17] Park, J, H. Choi, (1999) Effects of uniform blowing through blowing or suction from a spanwise slot on a turbulent boundary layer flow”, *Phys. Fluids*, Vol. 11, pp. 3095–3105.
  - [18] Sano, M. and N. Hirayama, (1985) Turbulent boundary layer with injection and suction through a slit”, *Bull JSME*, Vol. 28, pp. 807–814.
  - [19] Brunn A., E. Wassen, D. Sperber, W. Nitsche, and F. Thiele, (2007) Active Drag Control for a Generic Car Model, *Active Flow Control*, NNFM 95, pp. 247–259.
  - [20] Harinaldi, Budiarso, Warjito, E.A. Kosasih, R. Tarakka, S.P. Simanungkalit, (2012) Active technique by suction to control the flowstructure over a van model, *Journal of Engineering and Applied Science*, Vol. 7 (2), pp.215-222.
  - [21] Harinaldi, Budiarso, R. Tarakka, S.P. Simanungkalit, (2011) Computational Analysis of Active Flow Control to Reduce Aerodynamics Drag on a Van Model. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*, Vol. 11 (03), pp. 24-30.
  - [22] Harinaldi, Budiarso, R. Tarakka, S.P. Simanungkalit, (2013) Effect of Active Control by Blowing to Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model, *International Journal of Fluid Mechanics Research*, Vol. 40 (4), pp. 312-323.
  - [23] Tarakka R, Jalaluddin, B. Mire, M.N. Umar, (2015) Effect of Turbulence Model In Computational Analysis of Active Flow Control on Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model, *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 10, Number 1 pp. 207-219.
  - [24] Anderson, J.D., (2001) *Fundamental of Aerodynamics* (3<sup>rd</sup>ed), Singapore, McGraw-Hill.
  - [25] Gilliéron, P. and A. Sphon, (2002) Flow separations generated by simplified geometry of an automotive vehicle, *IUTAM Symp. Steady Separated Flow*.



**Nasaruddin Salam**, born in Bulukumba on December 20<sup>th</sup> 1959 is a Professor and the Chairman of Fluid Mechanics Laboratory in Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University Makassar Indonesia. He holds a doctoral degree from Brawijaya University, Malang Indonesia. His research fields include fluid dynamics particularly on tandem bodies. Prof. Nasaruddin Salam is a member of the Institutions of Engineers Indonesia.



**Jalaluddin**, born in Sompu on August 25<sup>th</sup> 1972 obtained a Doctor of Engineering in Mechanical Engineering in 2012 from Saga University Japan. He is an Associate Professor of Mechanical Engineering of Hasanuddin University, Makassar, Indonesia. His area of research covers Ground Heat Exchanger for Space Conditioning System, Renewable Energy focus on Solar Energy including Solar Water Heating System and Photovoltaic Applications. Dr-Eng. Jalaluddin is a member of Institutions of Engineers Indonesia.



**Muhammad Ihsan**, born in Watampone, February 20<sup>th</sup> 1977, is a lecturer on Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Pinrang, Indonesia. He graduated from Hasanuddin University with a bachelor in engineering. He also holds master degrees in transport engineering from Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand and Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, Indonesia. His research interests include transport engineering, fluid mechanics and hydraulics. Mr. Muhammad Ihsan is a member of Institutions of Engineers Indonesia.

## Authors' information

<sup>1</sup>Hasanuddin University.

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Teknik Baramuli.



**Rustan Tarakka**, born in Pinrang on August 27<sup>th</sup> 1975 is a Lecturer in the Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Makassar, Indonesia. He holds a doctoral degree from University of Indonesia, Jakarta, Indonesia. His research areas are on fluid dynamics and computational fluid dynamics. Dr. Rustan is a member of the Institutions of Engineers Indonesia.

## Detail Research

Unverified

MDM Leader

0027087504

Leader Name

RUSTAN TARAKKA



POKJOT Code (PI/Leader)

001005

Institution (Leader)

Universitas Hasanudin

Title

Penghematan Energi Melalui Pemanfaatan Kontrol Aktif Alliran Pada Desain Model Kendaraan Penumpang

Siema Abbreviation

POUPT

Siema Name

Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi

The First year of the proposal

Tahun Pertama Usulan

2016

Proposed Year of Activities

Tahun Usulan Kegiatan

2017

The Year of The Activity

Tahun Pelaksanaan Kegiatan

2018

Duration of activity

Tahun Kegiatan

2 Year

Proposal Status

ditolak

Funds are approved

Rp. 95.000.000,-

Siema Abbrev ID

385

Funds Institution

Universitas Hasanudin  in sync with Siema Affiliation

Target TKT

TKT

Widuan Program

Penelitian Desentralisasi

Focus Area

Transportasi

Fund Source Category

Fund Source

Country Fund Source

ID

Research Member


**RUSTAN TARAKKA**

Registered in Siema using **RUSTAN TARAKKA** (Siema ID: 6146175)

Status: Leader  | Universitas Hasanudin

**NASARUDDIN**

Registered in Siema using **NASARUDDIN SALAN** (Siema ID: 9314907)

Status: Member  | Universitas Hasanudin

**JALALUDDIN**

Registered in Siema using **JALALUDDIN** (Siema ID: 6603313)

Status: Member  | Universitas Hasanudin



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Lt.19 Gedung BPPT II Jalan MH Thamrin No. 8, Jakarta 10340  
Telepon: (021) 3169707 Fax: (021) 3102368  
Laman: <http://ristekdikti.go.id>

---

Nomor : 0045/E3/LL/2018 16 Januari 2018  
Lampiran : 5 (lima) berkas  
Perihal : Penerima Pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
di Perguruan Tinggi Tahun 2018

Yth. 1. Rektor/ Direktur/Ketua Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta  
2. Koordinator Kopertis Wilayah I s/d XIV

Sesuai dengan Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan nomor 1/E/KPT/2018 tanggal 3 Januari 2018 tentang Penerima Pendanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum Tahun 2018, SK Dirjen Penguatan Risbang nomor 2/E/KPT/2018 tanggal 3 Januari 2018 tentang Penerima Pendanaan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2018 dan SK Dirjen Penguatan Risbang nomor 3 tanggal 3 Januari 2018 tentang Penerima Pendanaan Penelitian Tahun 2018, bersama ini kami sampaikan daftar nama penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2018 sebagaimana terlampir.

Kami informasikan bahwa penerima pendanaan program Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2018 adalah pengusul yang proposalnya dinyatakan lolos seleksi, dan yang bersangkutan atau institusi telah memenuhi kewajiban sebagai berikut:

1. Mengunggah Laporan kemajuan tahun 2015 - 2017;
2. Mengunggah Laporan Akhir tahun 2015 - 2017;
3. Mengunggah Berkas Kelengkapan Seminar Hasil tahun 2015 – 2017;
4. Mengunggah proposal lanjutan: Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat untuk pelaksana *On Going*;
5. Melaksanakan seluruh tahapan seleksi sebagaimana disebutkan dalam Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Perguruan Tinggi Edisi XI untuk skema penelitian desentralisasi Perguruan Tinggi.
6. Tidak memiliki tunggakan dokumen sebagaimana terdapat pada surat nomor 4996/E3.4/LT/2017 tanggal 20 Desember 2017
7. Seorang dosen hanya dapat menjadi ketua di satu judul Pengabdian kepada Masyarakat. Agar segera diusulkan penggantian Ketua kepada anggota oleh Ketua LPPM ke DRPM untuk pendanaan Pengabdian kepada Masyarakat yang baru ;
8. Tidak sedang dalam status tugas belajar, baik untuk ketua maupun anggota;
9. Pendanaan penelitian diberikan dengan memperhatikan kuota berdasarkan H-index peneliti.

Berkenaan dengan hal tersebut, DRPM mengucapkan selamat kepada penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat tahun 2018. DRPM mengucapkan terimakasih kepada pengusul yang telah berpartisipasi dan apabila nama pengusul tidak tercantum, maka dapat mengusulkan kembali proposal pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat untuk pendanaan tahun 2019. Selanjutnya, kami mohon bantuan Saudara untuk menyampaikan informasi di atas kepada penerima pendanaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Tahun 2018 di Perguruan Tinggi masing-masing.

Kami sampaikan bahwa mekanisme penyaluran dana akan dilakukan melalui kontrak kerja antara DRPM dengan Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi Negeri Non Badan Hukum dan atau Koordinator Kopertis Wilayah. Untuk maksud tersebut, bersama ini kami kirimkan daftar isian (terlampir) untuk diisi dan mohon segera dikirim melalui email ke [dp2mdikti@yahoo.co.id](mailto:dp2mdikti@yahoo.co.id) (untuk program Penelitian), dan [ppm.dp2m@ristekdikti.go.id](mailto:ppm.dp2m@ristekdikti.go.id) (untuk program Pengabdian Masyarakat) paling lambat tanggal 21 Januari 2018.

Khusus untuk Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum, informasi lebih lanjut mengenai kontrak akan diberitahukan lebih lanjut melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat masing-masing. Hal-hal lain yang terkait dengan mekanisme penyaluran dana dan pelaksanaan pendanaan akan diinformasikan kemudian melalui laman: <http://simlibtamas.ristekdikti.go.id>

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat

ttd

Ocky Karna Radjasa  
NIP 196510291990031001

Tembusan.

1. Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan
2. Ketua LP/LPPM/LPM Perguruan Tinggi
3. Sekretaris Pelaksana Kopertis Wilayah I s/d XIV

Lampiran Surat Nomor : 0045/E3/LL/2018

Tanggal : 16 Januari 2018

Tentang : PENERIMAAN PENDANAAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT DI PERGURUAN TINGGI TAHUN 2018

**DAFTAR PTN BH**

NO	INSTITUSI	SKEMA	NAMA	JUDUL	STATUS USULAN
1	Institut Pertanian Bogor	PBK	AGUS KARTONO	PENGEMBANGAN MODEL PHARMACOKINETIC-PHARMACODYNAMIC UNTUK PREDIKSI PENYERAPAN DOSIS OBAT ORAL	Baru
2	Institut Pertanian Bogor	PBK	ANURAGA JAYANEGARA	Pengembangan Feed Additive Alami Asal Limbah Industri Pengolahan Kayu untuk Meningkatkan Kualitas Pakan Fermentasi dan Produktivitas Ternak Ruminansia	Baru
3	Institut Pertanian Bogor	PBK	ARIS TRI WAHYUDI	Bioprospeksi Bakteri Laut yang Berasosiasi dengan Spons Penghasil Senyawa Bioaktif sebagai Biokontrol Penyakit Vibriosis pada Udang	Baru
4	Institut Pertanian Bogor	PBK	ASADATUN ABDULLAH	Pengembangan Metode Single Nucleotide Polymorphism (SNPs) dan Mini-length DNA Barcode untuk Deteksi Mislabeled dan Substitusi Ilegal Produk Perikanan pada Sistem Traceability Terpadu Indonesia.	Baru
5	Institut Pertanian Bogor	PBK	BAMBANG PONTJO PRIOSOERYANTO	Pencegahan Penyebaran Sel Tumor Pada Hewan Secara In Vitro Dan In Vivo Melalui Aktivitas Anti-Proliferasi, Anti-Penetrasi & Anti-Angiogenesis Dari Interferon Alamiah (nIFN) & Rekombinan (rIFN) Serta Kombinasi Dengan Beberapa Ekstrak Tanaman Terstandar	Baru
6	Institut Pertanian Bogor	PBK	C HANNY WIJAYA	PELESTARIAN DAN PENDAYAGUNAAN POTENSI KIMIAWI SUMBER DAYA ALAM LOKAL INDONESIA DALAM PENGEMBANGAN PANGAN FUNGSIONAL DAN INGREDIEN PANGAN ALAMI-Seri 5	Baru
7	Institut Pertanian Bogor	PBK	CLARA MELIYANTI KUSHARTO	APLIKASI MAKANAN CAIR TINGGI PROTEIN BERBASIS TEPUNG IKAN LELE ( <i>Clarias gariepinus</i> ) DAN PENDIDIKAN GIZI PADA BALITA GIZI KURANG	Lanjutan
8	Institut Pertanian Bogor	PBK	DEDE HERMAWAN	Peningkatan Kualitas Kayu Lokal dengan Cara Impregnasi ACQ (Alkaline Copper Quaternary) untuk Konstruksi Menara Pendingin	Baru
9	Institut Pertanian Bogor	PBK	DEWI APRI ASTUTI	Penggunaan Tepung Jangkrik sebagai Alternatif Sumber Protein Ransum Kambing Perah	Lanjutan
10	Institut Pertanian Bogor	PBK	DODI NANDIKA	Karakterisasi Senyawa Katekin dari Gambir ( <i>Uncaria gambir</i> Roxb.) dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Pengawet Kayu Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> (L) Nielson)	Baru
11	Institut Pertanian Bogor	PBK	EFFENDI TRI BAHTIAR	Pemanfaatan Bambu sebagai Kolom pada Konstruksi Bangunan Modern	Lanjutan
12	Institut Pertanian Bogor	PBK	FARAH FAHMA	Pengembangan Antimicrobial Sachet Berbahan Dasar Nanoselulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Antimicrobial Agent Alami untuk Aplikasi Kemasan Pangan	Baru
13	Institut Pertanian Bogor	PBK	HAWIS H M	APLIKASI GENOMIKA DAN METABARKODING DNA LINGKUNGAN (EDNA) PADA HIU BERJALAN ENDEMIK ( <i>Hemiscyllium halmahera</i> ) DALAM UPAYA DETEKSI HABITAT DAN KONSERVASI JENIS DI HALMAHERA	Baru
14	Institut Pertanian Bogor	PBK	HENRY MUNANDAR MANIK	PENGEMBANGAN ALGORITMA INTELLIGENT BIOMASS ACTIVE SONAR TRANSDUCER UNTUK EKSPLORASI DAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA MARITIM	Baru
15	Institut Pertanian Bogor	PBK	I WAYAN DARMAWAN	Rekayasa Bentuk Mata Pisau Gergaji Menuju Proses Pengerjaan Kayu Berkualitas Dan Ramah Lingkungan	Baru
16	Institut Pertanian Bogor	PBK	KATRIN ROOSITA	STUDI EFIKASI NUTRASETIKAL GALOHGOR UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI ASI DAN EKSPRESI GEN PENANDA LAKTASI PADA IBU PENDERITA DIABETES MELITUS TIPE 2	Baru
17	Institut Pertanian Bogor	PBK	KUSTIARIYAH	Pengembangan Enzim Berbasis Kapang Laut untuk Mendukung Industrialisasi Rumput Laut	Lanjutan
18	Institut Pertanian Bogor	PBK	LILIS NURAIDA	KAJIAN SIFAT FUNGSIONAL BAKTERI ASAM LAKTAT ASAL PANGAN FERMENTASI UNTUK PENGEMBANGAN PANGAN FUNGSIONAL	Baru
19	Institut Pertanian Bogor	PBK	MADE ASTAWAN	Teknik Pembuatan Isolat Protein Tempe dari Kedelai Grobogan, Analisis Sifat Fisiko-Kimia, dan Aplikasinya sebagai Pangan Fungsional Pencegah Diabetes Melitus	Baru

NO	INSTITUSI	SKEMA	NAMA	JUDUL	STATUS USULAN
2176	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NIRWANA	Efek Moderasi Budaya Lokal Terhadap Sumber Daya Manusia Dan Kondisi Keuangan Dalam Rangka Mendorong Akuntabilitas Pemerintah Daerah Sulawesi Selatan	Baru
2177	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NOVRIANY AMALIYAH	Dekomposisi Hidrogen dari Batang Tanaman Berselulosa dengan Teknologi In-Liquid Plasma	Lanjutan
2178	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NU'MAN AS. DAUD	METAGENOMIK DIVERSITAS MIKROBIOM DARI FESES PASIEN PERLEMAKAN HATI NON-ALKOHOLIK	Baru
2179	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NURDIN	Pengelolaan Sistem Transportasi Darat Berbasis Pelabelan Graf	Baru
2180	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NURLINAH	Analisis Tata Kelola Pemerintahan Desa Maritim Di Sulawesi Selatan	Baru
2181	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NURTITI SUNUSI	PENGEMBANGAN MODEL INTENSITAS CURAH HUJAN EKSTREM BERBASIS POINT PROCESS DAN IMPLEMENTASINYA PADA PENYUSUNAN SISTEM INFORMASI KALENDER TANAM TERPADU PRODUK PERTANIAN	Lanjutan
2182	Universitas Hasanuddin	PDUPT	NURUL JAMALA	Analisis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung (Studi Kasus: Gedung Menara Phinisi Universitas Negeri Makassar)	Baru
2183	Universitas Hasanuddin	PDUPT	PAULINA TABA	Produksi Biomassa Fitoplankton Laut Berbasis Nutrien unggul "MSSIP-2" Untuk Mendukung Penyiapan Bahan Baku Industri Biofuel.	Lanjutan
2184	Universitas Hasanuddin	PDUPT	PIPI DIANSARI	Kajian Hubungan Kondisi Sosial-Demografi dan Diversifikasi Asupan Pangan dengan Status Gizi dan Kemampuan Fisik maupun Psikomotoris Anak Usia Sekolah Dasar yang Bermukim di Kawasan Kepulauan, Pegunungan, dan Perkotaan	Baru
2185	Universitas Hasanuddin	PDUPT	PURWANTO	Hubungan Uji Kuat Tekan Uniaxial dan Uji Kuat Batuan dengan Schmidt Hammer	Lanjutan
2186	Universitas Hasanuddin	PDUPT	RISMANESWATI	Peningkatan Produktivitas Tanah-Tanah Sub-Optimal dengan Perbaikan Sifat Fisikokimia Melalui Penambahan Asam Terhumifikasi	Lanjutan
2187	Universitas Hasanuddin	PDUPT	ROSANA AGUS	ISOLASI, KARAKTERISASI DAN PRODUKSI PROTEIN REKOMBINAN Mycobacterium tuberculosis ISOLAT MAKASSAR SEBAGAI ANTIGEN IMUNODIAGNOTIK TUBERKULOSIS LATEN	Baru
2188	Universitas Hasanuddin	PDUPT	ROSMAWATI	ARSITEKTUR MAKAM PADA SITUS KOMPLEKS MAKAM LA TENRIRUWA SEBAGAI BUKTI AWAL PERADABAN ISLAM BERCORAK MARITIM DI KABUPATEN BANTAENG	Baru
2189	Universitas Hasanuddin	PDUPT	RUSTAN TARAKKA	Penghematan Energi Melalui Pemanfaatan Kontrol Aktif Aliran Pada Disain Model Kendaraan Penumpang	Lanjutan
2190	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SAIDAH SYAMSUDDIN	Pengaruh polimorfisme gen Dopamine Transporter (DAT) pada gejala dan hasil terapi penderita skizofrenia	Baru
2191	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SITI FAUZIAH	SINTESIS MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS SEBAGAI ADSORBEN SELEKTIF DENGAN METODE POLIMERISASI PRESIPITASI UNTUK PEMISAHAN DAN PEMURNIAN $\beta$ -SITOSTEROL DAN STIGMASTEROL	Baru
2192	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SITI HALIMAH LAREKENG	PENGEMBANGAN MARKA MIKROSATELIT SPESIFIK UNTUK Diosphyros celebica BAKH. DALAM Mendukung KONSERVASI GENETIK HUTAN TANAMAN RAKYAT	Baru
2193	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SITTI NURANI SIRAJUDDIN	MODEL SISTEM BAGIHASIL PADA KEMITRAAN ANTARA PERGURUAN TINGGI DENGAN PETERNAK SAPI POTONG BERBASIS KEARIFAN LOKAL DI KABUPATEN ENREKANG PROPINSI SULAWESI SELATAN	Baru
2194	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SRI ASTUTI THAMRIN	Pengembangan Model Distribusi Spasial Kasus Demam Berdarah Berbasis Bayesian Survival Berkaitan dengan Perubahan Iklim di Makassar	Baru
2195	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SRI PURWANTI	Evaluasi dan Potensi Pemanfaatan Serbuk Indigofera sp. dan Fitobiotik Kuningit sebagai Green Feed Ramah Lingkungan	Baru
2196	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SUDIRMAN	Penelusuran Gen-Gen Pengontrol Pertumbuhan, Daya Adaptasi dan Kualitas Daging dalam Mendukung Produksi Bibit Sapi Bali Polled sebagai Varietas Unggul Tahan Cekaman Lingkungan	Baru
2197	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SUHARDI	Konservasi Tanah Secara Vegetatif Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Lahan Kakao	Baru
2198	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SUPRATMAN	ANALISIS EFISIENSI EKONOMI DAN DISTRIBUSI NILAI MANFAAT PENERAPAN MODEL KEMITRAAN KEHUTANAN PADA AREAL KESATUAN PENGELOLAAN HUTAN (KPH)	Lanjutan
2199	Universitas Hasanuddin	PDUPT	SUSILOWATI	Analisis kadar nikel dan khromium pada cairan krevikuler gingiva dan rambut pasien ortodontik: Sebuah studi prospektif jangka waktu 4 bulan	Lanjutan

**Bidang Unggulan :Energi dan Sumber Daya Alam**

**Kode>NamaRumpunIlmu :431/ Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)**

**LUARAN LAPORAN TAHUN  
TERAKHIR  
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**PENGHEMATAN ENERGI MELALUI PEMANFAATAN KONTROL AKTIF ALIRAN  
PADA DISAIN MODEL KENDARAAN PENUMPANG**

**Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun**

**TIM PENGUSUL**

**Ketua Peneliti :**

**Dr. Rustan Tarakka, ST.MT. (NIDN : 0027087504)**

**AnggotaPeneliti :**

- 1. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT. (NIDN : 0020125903)**
- 2. Dr-Eng. Jalaluddin, ST., MT. (NIDN : 0025087201)**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**NOVEMBER 2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Penghematan Energi Melalui Pemanfaatan Kontrol Aktif Aliran Pada Disain Model Kendaraan Penumpang

**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : Dr RUSTAN TARAKKA, S.T, M.T  
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin  
NIDN : 0027087504  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Mesin  
Nomor HP : +628114214217  
Alamat surel (e-mail) : rustan\_tarakka@yahoo.com

**Anggota (1)**

Nama Lengkap : Dr. Ir NASARUDDIN M.T  
NIDN : 0020125903  
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

**Anggota (2)**

Nama Lengkap : Dr JALALUDDIN S.T, M.T  
NIDN : 0025087201  
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

**Institusi Mitra (jika ada)**

Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 95,000,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 205,438,000



Mengetahui,  
Dekan, Fakultas Teknik Unhas

(Dr. Ir. Mohammad Arsyad Thaha, M.T)  
NIP/NIK 196012311986091001

Kota Makassar, 19 - 11 - 2018  
Ketua,

(Dr RUSTAN TARAKKA, S.T, M.T)  
NIP/NIK 197508272005011002



Menyetujui,  
Ketua LPPM Unhas

(Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si)  
NIP/NIK 196201181987021001

## RINGKASAN

Separasi aliran akibat efek viskos fluida. Olakan yang ditimbulkan oleh separasi aliran memiliki tekanan yang rendah dan menyebabkan gaya *drag*. *Drag* aerodinamis kendaraan tersebut terutama hasil perbedaan tekanan yang signifikan antara depan dan permukaan belakang. Secara umum, kendaraan yang bergerak akan mengalami hambatan aerodinamika yang diakibatkan oleh aliran fluida yang bersentuhan secara langsung dengan bodi kendaraan. Hambatan aerodinamika yang besar disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dan separasi aliran yang terjadi di bagian belakang kendaraan. Berdasarkan ilmu dinamika fluida, metode yang dapat digunakan untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada kendaraan adalah dengan cara mengontrol aliran fluida baik dengan menggunakan kontrol *pasif* ataupun kontrol *aktif*. *Blowing* merupakan kontrol aktif aliran yang potensial untuk diaplikasikan pada kendaraan. Sementara, *state of the art* dari pengetahuan dasar dan teknologi kontrol aktif aliran itu sendiri masih sangat membuka peluang dalam mendisain suatu teknik kontrol yang handal dan orisinal untuk diaplikasikan khususnya pada kendaraan. Penelitian yang dilaksanakan ini, juga mengacu pada Renstra Penelitian Universitas Hasanuddin untuk rumpun ilmu tekno-sain dengan bidang unggulan adalah inovasi teknologi dalam pengelolaan energi, kesehatan, sumber daya alam dan lingkungan dengan topik unggulan yaitu transportasi dan infrastruktur. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh penggunaan kontrol aktif aliran pada disain model kendaraan penumpang yang berdampak pada penghematan energi. Dalam mencapai tujuan utama tersebut, penelitian akan dilaksanakan dalam beberapa kegiatan yang saling berkaitan dengan masing-masing tujuan khusus yaitu pertama, pengembangan *reversed Ahmed model* dengan penerapan kontrol aktif aliran berupa *blowing* melalui pendekatan komputasi dengan bervariasi geometri muka dari *reversed Ahmed model* dengan  $\theta=25^{\circ}$ ,  $\theta=30^{\circ}$  dan  $\theta=35^{\circ}$  pada bagian depan. Pendekatan komputasi menggunakan perangkat lunak berbasis metoda volume hingga (*Finite Volume Method*), yakni *Fluent 6.3.26* dan *Gambit 2.4.6*. Kedua, menguji *reversed Ahmed model* secara eksperimental dengan mengintegrasikan kontrol aktif aliran berupa *blowing* untuk memvalidasi hasil yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan komputasi. Pendekatan eksperimen dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas terowongan angin sub-sonik (*sub-sonic wind tunnel*). Pengukuran gaya hambatan dilakukan dengan *forces balance measurement* menggunakan *load cell*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi geometri muka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran, medan tekanan serta hambatan aerodinamika pada bagian belakang model kendaraan dengan  $\theta=25^{\circ}$ ,  $\theta=30^{\circ}$  dan  $\theta=35^{\circ}$  pada bagian depan. Aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^{\circ}$  dan  $35^{\circ}$  mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^{\circ}$ . Penambahan *blowing* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien tekanan. Peningkatan koefisien tekanan terbesar terjadi pada model kendaraan dengan  $\theta=35^{\circ}$  sebesar 38.93%, dimana koefisien tekanan ( $C_p$ ) tanpa kontrol aliran adalah -1.3556 dan dengan kontrol aliran *blowing* dengan kecepatan 0.5 m/s adalah -0.8279. Aplikasi kontrol aktif *blowing* pada model kendaraan dengan  $\theta=25^{\circ}$ ,  $\theta=30^{\circ}$  dan  $\theta=35^{\circ}$  pada bagian depan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hambatan aerodinamika. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi pada model kendaraan dengan  $\theta=35^{\circ}$  yaitu 14.81% dengan pendekatan komputasional dan 12.54% dengan pendekatan eksperimental. Sementara, perbedaan hasil pengurangan hambatan aerodinamika yang diperoleh dari kedua pendekatan tersebut adalah sekitar 2.27%.

*Kata Kunci: blowing, geometri muka, hambatan aerodinamika, koefisien tekanan, model kendaraan*

## Luaran Yang Dicapai

Penelitian ini telah menghasilkan keluaran (output) pada tahun terakhir dari dua tahun rencana dari Hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) 2018 yang dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Luaran yang dicapai

No	Jenis Luaran	Judul Paper	Indikator Capaian
1	Pemakalah pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XVI I (SNTTM XVII) 2018 di Universitas Nusa Cendana (Undana) Kupang	Computational Study on the Analysis of Blowing Application Towards Flow Fields on Vehicle Models With Variations on Front Geometry	Sudah dilaksanakan pada tanggal 3-5 Oktober 2018
2	Publikasi Internasional pada FME Transaction, ISSN: 14512092, (Jurnal terindex Scopus dan SJR 2017 = 0.27)	Effect of Blowing Control and Front Geometry Towards the Reduction of Aerodynamic Drag on Vehicle Models	Submit pada bulan November 2018 dan Terbit pada Bulan April 2019
3	Bahan Ajar	Kontrol Aktif Aliran pada Model Kendaraan	Draft

# Effect of Blowing Flow Control and Front Geometry Towards the Reduction of Aerodynamic Drag on Vehicle Models

**Rustan Tarakka**

Assistant Professor  
Hasanuddin University  
Department of Mechanical Engineering  
Indonesia

**Nasaruddin Salam**

Professor  
Hasanuddin University  
Department of Mechanical  
Indonesia

**Jalaluddin**

Associate Professor  
Hasanuddin University  
Department of Mechanical Engineering  
Indonesia

**Muhammad Ihsan**

Lecturer  
Sekolah Tinggi Teknik Baramuli  
Department of Civil Engineering  
Indonesia

*This paper presents analyses of the effect of blowing flow control and variations on front geometry towards the reduction of aerodynamic drag on vehicle models. Blowing flow control is an alternative measure in modifying the onset of flow separation in the boundary layer on the surface of the vehicle. The modification is expected to reduce the dominating influence of the separation area on the total drag. Conducted in computational and experimental approaches, the research investigated the effect of frontal slant angle variations ( $\theta$ ) of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  towards the reduction of aerodynamic drag on vehicle models on the application of blowing flow control with upstream and blowing speed of 16.7 m/s and 0.5 m/s, respectively. Load cells were used in the experimental method to validate the reduction of aerodynamic drag obtained from computational method. It is indicated that the effects of blowing flow control and variations on front geometry are significant in the increasing on pressure coefficients and the reduction of aerodynamic drag on vehicle models. The largest increase on pressure coefficients of 38.93% is indicated on the vehicle model with  $\theta=35^\circ$ , while the largest reduction of aerodynamic drag occurred on the same model with the values of 14.81 and 12.54 for computational and experimental methods, respectively.*

**Keywords:** active flow control, aerodynamic drag reduction, blowing, front geometry, vehicle model.

## 1. INTRODUCTION

As one of the most preferred types of general vehicles, family car in the form of multi-purpose van (MPV) has both advantages and drawbacks. Of the drawbacks, one typical character is the demand of relatively larger capacity engine which means larger fuel consumption than its more compact counterparts. This type also generally has the basic shape of the bluff body to maximize the space volume of the passenger compartment. In terms of aerodynamics, this form results in larger aerodynamic drag due to the occurrence of enormous flow separation in rear parts of the vehicle body creating higher energy consumption of the vehicle. The aerodynamic drag contributes about half of mechanical energy expenditures of vehicles running at average highway speed of around 55 to 60 mph [1].

Ahmed vehicle model is an extremely simplified bluff-body model frequently used as a benchmark in vehicle aerodynamics research. A number of experimental research [2-6] and numerical studies [7-12] have been performed using the Ahmed model. One of the techniques under development to reduce aerodynamic drag on vehicles and to modify the generation of flow separation in the boundary layer on the surface of the

vehicle which resulted in the generation of a backflow around the vehicle is the active flow control application. Active control strategies involve the addition of energy which aims to control, either in the form of prevention or inhibiting, the occurrence of flow separation which may lead to backflow on the surface of the vehicle without changing the shape of vehicles [13].

Some active control techniques have been developed and focusing on local intervention in wall turbulence dealing with steady blowing or suction [14-22]. Krentel et al. modeled a predictive closed-loop actuation approach for one steady blowing excitation configuration [16]. Harinaldi et al. [23] used a modified or reversed Ahmed body equipped with active flow control by blowing and found that the drag reductions achieved by computational and experimental methods were 13.92% and 11.11%. A review has also been elaborated for methods for the application of flow control on a square back car model [24]. This study aimed to analyze the effect of blowing active control incorporating the variations on front geometry towards the reduction aerodynamic drag on vehicle models. Improved reduction of aerodynamic drag can reduce flow separation which in turns will lead to energy efficiency. Comprehension of aerodynamic drag reductions and pressure coefficients are expected to improve the design method of future vehicles.

## 2. METHODOLOGY

The study investigates drag reduction occurring in a bluff body of van model adapted from Ahmed model, in

Received: November 2018, Accepted: March 2019

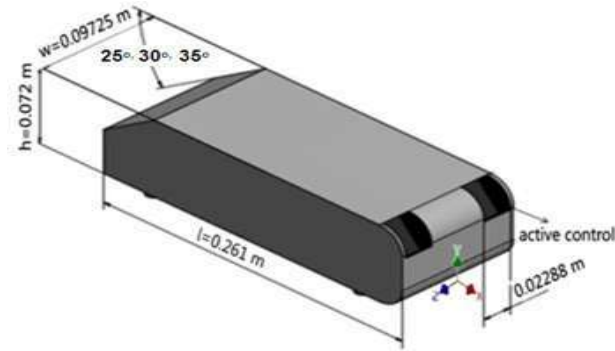
Correspondence to: Dr Rustan Tarakka  
Department of Mechanical Engineering,  
Jl. Poros Malino, Gowa, Indonesia  
E-mail: rustan\_tarakka@yahoo.com

doi: 10.5937/fmet1903552T

© Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade. All rights reserved

FME Transactions (2019) 47, 552-559 552

which flow streams in reversed direction from the original model or in other names, reversed Ahmed model [23, 25-28]. The van model was equipped with an active control by applying blowing techniques. Reversed Ahmed body model was chosen since it is a good representation of typical forms of popular family van produced by car manufacturer. The van model was investigated in both computational method, or CFD, and experimental method.



**Figure 1. Reversed Ahmed body vehicle model**

Figure 1 represents the basic vehicle model employed in the research with a 0.25 geometric ratio to the original Ahmed body model [2]. The vehicle model geometry was defined by its length ( $l=0.261\text{m}$ ), width ( $w=0.09725\text{ m}$ ) and its height ( $h=0.072\text{ m}$ ). In this configuration, the front part of model was inclined with slant angles ( $\theta$ ) of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  relative to the horizontal reference.

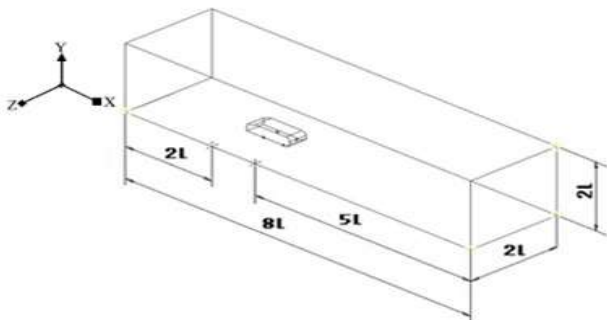
The value of viscous drag force and pressure drag force  $F_d$  is denoted in the equation (1).

$$F_d = \int \tau_w \sin \theta dS + \int p \cos \theta dS \quad (1)$$

while, drag coefficient  $C_d$  is expressed in the equation (2).

$$C_d = \int \frac{\tau_w}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2} \sin \theta dS + \frac{\int C_p \cos \theta dS}{S} \quad (2)$$

where  $\tau_w = \mu(du/dy)_w$  is the wall shear stress which is assessed from the velocity gradient at the wall and  $C_p = (p-p_\infty)/(\rho V_\infty^2/2)$  is pressure coefficient which is assessed from pressure distribution at the wall.



**Figure 2. The 3D computational domain**

The applied 3D computational domain is as shown in figure 2 denoting dimensions of length ( $L$ )= $8l$ , width ( $W$ )= $2l$ , and height ( $H$ )= $2l$ , where  $l$  is the length of model in  $x$ -axis. This computation approach utilizes

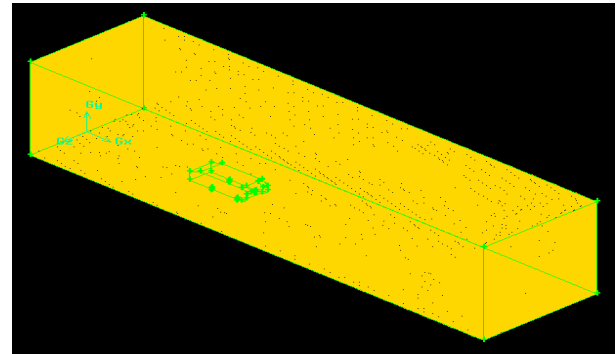
standard k-epsilon turbulence model as described on equation (3) for kinetic energy and equation (4) for dissipation rate.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + \quad (3)$$

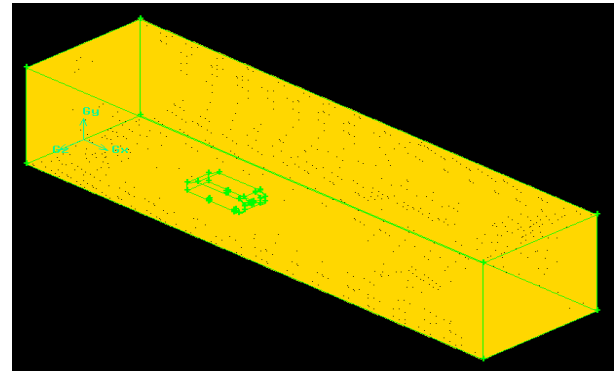
$$+ P_b - \rho \varepsilon + Y_M + S_k$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \quad (4)$$

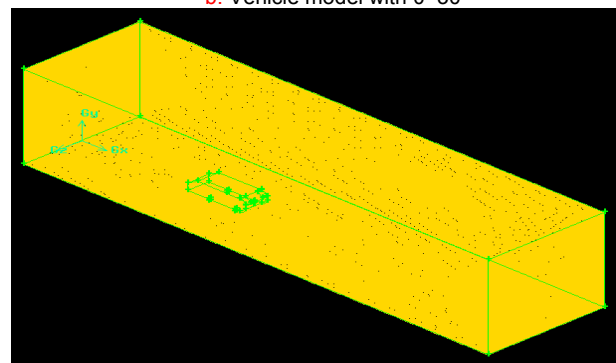
$$+ c_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (P_k + C_{3\varepsilon} P_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon$$



**a. Vehicle model with  $\theta=25^\circ$**



**b. Vehicle model with  $\theta=30^\circ$**



**c. Vehicle model with  $\theta=35^\circ$**

**Figure 3. Meshing on models with blowing control**

Figure 3 shows the meshing on respective vehicle models with the application of blowing on the rear part of models. The type of meshing was tetra/hybrid element with hexacore type, where the number of mesh volume for the model with  $\theta=25^\circ$  was 2,321,940, while for models with  $\theta=30^\circ$  and  $\theta=35^\circ$  the number of mesh were 2,274,917 and 2,319,492 respectively. Inlet velocity of 16.7 m/s is assigned as the boundary condition. Average free stream at upstream region was

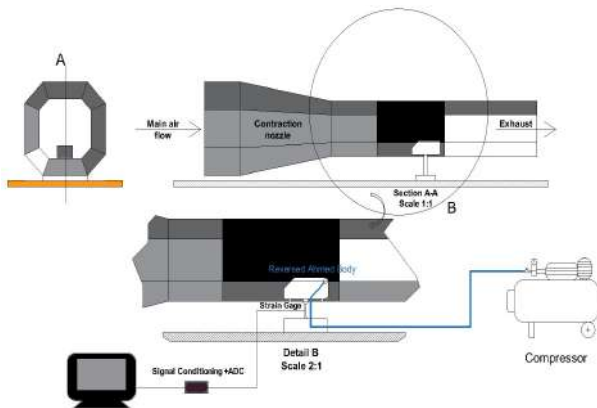
assumed to be in a steady state and uniform condition. The blowing speed was defined in 0.5 m/s. Reynolds number corresponding to the length of the test model was at  $Re=2.98 \times 10^5$ . The detailed computational conditions are given in table 1.

**Table 1. Description of computational condition**

Vehicle model	3D, steady state $\theta=25^\circ$ $\theta=30^\circ$ and $\theta=35^\circ$	
Fluid	Air	
Fluid properties	Density	1.225 kg/m <sup>3</sup>
	Viscosity	0.000017894 kg/m-s
Boundary condition without an active flow control	Vehicle model	Wall
	Outlet	Pressure outlet
	Inlet	Velocity inlet
	Wall	Wall
Boundary condition with blowing flow control	Vehicle model	Wall
	Outlet	Pressure outlet
	Inlet	Velocity inlet
	Wall	Wall
	Blowing1	Velocity inlet
	Blowing2	Velocity inlet
Upstream velocity	16.7 m/s	
Blowing velocity	0.5 m/s	

The tests were conducted in a controlled subsonic wind tunnel supplied with free stream air flow, testing acrylic van model with a 0.25 scale to the original Ahmed body model [2]. The wind tunnel has been calibrated complying manufacturer specification and considering recommendation by several works [29-31]. The van models are classified as models without flow control and models with blowing flow control. The blowing apparatus was configured at the internal part of the body of the model where the flow separation was predicted by computational method to induce a significant drag. The blowing apparatus was operated by using a mini compressor with blowing velocity at 0.5 m/s.

The investigated parameter was the aerodynamic drag force measured by using a load cell. Prior to the main experiments, the load cell was calibrated by using a digital balance. A preliminary measurement was performed to determine the statistical uncertainty of force measurements which was predicted to range at about  $\pm 2\%$ . The setup for the aerodynamic drag force measurement is as shown in figure 4.



**Figure 4. Experimental setup for the aerodynamic drag force measurement**

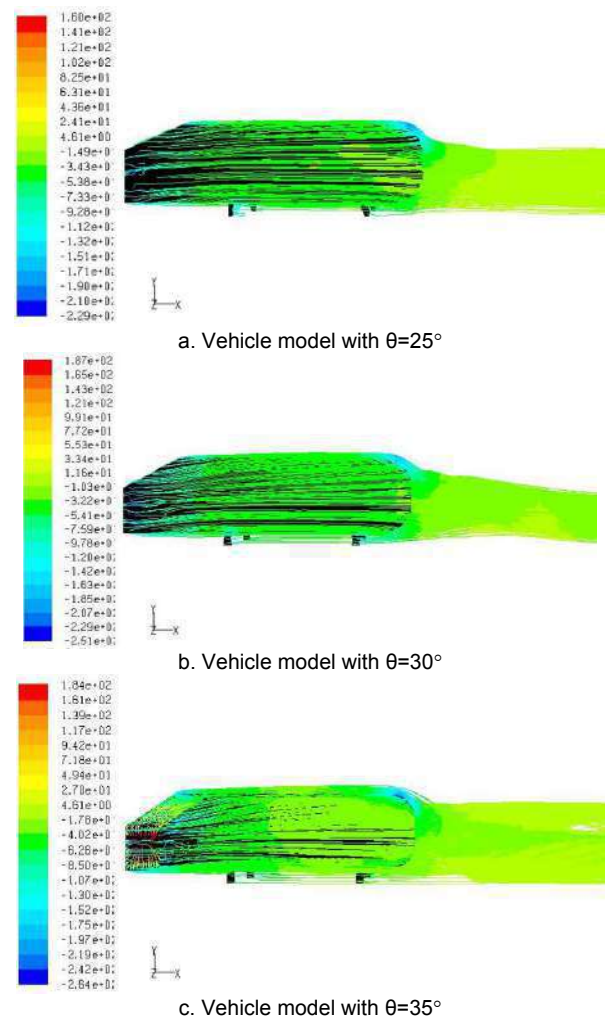
Dimensionless drag coefficient relative to drag force working on the bluff body is defined in the equation (5):

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S} \quad (5)$$

where,  $\rho$  is air density,  $V_\infty$  is free stream velocity,  $S$  is cross sectional area and  $F_d$  is the total drag force working on vehicle models as measured by the load cell.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

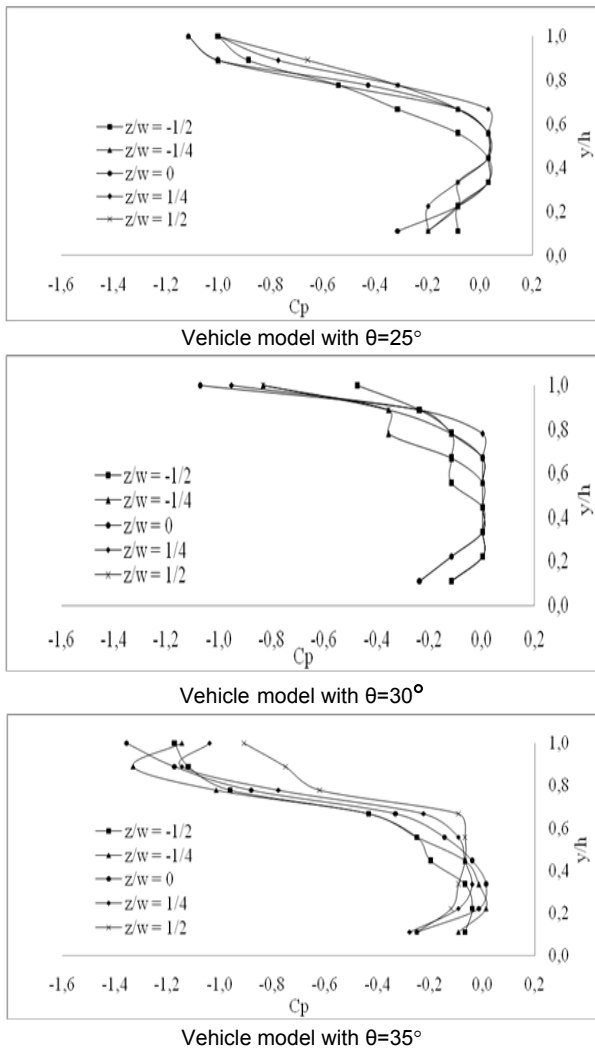
Main results of the research are pressure coefficients and aerodynamic drags which evaluated in terms of reduction in the application of blowing active control. Figure 5 presents contour pathlines coloured by static pressure for models without active flow control for respective front slant angles.



**Figure 5. Pathlines colored by static pressure without active flow control**

The relationships of flow characteristics and vehicle's geometric parameters are presented in consecutive figures and tables. The first to be discussed is the expression of the distribution of pressure coefficient  $C_p$  in the relation to the so-called  $y/h$  ratio which is the ratio of the height of the grid to the height of vehicle model. The second will be the patterns of pressure coefficient distribution on the rear part of vehicle models in

regards with  $z/w$  parameter, the ratio of width of grid to the width of vehicle models. The first one is shown in figure 6 for vehicle models with slant angle variations ( $\theta$ ) of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  and given upstream velocity of 16.7 m/s.

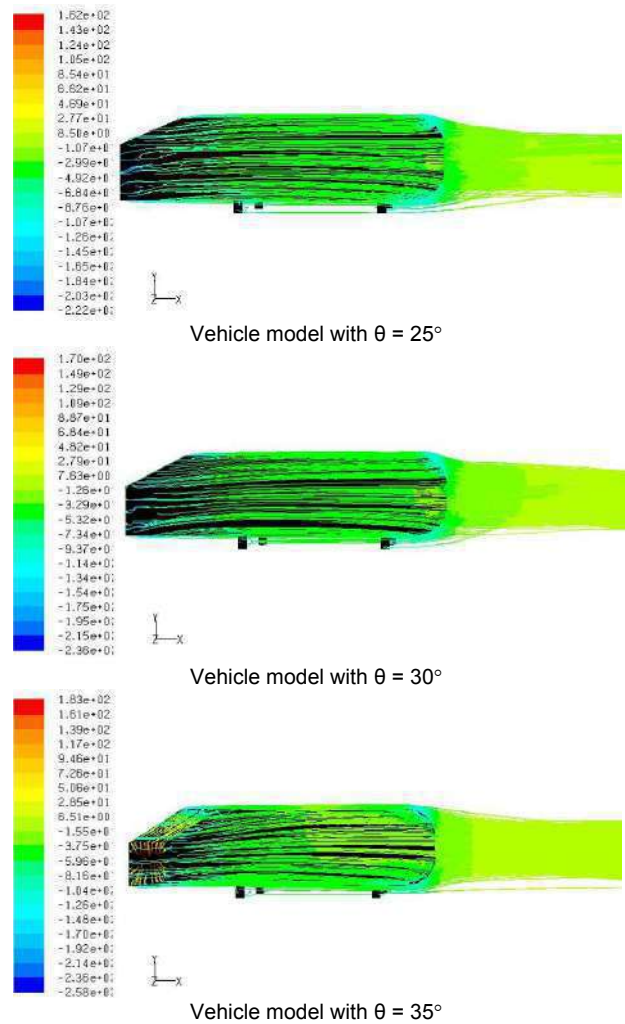


**Figure 6. The distribution of pressure coefficients without an active flow control**

The minimum values of pressure coefficients on respective test model are presented in table 2 where, as shown in the table 2, the minimum value of pressure coefficients occurs at  $y/h=1$ , specifically on the edge of upper side of rear part of respective vehicle models. The highest pressure coefficient is recorded on the vehicle model with a  $30^\circ$  front slant angle as compared to the coefficients on models with  $25^\circ$  and  $35^\circ$  frontal slant angles. It is expected that a flow separation is likely to occur on the rear part of vehicle models, where the separation could induce back flow and therefore can reduce the pressure coefficient. This evidence is in agreement with the opinion of Anderson et al. [32].

**Table 2, The minimum value of pressure coefficients without an active flow control**

Vehicle model	Pressure coefficient, $C_p$	$y/h$	$z/w$
$\theta=25^\circ$	-1.1148	1	-1/4 and 0
$\theta=30^\circ$	-1.0716	1	0
$\theta=35^\circ$	-1.3556	1	0



**Figure 7. Pathlines colored by static pressure with blowing flow control**

The presence of active control in the form of blowing was then evaluated based on the same parameter. Figure 7 presents contour pathlines colored by static pressure for models with the application of blowing active flow control for respective front slant angles. Figure 8 presents the distributions of pressure coefficients for given 16.7 m/s upstream velocity  $U_0$  as well as 0.5 m/s blowing velocity  $U_{bl}$ ; all were applied on vehicle models with frontal slant angles of  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  and  $35^\circ$  respectively.

The figures show that with the application of blowing flow control, the pressure coefficient tends to increase. From around  $y/h=0.6$  to  $y/h=1$ , pressure coefficients start to change in a positive direction. This finding shows that on the upper side of the rear part of respective model, pressure coefficient increases. By the application of blowing flow control, the lower pressure stream, and considering the shape factor and friction of air with model's wall can be reduced therefore the flow separation the rear part of the test model can be reduced as well. Table 3 summarizes the minimum values of the pressure coefficient distribution on a 0.5 m/s given blowing velocity  $U_{bl}$  and a 16.7 m/s upstream velocity  $U_0$ . The table also shows that the smallest pressure coefficient distribution was on the model with a  $30^\circ$  front slant angle when compared to the test model with  $25^\circ$  and  $35^\circ$  slant angles.

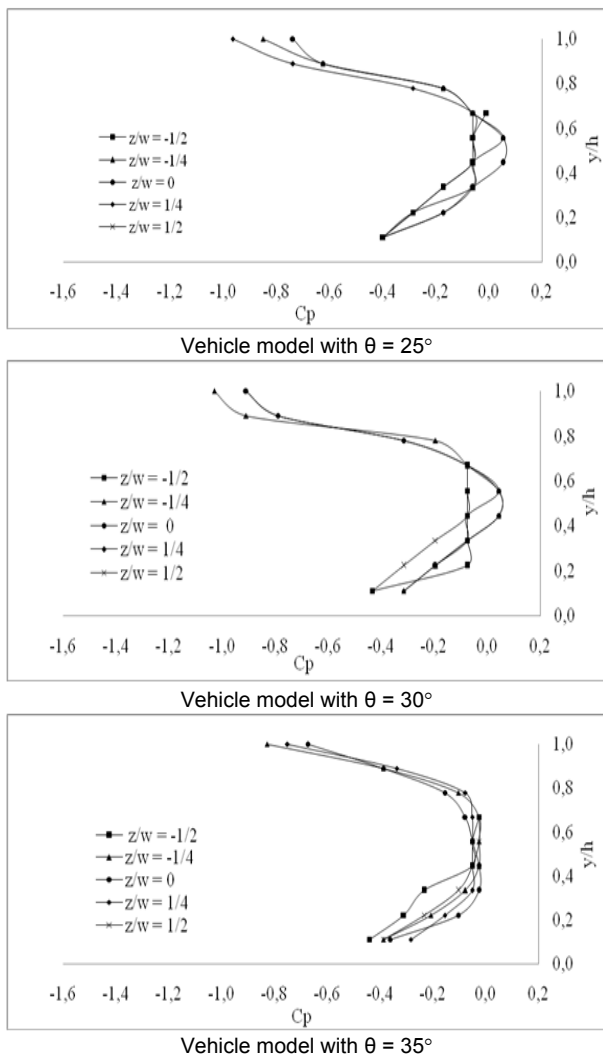


Figure 8. Pressure coefficient distribution with blowing flow control

Table 3. Minimum values of pressure coefficient with blowing flow control

Vehicle model	Pressure coefficient, $C_p$	y/h	z/w
$\theta=25^\circ$	-0.9622	1	1/4
$\theta=30^\circ$	-1.0285	1	-1/4
$\theta=35^\circ$	-0.8279	1	-1/4

The effect of additional active control by blowing with  $U_{bl}=0.5$  m/s blowing speed in the reduction of the flow separation at the rear of each vehicle model is shown in table 4. The reduced flow separation gives an effect in the increase of the pressure coefficients on all vehicle models [33].

Table 4. Increasing pressure coefficient with blowing flow control

Vehicle model	Pressure coefficient, $C_p$		Increasing $C_p$ , (%)
	Without active flow control	With blowing	
$\theta=25^\circ$	-1.1148	-0.9622	13.69
$\theta=30^\circ$	-1.0716	-1.0285	4.02
$\theta=35^\circ$	-1,3556	-0.8279	38.93

The largest value of increasing of pressure coefficient with the addition of blowing active control is on the

model with  $35^\circ$  front slant angle gaining a number of percentages of 38.93%.

### 3.1 The computational method

Table 5 presented the aerodynamic drag coefficients for computational approach on the vehicle models with frontal slant angle of  $\theta=25^\circ$ ,  $\theta=30^\circ$  and  $\theta=35^\circ$  both for normal treatment (without flow control) and with the addition blowing flow control with blowing speed  $U_{bl}$  of 0.5 m/s and upstream velocity  $U_o$  of 16.7 m/s.

Table 5. Aerodynamic drag coefficient and aerodynamic drag reduction by computational method

Vehicle model	Aerodynamic drag coefficient, $C_d$		Aerodynamic drag reduction, %
	without active flow control	with blowing	
$\theta=25^\circ$	1.7752	1.5639	11.90
$\theta=30^\circ$	1.6709	1.5699	6.04
$\theta=35^\circ$	1.7556	1.4953	14.81

Table 5 gives information that, in vehicle model without active control, the smallest aerodynamic drag coefficient is obtained in model with a  $30^\circ$  slant angle with the value of 1.6709 while on the models with  $25^\circ$  and  $35^\circ$  front slant angles, aerodynamic drag coefficients were 1.7752 and 1.7556 respectively. It is shown that the aerodynamic drag coefficients on each model were decreasing as the effect of the additional blowing active control while the smallest drag coefficient occurred in the model with  $\theta=35^\circ$  where the value of 1.4953. For models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$ , the aerodynamic drag coefficients were 1.5639 and 1.5699 respectively.

From the table 5 also, the largest reduction of aerodynamic drag as the effect of blowing flow control occurs on vehicle model with  $\theta$  of  $35^\circ$  on a given 0.5 m/s blowing velocity  $U_{bl}$  and 16.7 m/s upstream velocity  $U_o$  with the reduction percentage was 14.81%. For the vehicle models with slant angles of  $25^\circ$  and  $30^\circ$ , the reduction were 11.90% and 6.04% respectively, as shown in table 5. The aerodynamic drag value on vehicle model with front slant angle  $35^\circ$  is capable to increase pressure coefficient on rear part of vehicle model for up to 38.93% as the effect of blowing flow control. The increasing of pressure coefficient on rear parts of vehicle models can decrease the aerodynamic drag. Results obtained from the research have confirmed the results of other researchers [16, 18, 23, 26, 27] where the application of active control by blowing can reduce aerodynamic drag on vehicle models.

### 3.2 The experimental method

Table 6 presents the aerodynamic drag coefficients obtained from experimental method on three vehicle models, which have similar geometric parameters to the model used for computational method.

Table 6 gives the information that for models without flow control, the smallest aerodynamic drag coefficients occurs in the  $30^\circ$  front slant angle vehicle model with 1.5173 value as for models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=35^\circ$ ,

the aerodynamic drag coefficients were 1.6237 and 1.5655 respectively. Additional blowing flow control for all models gives reduction of aerodynamic drag coefficients while the smallest aerodynamic drag coefficients occurred in the model with a 35° front slant angle with the value of 1.3747% and 1.4480% as well as 1.4313% for vehicle models with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$ .

**Table 6. Aerodynamic drag coefficient and aerodynamic drag reduction by experimental method**

Vehicle model	Aerodynamic drag coefficient, $C_d$		Aerodynamic drag reduction, %
	without active flow control	with blowing	
$\theta=25^\circ$	1.6237	1.4480	10.82
$\theta=30^\circ$	1.5173	1.4313	5.67
$\theta=35^\circ$	1.5655	1.3747	12.54

From the table 6 also, it is obvious that the smallest reduction of aerodynamic drag by active control with blowing speed  $U_{bl}$  of 0.5 m/s and upstream velocity  $U_o$  of 16.7 m/s occurred on the model with  $\theta=35^\circ$  giving the reduction of 12.54% while on models with  $\theta=25^\circ$  dan  $\theta=30^\circ$  the reductions were 10.82% and 5.67% respectively.

The comparison of aerodynamic drag coefficients for vehicle models with  $\theta=25^\circ$ ,  $\theta=30^\circ$  and  $\theta=35^\circ$  front slant angles obtained from both computational method as well as experimental method are shown on tables 7, 8 and 9 respectively.

Table 7 contains the comparison of aerodynamic drag coefficient for vehicle model with slant angle  $\theta=25^\circ$  from computational and experimental methods. It is shown that the aerodynamic drags coefficients from the two methods on models without flow control differ in about 8.53%, as for models with a 0.5 m/s blowing flow control, the two methods result a 7.41% difference in the value of aerodynamic drag coefficient. The table 7 also informs that there is a 1.08% slight difference in the reduction of aerodynamic drag coefficient for the two methods.

**Table 7. Aerodynamic drag coefficient ( $C_d$ ) for vehicle model with  $\theta=25^\circ$**

Description	Aerodynamic drag coefficient, ( $C_d$ )		Aerodynamic drag coefficient ( $C_d$ ) reduction (%)
	without active flow control	with blowing	
Computational	1.7752	1.5639	11.90
Experimental	1.6237	1.4480	10.82
Difference	8.53%	7.41%	1.08

Table 8 shows the comparison of aerodynamic drag coefficients from both computational and experimental approaches for vehicle model with slant angle of  $\theta=30^\circ$ . The coefficients of aerodynamic drag of the two methods for models without flow control differ on 9.19% differences. For vehicle models with blowing flow control at blowing speed of 0.5 m/s, the two methods give 8.83% difference in aerodynamic drag coefficient values. The table 8 also shows that the

reduction of aerodynamic drag coefficients between computational and experimental methods differ on only 0.37%.

**Table 8. Aerodynamic drag coefficient ( $C_d$ ) for vehicle model with  $\theta=30^\circ$**

Description	Aerodynamic drag coefficient, ( $C_d$ )		Aerodynamic drag coefficient ( $C_d$ ) reduction (%)
	without active flow control	with blowing	
Computational	1.6709	1.5699	6.04
Experimental	1.5173	1.4313	5.67
Difference	9.19%	8.83%	0.37

**Table 9. Aerodynamic drag coefficient ( $C_d$ ) for vehicle model with  $\theta=35^\circ$**

Description	Aerodynamic drag coefficient, ( $C_d$ )		Aerodynamic drag coefficient ( $C_d$ ) reduction (%)
	without active flow control	with blowing	
Computational	1.7556	1.4953	14.81
Experiment	1.5655	1.3706	12.54
Difference	10.82%	8.34%	2.27

Aerodynamic drag coefficients obtained from computational and experimental methods for  $\theta=35^\circ$  model are listed in table 9. For models without flow control, the aerodynamic drag coefficients of the two methods have 10.82% differences. On vehicle models with active blowing flow control at blowing speed of 0.5 m/s, the two methods give 8.34% difference in aerodynamic drag coefficient values. The table 9 also shows that the reductions of aerodynamic drag coefficients of the two methods differ about 2.27%.

#### 4. CONCLUSION

Based on the results of pressure coefficients and drag reduction on reversed Ahmed vehicle models with front slant angles ( $\theta$ ) of 25°, 30° and 35° as well as the application of blowing flow control, some conclusion can be drawn. It is obvious that the active flow control by blowing and variations on front geometry provide significant impact to the increasing of pressure coefficients and reduction of aerodynamic drag. The most significant increase on pressure coefficients occurs on vehicle model with the 35° front slant angle, gaining 38.93% value, where pressure coefficients with and without blowing flow control reach -0.8279 and -1.3556, respectively. In terms of aerodynamic drag reduction, vehicle model with the 35° front slant angle also gains the value of 14.81 and 12.54 for computational and experimental methods, while the reductions of aerodynamic drag coefficients of the two approaches have 2.27% difference.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded by the Ministry of Research, Technology and Higher Education, The Republic of

Indonesia, through University Excellence Scheme F.Y 2018, with Research Contract No. : 1579/UN4.21/PL.00.00/2018, dated March 21<sup>th</sup> 2018.

## REFERENCES

- [1] Agarwal, R.K. “Sustainable ground transportation – review of technologies, challenges and opportunities”, *International Journal of Energy and Environment*, Vol. 4, No.6, pp.1061-1078, 2013.
- [2] Ahmed, S., Ramm, G., Faltin, G. “Some Salient Features Of The Time-Averaged Ground Vehicle Wake”, SAE Technical Paper 840300, 1984.
- [3] Sims-Williams, D., Dominy, R. “Experimental Investigation into Unsteadiness and Instability in Passenger Car Aerodynamics”, SAE Technical Paper 980391, 1998.
- [4] Bayraktar, I., Landman, D., Baysal, O. “Experimental and Computational Investigation of Ahmed Body for Ground Vehicle Aerodynamics”, SAE Technical Paper 2001-01-2742, 2001.
- [5] Joseph, P., Amandolese, X., Edouard, C. Aider, J. “Flow control using MEMS pulsed micro-jets on the Ahmed body”, *Experiment in Fluids*, Vol. 54, No. 1, 1442, 2013.
- [6] Lienhart, H., Becker, S. “Flow and Turbulence Structure in the Wake of a Simplified Car Model”, SAE Technical Paper 2003-01-0656, 2003,
- [7] Han, T. “Computational analysis of three-dimensional turbulent flow around a bluff body in ground proximity”, *AIAA Journal*, Vol. 27, No.9, 1989, pp. 1213-1219.
- [8] Basara, B., Przulj, V., Tibaut, P. “On the Calculation of External Aerodynamics: Industrial Benchmarks”, SAE Technical Paper 2001-01-0701, 2001.
- [9] Basara, B. “Numerical simulation of turbulent wakes around a vehicle”, in: *ASME Fluid Engineering Division Summer Meeting FEDSM99-7324*. San Francisco, USA, 1999.
- [10] Basara, B., Alajbegovic, A. “Steady state calculations of turbulent flow around Morel body”. in: *7<sup>th</sup> International Symposium of Flow Modelling and Turbulence Measurements*, Taiwan, 1998, pp. 1–8
- [11] Gilliéron, P., Chometon, F. “Modeling of stationary three-dimensional separated air flows around an Ahmed reference model”, in: *ESAIM, Proceeding of Third International Workshop on Vortex Flows and Related Numerical Methods*, 7, 1999, pp. 173–182.
- [12] Kapadia, S., Roy, S., Vallero, M., Wurtzler, K., Forsythe J. “Detached-Eddy Simulation over a Reference Ahmed Car Model”, in: Friedrich, R., Geurts, B.J., Métais, O. (eds) *Direct and Large-Eddy Simulation V*. ERCOFTAC Series, 9. Springer, Dordrecht, 2004, pp 481-488.
- [13] Conan, B., Anthoine, J., Planquart, P. “Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body”, *Experiments in Fluids*, Vol. 50, No. 5, pp.1273-1284, 2010.
- [14] Krogstad, P.A., Kourakine, A. “Some effects of localized injection on the turbulence structure in a boundary layer”, *Physics of Fluids*, Vol. 12, No.11, pp. 2990-2999, 2000.
- [15] Park, J., Choi, H. “Effects of uniform blowing through blowing or suction from a spanwise slot on a turbulent boundary layer flow”, *Physics of Fluids*, Vol. 11, No. 10, pp. 3095–3105, 1999.
- [16] Krentel D., Muminovic R., Brunn A., Nitsche W., King R. “Application of Active Flow Control on Generic 3D Car Models”. in: King R. (eds) *Active Flow Control II. Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, 108. Springer, Berlin-Heidelberg, Germany, 2010, pp. 223-239.
- [17] Heinemann, T., Springer, M., Lienhart, H. “Active flow control on a 1:4 car model”, *Experiments in Fluids*, Vol. 55, No. 5, 1738, 2014.
- [18] Mestiri, R., Ahmed-Bensoltane, A., Keirsbulck, L., Aloui, F., Labraga, L. “Active Flow Control at the Rear End of a Generic Car Model Using Steady Blowing”, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 7, No. 4, pp. 565-571, 2014.
- [19] Tounsi, N., Mestiri, R., Keirsbulck, L., Oualli, H., Hanchi, S., Aloui, F. “Experimental Study of Flow Control on Bluff Body using Piezoelectric Actuators”, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 9, No. 2, pp. 827-838, 2016.
- [20] Tian, J., Zhang, Y., Zhu, H., Xiao, H. “Aerodynamic drag reduction and flow control of Ahmed body with flaps”, *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 9, No.7, pp. 1–17, 2017.
- [21] Shadmani, S., Mousavi-Nainiyan, S.M., Ghasemiasl, R., Mirzaei, M., Pouryoussefi, S.G. “Experimental Study of Flow Control Over an Ahmed Body Using Plasma Actuator”, *Mechanics and Mechanical Engineering*, Vol. 22, No. 1, pp. 239–251, 2018.
- [22] Prakash, B., Bergada, J.M., Mellibovsky, F. “Three Dimensional Analysis of Ahmed Body Aerodynamic Performance Enhancement using Steady Suction and Blowing Flow Control Techniques”, in: *Tenth International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD10)*, 2018. Barcelona, Spain.
- [23] Harinaldi, Budiarto, Tarakka, R., Simanungkalit, S.P. “Effect of Active Control by Blowing to Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model”, *International Journal of Fluid Mechanics Research*, Vol. 40, No.4, pp. 312-323, 2013.
- [24] Julian, J., Karim, R.F., Budiarto, Harinaldi, “Review: Flow Control on a Squareback Model” *International Review of Aerospace Engineering (IREASE)*, Vol. 10, No. 4, pp. 230-239, 2017.
- [25] Harinaldi, Budiarto, Warjito, Kosasih, E.A., Tarakka, R., Simanungkalit, S.P. “Active technique by suction to control the flowstructure over a van model”, *Journal of Engineering and Applied Science*, Vol. 7, No. 2, pp.215-222, 2012.

- [26] Harinaldi, Budiarmo, Tarakka, R., Simanungkalit, S.P. "Computational Analysis of Active Flow Control to Reduce Aerodynamics Drag on a Van Model", *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*, Vol. 11, No. 3, pp. 24-30, 2011
- [27] Tarakka, R., Jalaluddin, Mire, B., Umar, M.N. "Effect of Turbulence Model In Computational Analysis of Active Flow Control on Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model", *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 10, No. 1, pp. 207-219, 2015.
- [28] Tarakka, R., Salam, N., Jalaluddin, Ihsan, M. "Active Flow Control by Suction on Vehicle Models with Variations on Front Geometry", *International Review of Mechanical Engineering*, Vol. 12, No. 2, 2018, pp. 128-134.
- [29] Plint and Partners, *Manual of Educational Wind Tunnel*, England, 1982.
- [30] Ocokoljić, G., Damljanović, D., Vuković, Đ., Rašuo, B. "Contemporary Frame of Measurement and Assessment of Wind-Tunnel Flow Quality in a Low-Speed Facility", *FME Transactions*, Vol. 46, No. 4, pp. 429-442, 2018.
- [31] Ocokoljić, G., Damljanović, D., Rašuo, B., Isaković, J. "Testing of a Standard Model in the VTI's Large subsonic Wind-tunnel Facility to Establish Users' Confidence", *FME Transactions*, Vol. 42, No. 3, pp. 212-218, 2014.
- [32] Anderson, J.D. "Fundamental of Aerodynamics" 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill, Singapore, 2001.
- [33] Sphon, A., Gilliéron, P. "Flow separations generated by simplified geometry of an automotive vehicle", in: *IUTAM Symposium: Unsteady separated flows*, 2002, Toulouse, France.

#### NOMENCLATURE

$C_d$	drag coefficient
$C_p$	pressure coefficient
$F_d$	pressure drag force [N]
$h$	height of test model [m]
$l$	length of test model [m]

$\rho$	density [kg/m <sup>3</sup> ]
$\theta$	front slant angle [°]
Re	Reynolds number
$S$	cross section area [m <sup>2</sup> ]
$\tau_w$	wall shear stress [N/m <sup>2</sup> ]
$U_{bl}$	blowing velocity [m/s]
$U_o$	upstream velocity [m/s]
$\mu$	viscosity [N.s/m <sup>2</sup> ]
$w$	width of test model [m]

### УТИЦАЈ РЕГУЛАЦИЈЕ ПРОТОКА ДУВАЊА И ПРЕДЊЕ ГЕОМЕТРИЈЕ НА СМАЊЕЊЕ АЕРОДИНАМИЧКОГ ОТПОРА КОД МОДЕЛА ВОЗИЛА

Р.Тарака, Н.Салам, Цалалудин, М.Ихсан

Анализира се утицај регулације протока дувања и варијације предње геометрије у циљу редукције аеродинамичког отпора код модела возила. Регулација протока дувања је алтернативна мера за модификацију почетка раздвајања протока у граничном слоју на површини возила. Очекује се да се модификацијом смањи доминантан утицај области раздвајања на укупан отпор. Истраживање извршено нумеричким и експерименталним методама се бави испитивањем утицаја варијација предњег нагибног угла од 25<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup> и 35<sup>0</sup> на редукцију аеродинамичког отпора код модела возила при регулацији протока дувања узлазно и брзине протока од 16,7 м/с односно 0,5 м/с. Мерне ћелије су коришћене код експеримента за евалуацију аеродинамичког отпора израчунатог нумеричком методом. Утврђено је да регулација протока дувања и варијације предње геометрије имају значајан утицај на повећање коефицијената притиска и смањење аеродинамичког отпора код модела возила. Највеће повећање коефицијената притиска од 38,93% је било код модела са нагибним углом од 35<sup>0</sup>, док је највеће смањење аеродинамичког отпора било на истом моделу: од 14,81 – 12,54 применом нумеричке односно експерименталне методе.



# SNTTM XVII

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2018

## PROSIDING

**“Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan”**

Organized by :



**Program Studi**

**TEKNIK MESIN**

4-5 Oktober 2018

Hotel Swiss Belinn Kupang, Nusa Tenggara Timur

Indonesia

## Computational Study on the Analysis of Blowing Application Towards Flow Fields on Vehicle Models with Variations on Front Geometry

Rustan Tarakka<sup>1,\*</sup>, Nasaruddin Salam<sup>2</sup>, Jalaluddin<sup>3</sup>, Muhammad Ihsan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

<sup>4</sup>Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Pinrang

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

**Abstract.** The application of blowing is one of engineering efforts in term of active flow control around bluff body. This research aims to analyze the effect of active control by blowing on vehicle models with varied frontal geometry. Vehicle model in question is reversed Ahmed model with 25°, 30°, and 35° slant angles. Computational application used in this research is CFD Fluent 6.3. Applied upstream velocity used was 16.7 m/s while blowing speed was set on 0.5 m/s. The results of research show that vehicle models with  $\theta=30^\circ$  and  $\theta=35^\circ$  slant angle underwent larger wake than that of vehicle model with  $\theta=25^\circ$ . The application of active control by blowing on the vehicle model is resulting in the reduction of wake on vehicle models with  $\theta=35^\circ$  slant angle which is significantly larger than that of vehicle model with  $\theta=25^\circ$  and  $\theta=30^\circ$ .

**Abstrak.** Aplikasi *blowing* merupakan salah satu upaya rekayasa aktif untuk mengendalikan aliran di sekitar *bluff body*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontrol aktif *blowing* pada model kendaraan dengan variasi geometri muka. Model kendaraan yang digunakan sebagai model uji adalah *reversed Ahmed body* dengan variasi kemiringan muka kendaraan yaitu 25°, 30°, dan 35°. Pendekatan komputasi digunakan pada penelitian ini dengan *software CFD Fluent 6.3*. Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 16.7 m/s, sementara kecepatan *blowing* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah 0.5 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai  $\theta=30^\circ$  dan  $\theta=35^\circ$  mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai  $\theta=25^\circ$ . Dengan aplikasi *blowing* maka model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai  $\theta=35^\circ$  mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai  $\theta=25^\circ$  dan  $\theta=30^\circ$ .

**Kata kunci:** *blowing*, komputasi, medan aliran, model kendaraan

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Berbagai disain aerodinamis kendaraan telah dirintis untuk mengurangi hambatan aerodinamis yang pada gilirannya akan memberi kontribusi penghematan konsumsi bahan bakar [1]. Lazimnya, industri otomotif lebih tertarik pada kontrol pasif berdasarkan perubahan bentuk. Namun, karena modifikasi bentuk sangat dibatasi oleh beberapa faktor, industri otomotif belakangan merubah fokus pada kontrol aktif aliran sebagai salah satu teknik yang dikembangkan untuk mengurangi hambatan aerodinamis pada kendaraan. Salah satu teknik yang dikembangkan untuk mengurangi hambatan aerodinamis pada kendaraan adalah penerapan kontrol aktif aliran. Pada awalnya banyak penelitian dasar mengenai sistem kontrol aktif untuk pemisahan aliran turbulen dengan teknik *blowing* atau *suction* difokuskan pada aplikasi pada pesawat terbang. Namun, teknik ini juga dianggap dapat dikembangkan dalam disain kendaraan di mana dapat secara signifikan meningkatkan kinerja aerodinamis kendaraan yang bergerak dengan

dampak yang dapat diabaikan pada geometri kendaraan.

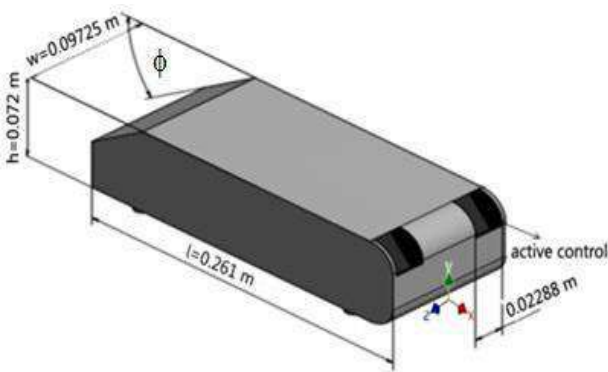
Model kendaraan *Ahmed body* merupakan salah satu bentuk yang paling sederhana dan lazim dikaji [2-5]. Beberapa penelitian menggunakan *model Ahmed body* untuk mengkaji medan aliran dengan berbagai pendekatan, antara lain Large Eddy Simulation (LES) [6-9]. Model *Ahmed body* yang dimodifikasi menerapkan aliran pada arah yang berlawanan, yang dalam hal ini disebut *reversed Ahmed body* [10]. Kajian lain yang membahas mengenai hambatan aerodinamis [11]. Penerapan kontrol aktif dengan tiupan juga telah dibahas dalam beberapa makalah [12-13] dengan menggunakan model *Ahmed body*.

Banyak penelitian menunjukkan kontrol aktif untuk pemisahan aliran turbulen memberikan prospek alternatif yang sangat baik untuk mengurangi hambatan aerodinamis pada kendaraan. Sistem kontrol aktif membutuhkan sumber energi eksternal untuk mengontrol aliran di sekitar body kendaraan tanpa mengganggu bentuknya, misalnya teknik penghambusan yang diterapkan pada profil

ONERA-D dapat menggeser atau bahkan menghilangkan pemisahan aliran [14]. Dalam penelitian lain, simulasi numerik 3D berdasarkan metode Lattice Boltzmann pada model kendaraan *Ahmed body* telah dilakukan [15]. Hasilnya dapat digunakan untuk mengembangkan dan mendefinisikan pedoman parameter kontrol aktif untuk meningkatkan kinerja aerodinamis kendaraan [16]. Sementara itu, Bruneau dkk [17] melakukan penelitian dengan menggabungkan teknik kontrol aktif dan pasif untuk mengurangi koefisien drag di sisi belakang model Ahmed dengan bentuk belakang persegi, di mana diperoleh pengurangan drag hingga 30%. Kourta dan Gillieron [18] juga melakukan penelitian tentang penerapan kontrol aktif aliran pada kendaraan dan mendapat nilai pengurangan drag hingga 30% dan pengurangan konsumsi bahan bakar rata-rata hingga 2,4 liter per 100 km di jalan. Harinaldi dkk [19] juga melakukan penelitian dalam kontrol aktif aliran secara komputasi, dan menyatakan bahwa penerapan kontrol aktif dengan tiupan dapat mengurangi hambatan aerodinamis *reversed Ahmed body* hingga 14.38%.

**Metode Penelitian**

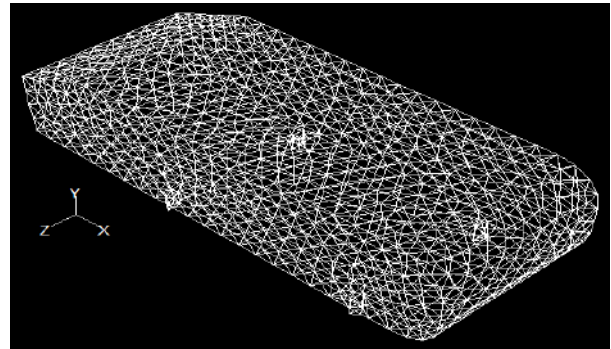
Model uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *reversed Ahmed body*. Pada penelitian ini, model kendaraan *reversed Ahmed body* diuji dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan, ( $\phi$ ) masing-masing 25°, 30° dan 35° tanpa kontrol aktif aliran dan dengan model kendaraan yang dilengkapi dengan kontrol aktif *blowing*.



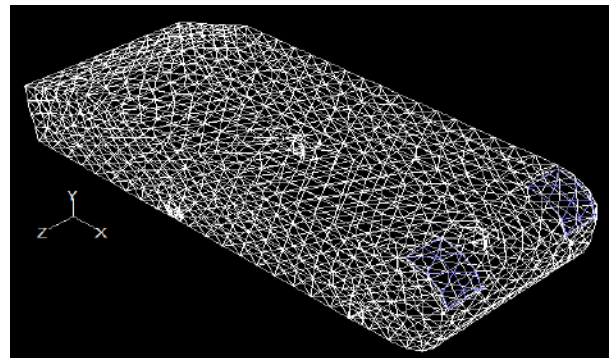
Gambar 1. Disain model uji (*reversed Ahmed body*)

Disain model uji yang diperlihatkan pada Gambar 1 yang digunakan pada penelitian ini memiliki rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body*. Karena itu model uji tersebut mempunyai dimensi panjang  $l=0.261$  m, tinggi  $h=0.072$  m dan lebar  $w=0.09725$  m.

Pendekatan komputasi pada penelitian ini menggunakan *software CFD fluent 6.3* [9] dengan model turbulensi *k-epsilon standard*. Grid (*mesh*) model uji tanpa kontrol aliran dan dengan kontrol aktif *blowing* diberikan pada Gambar 2. Kecepatan *upstream*,  $U_0$  dan kecepatan *blowing*,  $U_{bl}$  yang digunakan masing-masing 16.7 m/s dan 0.5 m/s.



a. Tanpa kontrol aktif aliran



b. Dengan kontrol aktif *blowing*

Gambar 2. Tampilan grid model uji

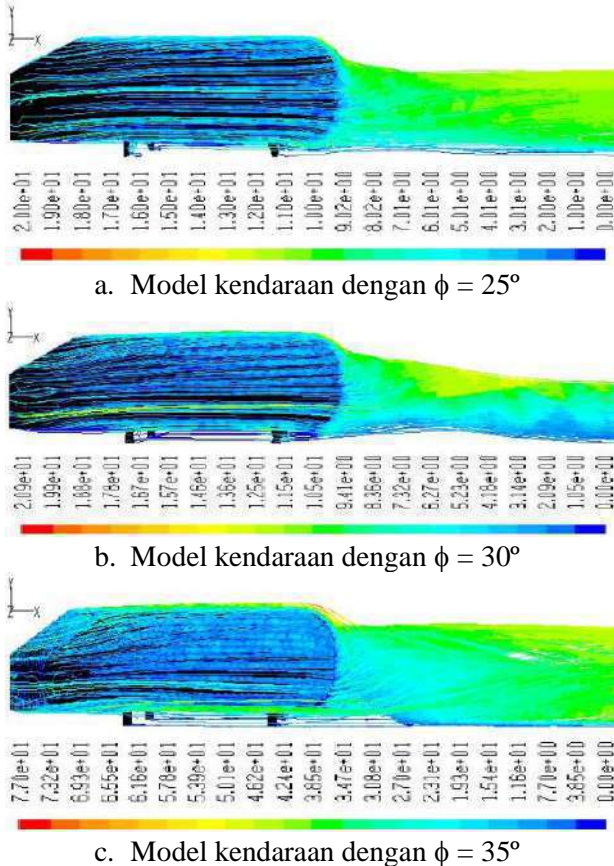
**Hasil dan Pembahasan**

**a. Tanpa kontrol aktif aliran**

*Pathline* kecepatan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream* 16,7 m/s diperlihatkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tersebut, diperoleh informasi bahwa pada bagian belakang model kendaraan terjadi pemisahan aliran yang berdampak pada timbulnya aliran balik pada bagian belakang pada ketiga model uji dengan  $\phi$ , masing-masing 25°, 30° dan 35° yang membentuk olakan. Selain itu, olakan yang terbentuk juga disebabkan karena pada bagian tepi sisi belakang masing-masing model kendaraan terjadi *vortex longitudinal*, dimana fluida pada bagian tepi akan mengalir menuju bagian tengah yang kecepatan aliran pada bagian tersebut akan menurun apabila dibandingkan dengan kecepatan aliran bagian tepi pada model kendaraan. Pemisahan aliran yang terjadi disebabkan karena fluida yang mengalir

tidak dapat lagi mengikuti bentuk permukaan model kendaraan [10].

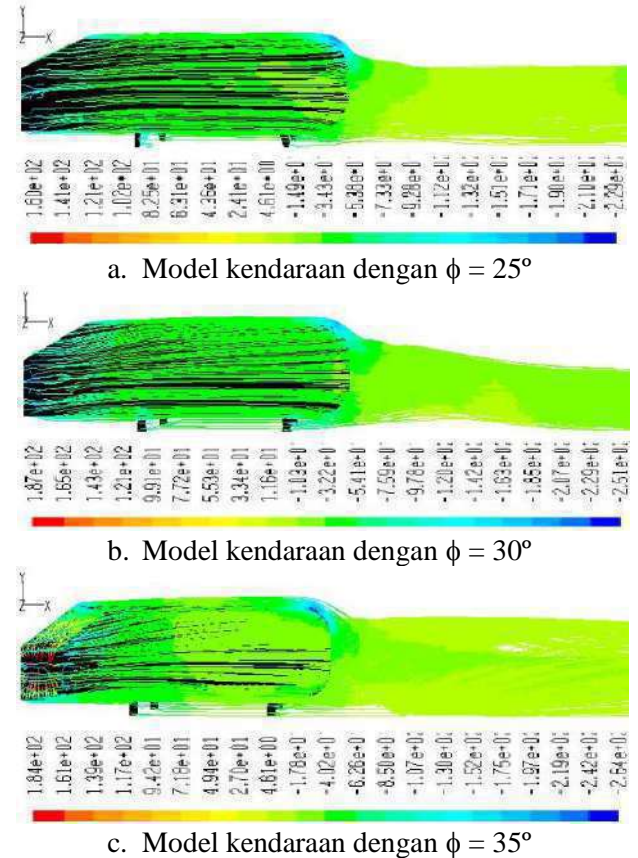
Pada kecepatan *upstream* 16,7 m/s dengan variasi geometri muka model kendaraan memperlihatkan adanya perbedaan *pathline* kecepatan pada bagian belakang masing-masing model kendaraan seperti yang terlihat pada Gambar 3 (a-c). *Pathline* kecepatan merupakan garis jejak atau garis lintasan aliran fluida pada masing-masing model kendaraan sehingga tampak pola atau struktur aliran udara yang mengalir pada masing-masing model kendaraan.



Gambar 3. *Pathline* kecepatan pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s.

Aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  seperti yang terlihat pada Gambar 3(b-c) mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$  (Gambar 3a). Olakan yang besar tersebut disebabkan karena adanya pemisahan aliran yang berdampak pada penurunan tekanan pada bagian belakang model kendaraan. Hal tersebut juga terkonfirmasi pada Gambar 4, dimana terlihat *pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan

*upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Roumeas M., et al 2008, dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model kendaraan akan menyebabkan olakan dan penurunan tekanan [16].



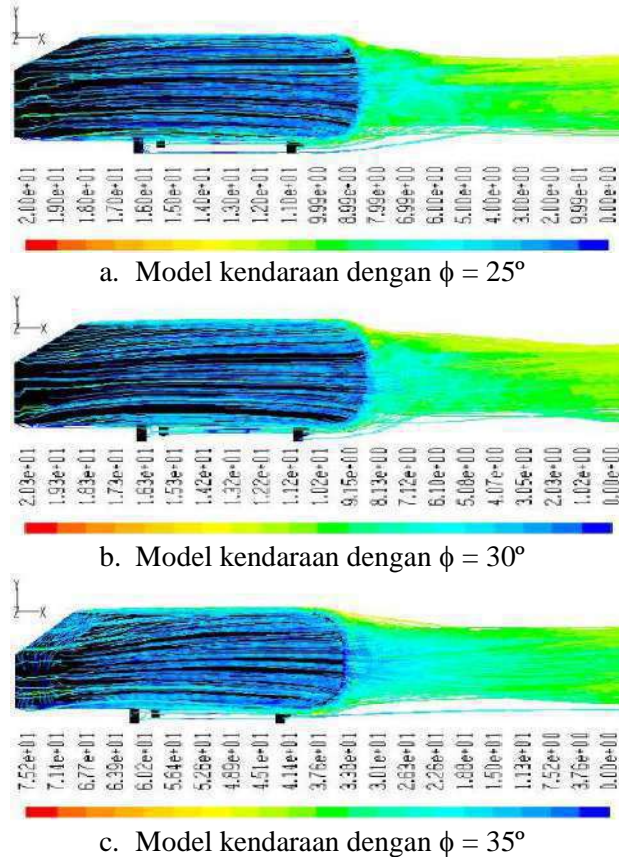
Gambar 4. *Pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*,  $U_0 = 16.7$  m/s

**b. Dengan kontrol aktif *blowing***

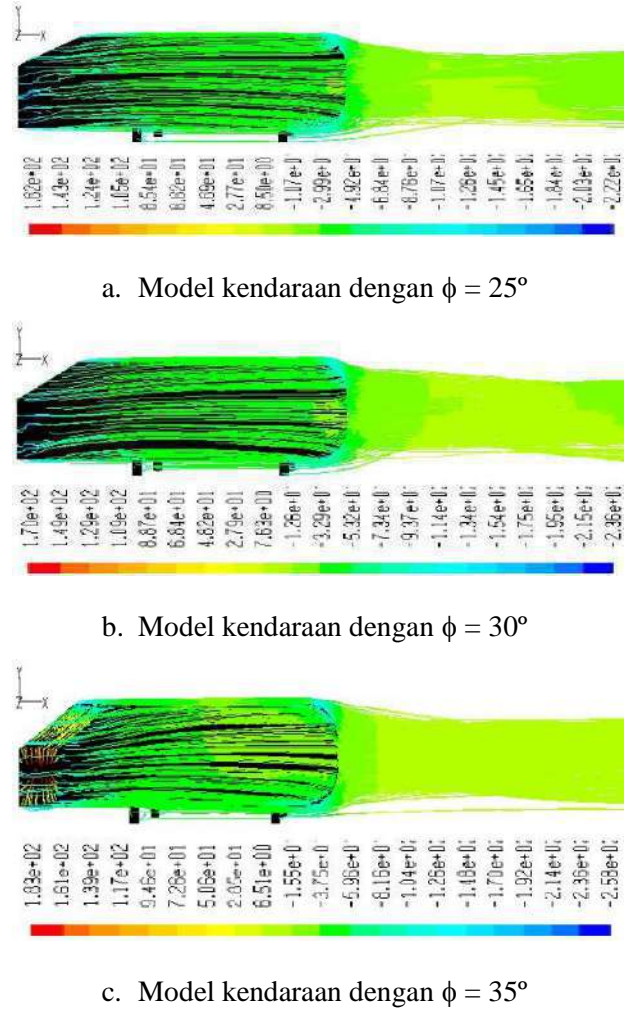
Penempatan *blowing* dengan kecepatan 0.5 m/s pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada masing-masing model kendaraan dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan aliran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 tersebut, terlihat bahwa dengan penambahan *blowing* maka olakan (*wake*) dan *vortex* yang terjadi pada model kendaraan tanpa kontrol dapat dikurangi atau dipindahkan menjauhi model kendaraan. Akibat olakan yang telah dipindahkan menjauhi model kendaraan maka kecepatan aliran udara pada bagian belakang model kendaraan akan meningkat. Hal ini disebabkan adanya tambahan energi berupa aliran fluida yang mempengaruhi

olakan (*wake*) yang terjadi pada bagian belakang model kendaraan.

Fenomena yang sama terlihat pada masing-masing model kendaraan dengan kecepatan *upstream*  $U_o=16.7$  m/s seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 dimana dengan penambahan *blowing* menyebabkan berkurangnya daerah olakan dan *vortex* yang terbentuk pada bagian belakang model kendaraan. Besarnya pengurangan daerah olakan (*wake*) pada bagian belakang masing-masing model kendaraan berbeda-beda. Berdasarkan dari Gambar 5, terlihat bahwa model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $35^\circ$  mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$  dan  $30^\circ$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa efek pengurangan daerah olakan dengan adanya penambahan *blowing* lebih optimal pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $35^\circ$ . Hasil ini juga terkonfirmasi pada Gambar 6, yaitu *pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *blowing* dan *upstream*, masing-masing  $U_{bl}=0.5$  m/s dan  $U_o = 16.7$  m/s.



Gambar 5. *Pathline* kecepatan pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *blowing* dan *upstream*, masing-masing  $U_{bl}=0.5$  m/s dan  $U_o = 16.7$  m/s.



Gambar 6. *Pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *blowing* dan *upstream*, masing-masing  $U_{bl}=0.5$  m/s dan  $U_o = 16.7$  m/s.

### Kesimpulan

1. Variasi geometri muka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan pada bagian belakang model kendaraan dengan  $\theta=25^\circ, \theta=30^\circ$  dan  $\theta=35^\circ$  pada bagian depan.
2. Aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$ .
3. Penempatan *blowing* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan, dimana olakan (*wake*) dan *vortex* yang terjadi pada model kendaraan tanpa kontrol dapat dikurangi atau dipindahkan menjauhi model kendaraan.

4. Dengan aplikasi *blowing* maka model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $35^\circ$  mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$  dan  $30^\circ$ .

### Penghargaan

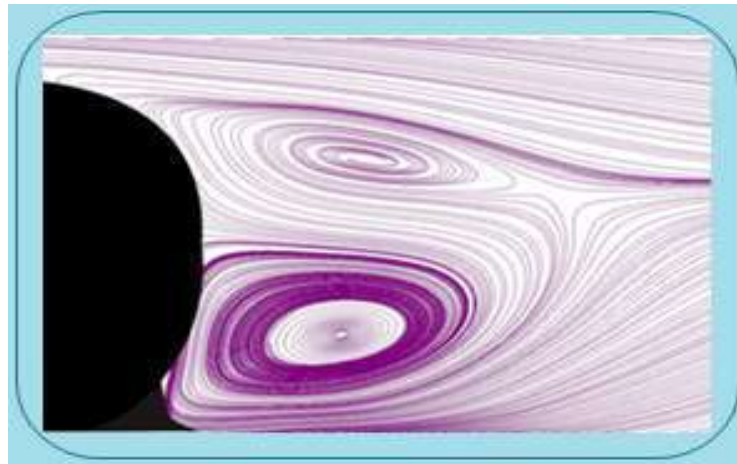
Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018, dengan Kontrak Penelitian Nomor : 1579/UN4.21/PL.00.00/2018 tanggal 21 Maret 2018.

### Referensi

- [1] Kassim, Z. M. and Filippone, A., 2010, Fuel Savings on a Heavy Vehicle via Aerodynamic Drag Reduction, *Transp. Res., Pt. D*, 15, pp. 275–284.
- [2] Ahmed, S.R., Ramm, G., Faltin, G., 1984, Some salient features of the time averaged ground vehicle wake. SAE Paper 840300
- [3] Brunn, A., Nitsche, W., 2006, Active control of turbulent separated flows over slanted surfaces. *Int. J. Heat and Fluid Flow* 27, 748–755
- [4] Brunn, A., Wassen, E., Sperber, D., Nitsche, W., Thiele, F., 2007, Active drag control for a generic car model. In: *Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, vol. 95/2007, pp. 247–259
- [5] Lienhart, H., Becker, S., 2003, Flow and turbulent structure in the wake of a simplified car model. SAE Paper 2003-01-0656
- [6] Krajnović, S., Davidson, L., 2005, Flow around a simplified car, part 1: Large eddy simulation. *ASME: Journal of Fluids Engineering* 127, 907–918
- [7] Krajnović, S., Fernandes, J., 2008, LES of the flow around a 2-dimensional vehicle model with active flow control. In: *ERCOFTAC WORKSHOP, Direct and Large-Eddy Simulations*, Trieste - Italy, September 8-10, vol. 7
- [8] Minguéz, M., Pasquetti, R., Serre, E., 2008, High-order large-eddy simulations of flow over the Ahmed body car model. *Physics of Fluids* 20, 095101
- [9] Minguéz, M., Pasquetti, R., Serre, E., 2009, Spectral vanishing viscosity stabilized les of the ahmed body turbulent wake. *Communications in computational physics* 5(2-4), 635–648
- [10] Harinaldi, Budiarmo, Tarakka, R., dan Simanungkalit, S. P., 2013, Effect of active control by blowing to aerodynamic drag of bluff body van model- *International Journal of Fluid Mechanics Research*
- [11] Littlewood, R.P. dan Passmore, M.A., 2012, Aerodynamic drag reduction of a simplified squareback vehicle using steady blowing. *Experiments in Fluids*, 53(2), pp.519-529
- [12] Mestiri, R., Ahmed-Bensoltane, A., Keirsbulck, L., Aloui, F., Labraga, L., 2014, Active Flow Control at the Rear End of a Generic Car Model Using Steady Blowing, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 7 Issue 4, p565-571. 7p.
- [13] Roumeas, M., Gillieron, P., and Kourta, A., 2009, Analysis and Control of the Near-Wake Flow over a Square-Back Geometry, *Comp. Fluids*, 38, pp. 60–70.
- [14] Ivanic, T., dan Gillieron, P., 2005, Reduction of the Aerodynamic Drag Due to Cooling System: An Analytical and Experimental Approach, SAE Pap. 2005-01-1017
- [15] Fares, E., 2006, Unsteady Flow Simulation of the Ahmed Reference Body using a Lattice Boltzmann Approach, *Comp. Fluids*, 35, pp. 940–950.
- [16] Roumeas, M., Gillieron, P., and Kourta, A., 2008, Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry, *J. Fluids Eng.*, 11, No. 2, pp. 021101(1–10).
- [17] Bruneau, C. H., Creuse, E., Depeyras, D., Gillieron, P., and Mortazavi, I., 2010, Coupling Active and Passive Techniques to Control the Flow past the Square Back Ahmed Body, *Comp. Fluids*, 39, pp. 1875–1892.
- [18] Kourta, A. and Gillieron, 2009, P., Impact of the Automotive Aerodynamic Control on the Economics Issues, *J. Appl. Fluid Mech.*, 2, pp. 69–75.
- [19] Harinaldi, Budiarmo, Tarakka, R., dan Simanungkalit, S. P., 2011, Computational Analysis of Active Flow Control to Reduce Aerodynamics Drag on a Van Model, *Int. J. Mech. Mechatron. Eng., IJMME-IJENS*, 11, No. 3, pp. 24–30.

# **BAHAN AJAR**

## **KONTROL AKTIF ALIRAN PADA MODEL KENDARAAN**



**Oleh**

**Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam, Jalaluddin**

**Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin**

**November 2018**

## **PRAKATA**

Syukur Alhamdulillah, atas rahmat dan hidayah Allah SWT sehingga kami dapat menyelesaikan Bahan Ajar dengan judul “Kontrol Aktif Aliran Pada Model Kendaraan” yang merupakan luaran dari Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2018 yang dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui skema Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018, dengan Kontrak Penelitian Nomor : 1579/UN4.21/PL.00.00/2018 Tanggal 21 Maret 2018.

Pada kesempatan ini, perkenankan kami menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, Rektor Universitas Hasanuddin, Ketua LP2M Unhas, Dekan Fakultas Teknik Unhas, Ketua Departemen Teknik Mesin Unhas, Kepala Laboratorium Mekanika Fluida Unhas, Kepala Laboratorium Komputasi, Pemodelan dan Simulasi Unhas serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian bahan ajar ini.

Kami menyadari bahwa bahan ajar ini masih jauh dari sempurna, sehingga saran dan masukan sangat diperlukan untuk perbaikan ke depannya. Akhir kata, semoga bahan ajar ini dapat memberikan manfaat bagi kalangan akademisi, industri, praktisi dan seluruh masyarakat.

Makassar, 19 November 2018

**Rustan Tarakka**

## DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
BAB 1. AERODINAMIKA KENDARAAN	1
BAB 2. MODEL <i>BLUFF BODY</i> KENDARAAN	8
BAB 3. MODUS KONTROL ALIRAN	12
BAB 4. ARAH PERKEMBANGAN RISET KONTROL AKTIF ALIRAN	18

## BAB I

### AERODINAMIKA KENDARAAN

#### 1.1. Lapisan Batas

Konsep lapisan batas merupakan konsep yang dikembangkan oleh Ludwig Prandtl (1874-1953), seorang ilmuwan dari Universitas Göttingen. Lapisan batas muncul pada permukaan benda karena sifat viskositas dari fluida yang cenderung menempel pada permukaan. Lapisan tepat di atas permukaan yang bersifat stasioner menyebabkan aliran fluida di atasnya melambat karena interaksi berupa tumbukan antarmolekul. Kecepatan pada daerah lapisan batas meningkat secara perlahan hingga mencapai kecepatan aliran bebas (*freestream*). Di luar daerah lapisan batas, fluida dengan kecepatan aliran bebas dapat dimodelkan sebagai fluida *inviscid*.

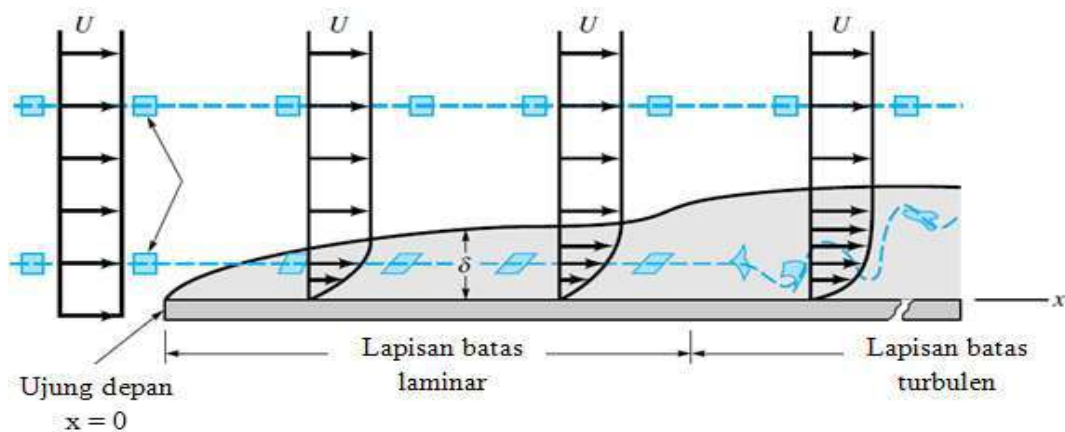
Lapisan batas menebal dengan arah yang sama dengan arah aliran, akibatnya perubahan kecepatan dari nol di permukaan pelat hingga *free stream*,  $U$  pada jarak  $d$  semakin jauh menjadi semakin besar. Laju perubahan kecepatan tersebut menentukan gradien kecepatan di permukaan pelat dan tegangan gesernya. Tegangan geser untuk lapisan batas laminar adalah (Olson R.M & Wright S.J., 1993) :

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \Big|_{y=0} \quad (1.1)$$

Harga ini bervariasi terhadap jarak disepanjang permukaan karena profil kecepatan juga bervariasi terhadap jarak. Saat lapisan batas laminar mulai menebal, akan terjadi ketidakmampuan sehingga akan terbentuk lapisan turbulen. Peralihan dari lapisan batas laminar ke lapisan batas turbulen tergantung pada kekasaran permukaan dan tingkat turbulensi aliran bebas.

Gambar. 1.1 menunjukkan lapisan batas yang terbentuk pada sebuah pelat datar dengan panjang tak berhingga yang di sepanjangnya mengalir suatu fluida viskos, tak mampu-mampat. Dalam gambar tersebut terlihat, sebuah partikel segiempat kecil mempertahankan bentuk aslinya ketika mengalir di dalam aliran seragam di luar lapisan batas. Ketika partikel itu memasuki lapisan batas, partikel tersebut mulai terdistorsi karena gradien kecepatan di dalam lapisan batas, dimana bagian atas partikel mempunyai kecepatan yang lebih besar daripada bagian bawahnya. Partikel fluida tidak berotasi ketika mengalir sepanjang bagian luar lapisan batas, namun akan mulai berotasi

ketika melewati batas semu permukaan lapisan batas dan mulai memasuki kawasan aliran viskos. Aliran tersebut dikatakan tak berotasi (*irrotasional*) di luar lapisan batas dan berotasi (*rotasional*) di dalam lapisan batas. Pada suatu jarak di hilir dari ujung depan, aliran lapisan batas menjadi turbulen dan partikel fluida menjadi sangat terdistorsi karena sifat acak dan tak beraturannya turbulensi. Pada aliran turbulen, terjadi kontak antar lapisan pada lapisan batas dengan intensitas tinggi. Hal ini membutuhkan sejumlah energi, sehingga lapisan dengan aliran yang lebih cepat pada daerah atas turut melambat, dan menghasilkan gradien kecepatan yang lebih tinggi, sehingga meningkatkan gaya gesekan viskos.



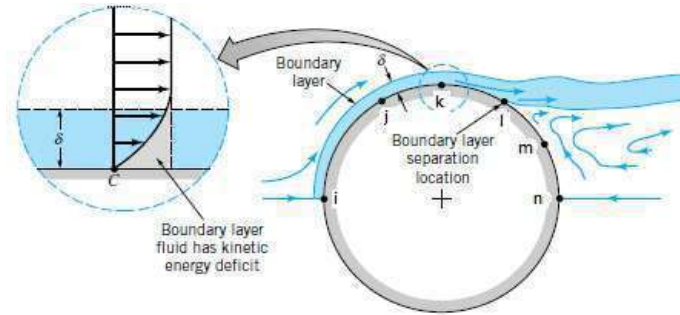
Gambar 1.1 Distorsi dari partikel fluida ketika mengalir di dalam lapisan batas (Munson, 2002)

## 1.2. Separasi Aliran

Ketika kontur permukaan suatu benda berubah secara drastis, aliran fluida pada kondisi tertentu tidak mampu untuk bergerak mengikuti kontur tersebut dan mengalami separasi aliran. Separasi aliran menyebabkan munculnya daerah olakan yang memiliki tekanan rendah sehingga menimbulkan gaya *drag*. Adanya daerah bertekanan rendah ini menyebabkan perbedaan tekanan antara bagian depan dan bagian belakang model kendaraan, yang merupakan kontributor utama dari keseluruhan *drag* (Bruneau C.H., 2010).

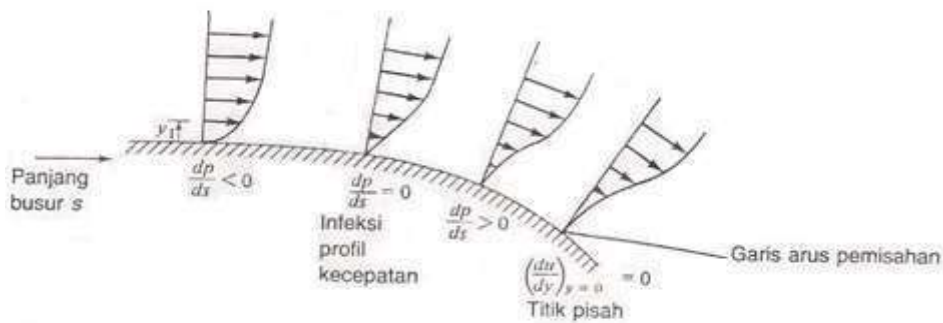
Separasi aliran merupakan bentuk efek viskos dari fluida, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar. 1.2, karena adanya efek viskos, fluida pada titik k di permukaan silinder kehilangan energi kinetik, sehingga tidak memiliki momentum yang cukup untuk mengalir dalam lapisan batas menuju n. Titik l adalah titik dimana separasi

aliran terjadi. Di luar titik l (l menuju n) terjadi aliran balik karena perbedaan kecepatan yang tinggi antara daerah olakan dengan lapisan batas (Munson, 2002).



Gambar 1.2 Separasi aliran yang terjadi pada silinder (Munson, 2002)

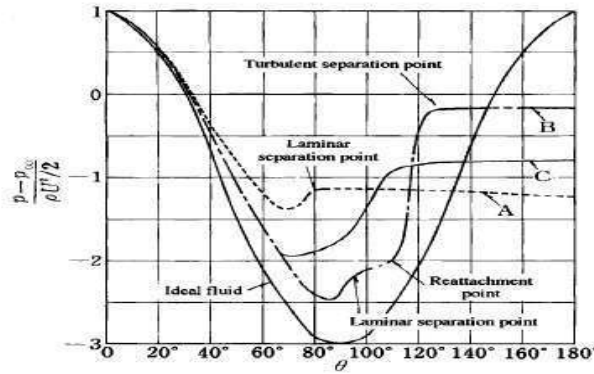
Untuk aliran yang melalui sebuah permukaan lengkung sedemikian rupa sehingga aliran meluas, profil kecepatan akan mengalami infleksi (perubahan kelengkungan) yang dimulai di tempat gradien tekanan menjadi positif seperti yang terlihat pada Gambar 1.3. Pada Gambar 1.3 nampak bahwa partikel pada  $y_1$  mengalami penurunan kecepatan ketika mengalir sepanjang permukaan dan akhirnya berhenti sesaat di tempat lapisan batas memisahkan diri.



Gambar 1.3 Aliran melalui sebuah permukaan lengkung (Olson R.M. & Wright S.J., 1993)

Parameter yang menjadi ukuran terjadinya separasi aliran adalah bilangan Reynolds yang menyatakan perbandingan antara efek inersia dengan efek viskos pada aliran. Untuk sebuah silinder pada aliran terendam, pada bilangan Reynolds rendah, separasi aliran terjadi karena lapisan batas laminar, dan separasi terjadi pada sudut kurang dari  $100^\circ$  (sudut dihitung dari sumbu horizontal sisi kiri, putaran *clockwise*), sedangkan pada bilangan Reynolds tinggi separasi aliran terjadi karena lapisan batas

turbulen, dan separasi terjadi pada sudut hingga mendekati 130°. Gambar 1.4. menunjukkan lokasi separasi yang berbeda-beda pada permukaan silinder dengan variasi bilangan Reynolds (Nakayama Y & R.F. Boucher, 1998).



Gambar 1.4 Distribusi tekanan pada permukaan silinder : A.  $Re = 1.1 \times 10^5 < Re_c$  ;  
 B.  $Re = 6.7 \times 10^5 > Re_c$  ; C.  $Re = 8.4 \times 10^6 > Re_c$  (Nakayama Y & R.F. Boucher, 1998)

### 1.3. Drag Aerodinamika Kendaraan

*Drag* adalah besarnya gaya yang bergerak diatas sebuah objek yang memiliki posisi sejajar dengan aliran bebas. *Drag* pada suatu benda diakibatkan oleh dua hal yaitu gesekan antara fluida dengan permukaan benda dan beda tekanan. *Drag* karena gesekan disebut hambatan gesek (*friction drag*) yang tergantung pada besar permukaan yang bersentuhan dengan fluida, tegangan geser, viskositas, gradien kecepatan, kekasaran permukaan dan *streamline body*. Sedangkan *drag* karena beda tekanan disebut *form drag* tergantung pada bentuk, ukuran, distribusi tekanan, *wake*, bilangan *Reynolds* dan *bluff body* dari benda yang dikenakan aliran.

Gaya *drag* (hambatan) diekspresikan sebagai hasil kali koefisien *drag*, tekanan dinamis arus bebas dan luas karakteristik yang dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut (Munson, 2002) :

$$D = C_D \frac{\rho U_s^2}{2} A \tag{1.2}$$

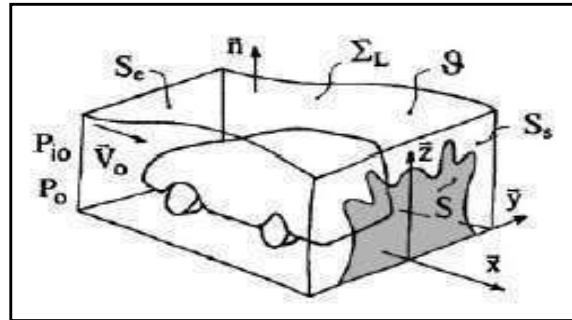
dimana :

$C_D$  = koefisien hambatan

$\frac{\rho U_s^2}{2}$  = tekanan dinamis arus bebas

$A$  = luas karakteristik (luas daerah yang mengalami geseran)

Onorato et.al (1984) menyatakan suatu model matematika yang didasarkan atas persamaan momentum aliran dalam suatu terowongan terhadap model kendaraan yang ada di dalamnya. Gambar. 1.5 menunjukkan model kendaraan beserta komponen gaya *drag* yang bekerja padanya.



Gambar 1.5 Gambar skematik untuk model Onorato (Onorato et.al,1984)

Model ini dinyatakan dalam persamaan matematika berikut :

$$F_x = - \frac{\rho V_o^2}{2} \int_S \left(1 - \frac{V_x}{V_o}\right)^2 d\sigma + \frac{\rho V_o^2}{2} \int_S \frac{V_y^2}{V_o^2} + \frac{V_z^2}{V_o^2} d\sigma + \int_S P_{i0} - P_i d\sigma \quad (1.3)$$

Bagian pertama dalam persamaan model Onorato menyatakan *drag* yang berhubungan dengan defisit kecepatan longitudinal yang terukur pada daerah olakan, ini berhubungan dengan munculnya *vortex* transversal pada daerah bawah. Bagian kedua berhubungan dengan *drag vortex* yang muncul karena adanya *vortex* longitudinal pada *domain* aliran, dan bagian ketiga menyatakan *drag* yang muncul karena perbedaan tekanan total antara aliran *upstream* dan *downstream*, ini berhubungan dengan pembentukan dan keberadaan lapisan terseparasi dan struktur pusaran di dalamnya.

Berdasarkan model Onorato, maka gaya *drag* aerodinamika dari sebuah model kendaraan disebabkan oleh pembentukan lapisan terseparasi pada model, pembentukan struktur pusaran-pusaran transversal dan longitudinal pada daerah olakan. Oleh karena itu, pengurangan *drag* dapat diperoleh dengan mengurangi atau menghilangkan *vortex* longitudinal dengan mengurangi luasan area olakan atau dengan membatasi jatuh tekanan total pada daerah olakan (Duppen & Ward Van, 2009).

Pertimbangan aspek aerodinamika sangat penting dalam desain sebuah kendaraan karena berkaitan secara langsung dengan timbulnya hambatan aerodinamika

kendaraan tersebut. Ketika kendaraan melaju dengan kecepatan tertentu maka kendaraan tersebut mengalami dua jenis hambatan yaitu hambatan akibat gesekan roda (rolling resistance) dan hambatan aerodinamika. Hambatan aerodinamika disebabkan adanya sifat viskositas fluida yang menyebabkan udara yang bersentuhan secara langsung cenderung menempel pada permukaan kendaraan dan membentuk lapisan batas (*boundary layer*). Hal ini menyebabkan tegangan geser pada permukaan kendaraan yang menimbulkan hambatan yang disebabkan oleh gesekan. Sedangkan aliran fluida yang ada di luar lapisan batas disebut dengan *inviscid flow*, atau aliran fluida yang tidak mengalami gesekan, konduktivitas panas, atau difusi massa (Anderson, J.D., 2001).

*Drag* tekanan adalah bentuk paling umum yang digunakan untuk mendefinisikan *drag* pada benda yang disebabkan oleh resistansi fluida untuk mengubah aliran untuk mengisi ruang di belakang benda, sehingga menimbulkan perbedaan tekanan antara aliran *upstream* dan *downstream*. Ini menyebabkan tekanan total pada bagian belakang lebih rendah dari bagian depan, sehingga memunculkan hisapan ke arah belakang. *Drag* ini memiliki ketergantungan yang sangat kuat pada bentuk dari benda. Sebagai contoh adalah gaya tekanan pada pelat datar yang tegak lurus aliran menyebabkan keseluruhan *drag*, sebaliknya gaya tekanan pada kedua sisi pelat datar sejajar aliran tidak berkontribusi pada *drag* karena gaya tersebut bekerja tegak lurus aliran. Untuk mendapatkan nilai gaya *drag* tekanan ini, maka dibutuhkan data distribusi tekanan sepanjang permukaan model.

Untuk menyatakan nilai *drag* tekanan, parameter tidak berdimensi  $C_p$  secara umum digunakan yaitu (Munson, 2002) :

$$C_p = \frac{P - P_0}{\frac{1}{2} \rho U_0^2} \quad (1.4)$$

dimana :

$p$  = tekanan pada permukaan model uji (Pa)

$p_0$  = tekanan *streamline* atau garis arus (Pa)

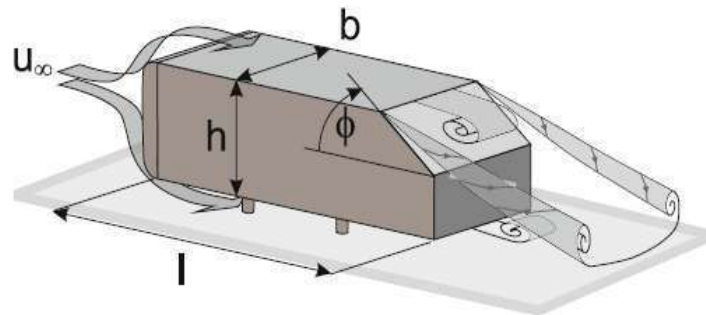
$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$U_0$  = kecepatan *upstream* (m/s)

## **Referensi**

- Andersdon, J.D., 2011. *Fundamentals Of Aerodynamics*. 3<sup>rd</sup> edition, McGraw-Hill, New York.
- 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.
- Duppen, Ward Van. Thesis : Aerodynamic design of a low-drag vehicle using the interaction between Computational Fluid Dynamics and wind tunnel tests, Department of Electro-Mechanics, Leuven Engineering College. 2009
- Munson, B., 2002, *Mekanika Fluida* (Dr.Ir. Harinaldi & Ir. Budiarmo, M.Eng, Penerjemah), Erlangga, Jakarta.
- Nakayama, Y and R.F. Boucher., 1998, *Introduction to Fluid Mechanics*, Butterworth Heinemann Inc, Oxford.
- Olson R.M. and Wright S.J., 1993, *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik* (Alex Tri Kantjono, Penerjemah), PT. Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Onorato M, Costeli AF and Garonne A., 1984, Drag Measurement through wake analysis, SAE, SP-569., International Congress and Exposition, Detroit.





Gambar 2.2 Konfigurasi aliran pada model *Ahmed body* (Krentel D., et al, 2010)

Model Ahmed adalah geometris *body* sederhana yang mempertahankan fitur aliran utama, khususnya *vortex wake flow* di mana sebagian besar bagian dari *drag* terkonsentrasi dan merupakan parameter yang baik digunakan sebagai acuan tes (*test reference*) (Ahmed et al., 1984). Lienhart H. et.al (2002), melakukan penelitian tentang struktur aliran dan turbulensi pada daerah olakan dari *Ahmed model* dengan sudut kemiringan pada bagian belakang  $25^\circ$  dan  $35^\circ$  secara eksperimental menggunakan *Laser Doppler Anemometer* (LDA). Franck G. dan D'Elia J. (2004) juga melakukan penelitian dengan menggunakan model geometri *body* yang dianalisis dengan sudut kemiringan  $12.5^\circ$ . Penelitian serupa, juga dilakukan (Hinterberger et.al, 2004) menggunakan metode simulasi dengan kode *Finite Volume LESOCC2* yang disempurnakan versinya dari kode yang dikembangkan di *Institute Hydromechanics*. Sementara itu, Fares (2006) menggunakan model *Lattice Boltzman PowerFLOW 4,0 D3Q19l* tetapi dengan sudut kemiringan  $25^\circ$  dan  $35^\circ$ . Demikian pula, Minguez M. et al (2008), melakukan penelitian secara komputasi tentang simulasi *High-order large-eddy* terhadap aliran yang melewati kendaraan *Ahmed model*. *Ahmed model* yang diinvestigasi mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$ . Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 40 m/s dengan bilangan Reynolds adalah 786000. Pendekatan numerik yang digunakan adalah penyelesaian multidomain *Spectral Chebyshev-Fourier* dan model *bluff body* dibuat dengan metode *Pseudopenalization*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa topologi aliran ditangkap dengan baik dimana separasi parsial (*partial separation*) dari lapisan geser yang melewati permukaan bidang miring dan terjadinya dua *contrarotating trailing vortices* yang kuat sehingga memperluas olakan. Interaksi antara vortisitas yang berukuran besar dengan struktur yang lebih kecil sehingga menyerupai vortisitas tapal

kuda pada lapisan geser di atas permukaan miring akan membentuk struktur heliks yang besar dan hal ini merupakan fenomena *unsteady* pada *wake*.

Uruba V. & Hladik O. (2009), melakukan penelitian secara eksperimental tentang olakan pada *Ahmed body*. Model Ahmed yang digunakan mempunyai perbandingan 3/20 dari *Ahmed model* original sehingga mempunyai panjang 156.6 mm. Kecepatan aliran dan bilangan Reynolds masing-masing 6.5 m/s dan 54000. *Ahmed body* yang dianalisis mempunyai sudut kemiringan 25° dan 35° pada bagian belakang terhadap bidang horizontal. Model uji ditempatkan pada seksi uji terbuka (*open test section*) dengan ukuran 250 x 250 mm<sup>2</sup>. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode PIV (*particle image velocimetry*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada kasus 25° *down-flow* terlihat sangat kuat di sekitar bidang simetri sehingga pasangan *contra-rotating vortex* lemah, sedangkan pada kasus 35° terlihat *vortex* sangat kuat.

Penelitian secara eksperimental tentang aerodinamika kendaraan tipe *bluff body* dilakukan dengan mengkombinasikan PIV dan *oil visualization* untuk memahami secara mendalam perilaku aliran di sekitar *Ahmed body* dan menginterpretasikan secara fisik evolusi dari koefisien *drag*. *Ahmed model* yang digunakan pada pengujian ini diberikan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang. Adapun sudut kemiringan yang digunakan adalah 10°, 20°, 25°, 30° dan 40°. Hasil koefisien *drag* yang diperoleh jika dibandingkan dengan hasil dari *Ahmed model* menunjukkan bahwa untuk sudut 10° s/d 20°, koefisien *drag* tidak mengalami perubahan yang banyak, hampir konstan. Untuk 20° s/d 30°, ada perbedaan sekitar 50% koefisien *drag* yang diperoleh dari 0.27 ke 0.40 yang terjadi pada sudut 30°. Dan setelah sudut 30°, koefisien *drag* yang diperoleh hampir konstan (Conan B. et al, 2011).

## **Referensi**

- Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin., 1984, SAE paper, Detroit, Michigan, USA, 840300-01
- Conan B., Anthoine J., and Planquart P., 2011, Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body, *Experimental in Fluids*, 50, pp. 1273–1284
- Fares E., 2006, Unsteady flow simulation of the Ahmed reference body using a lattice Boltzmann approach, *Computers and Fluids*, 35, pp. 940-950
- Franck G. & D’Elia J., 2004, CFD modeling of the flow around the Ahmed vehicle model, <http://www.cimec.org.ar>
- Hinterberger C., Villalba M. G. & Rodi W., 2004, Large eddy simulation of flow around the Ahmed body, Institute for Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany
- Krentel D., Muminovic R, Brunn A., Nitsche W., and King R., 2010, Application of Active Flow Control on Generic 3D Car Models, R. King (Ed.): *Active Flow Control II*, NNFM 108, pp. 223–239
- Lienhart H., Stoots C., and Becker S, 2002, Flow and Turbulence Structures in the Wake of a Simplified car Model (Ahmed Model), *Numerical and Experimental Fluid*.
- Minguez M., Pasquetti R. & Serre E., 2008, High-order Large Eddy Simulation of Flow over the Ahmed Body” Car Model”, *Physics of Fluids*, 20
- Uruba V., and Hladík O., 2009, On the Ahmed Body Wake, *Colloquium Fluid Dynamics*, Institute of Thermomechanics AS CR, v.v.i., Prague.

## **BAB 3**

### **MODUS KONTROL ALIRAN**

Pengembangan kendaraan saat ini membutuhkan latar belakang aerodinamika yang kuat untuk meningkatkan kontrol aliran baik dengan alat kontrol pasif maupun aktif. Secara umum, teknik kontrol aliran yang telah dikembangkan dapat dibedakan menjadi 4 berdasarkan konfigurasi dan tujuannya (Jean-Luc Aider, 2009) :

- 1) Melakukan kontrol terhadap lapisan geser (*shear layer*) pada titik separasi. Ini akan lebih mudah jika lokasi dari titik separasi terdefinisi dengan jelas, seperti pada kasus aliran *backward-facing step* atau *Ahmed Body*.
- 2) Melakukan kontrol terhadap lapisan batas pada *upstream* dari titik separasi, sehingga dapat dimodifikasi lokasi dari titik separasi dan sifat dari lapisan geser.
- 3) Melakukan kontrol aliran dengan aktuasi sepanjang dinding *downstream* dimana separasi terjadi, seperti dengan tiupan, hisapan, atau sintetik jet. Teknik ini bisa menjadi strategi kontrol yang efisien, tetapi harus disesuaikan dengan aliran *upstream*.
- 4) Melakukan kontrol aliran dengan aktuasi pada *region downstream* dimana separasi terjadi. Sebagai contoh, hal ini telah dibuktikan baik secara teoritis dan eksperimental bahwa aliran pada *near wake* silinder dengan diameter  $d$  dapat dimodifikasi dengan menggunakan silinder dengan diameter yang lebih kecil.

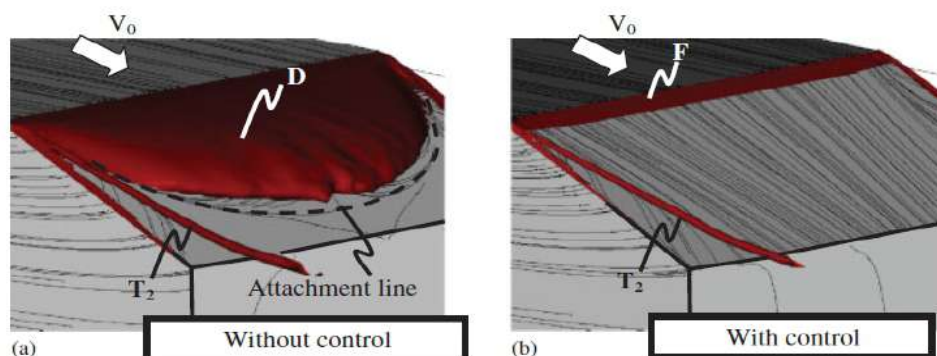
Strategi kontrol aliran untuk mengurangi hambatan aerodinamika sebuah benda pada dasarnya berlandaskan pada upaya memodifikasi timbulnya separasi aliran di lapisan batas dari permukaan padat sebuah benda yang berakibat pada terbentuknya aliran balik di sekitar benda tersebut. Aliran yang sedang bergerak maju secara teratur terpecah saat terjadinya separasi dan mengakibatkan perubahan drastis pada distribusi tekanan dan menimbulkan gaya hambat (*drag*). Oleh karena itu, pada banyak aplikasi aerodinamika sangat diperlukan pengendalian terhadap aliran pada lapisan batas untuk mencegah atau menunda terjadinya separasi sejauh mungkin.

Secara umum terdapat lima era yang cukup berbeda pada perkembangan sains dan teknologi di bidang kontrol aliran separasi : era empiris (sebelum abad 20), era saintifik (1900-1940), era perang dunia II – perang dingin (1940-1970), era krisis energi (1970-1990) dan era sesudah 1990 (Gad-El-Hak, 1996). Setelah era saintifik dimulai

## Kontrol aktif aliran pada model kendaraan

dengan dikemukakannya teori lapisan batas oleh Prandtl (1908), secara pelan tetapi pasti penggunaan peralatan kontrol aliran (*flow control devices*) tidak lagi berdasarkan upaya *trial and error* semata, namun sangat didasari oleh pertimbangan-pertimbangan fisika (*physical reasoning*) untuk mendukung disain yang rasional baik pada pesawat terbang maupun kendaraan. Pada era perang, kebutuhan militer mendikte pengembangan pesawat, kapal, kapal selam, misil yang mampu bergerak cepat dan bermanuver tinggi sehingga kontrol separasi aliran menjadi kunci dalam mencapai tujuan tersebut. Krisis energi yang dimulai sejak awal tahun 1970-an mengubah fokus pengembangan teknologi kontrol aliran pada sektor sipil. Dengan didukung pesatnya perkembangan teknologi komputasi, pengembangan aerodinamika pada pesawat, kapal dan kendaraan darat untuk transportasi sipil ditujukan pada pengurangan hambatan (*drag reduction*) sebagai upaya penghematan energi. Pada era ini, teknik kontrol pasif separasi aliran berkembang sangat intensif dan kemudian diikuti oleh teknik kontrol aktif mulai akhir tahun 1990-an yang memberi alternatif menjanjikan dalam mengembangkan kendaraan dengan disain aerodinamis yang cerdas (*smart aerodynamics designs*).

Pada umumnya teknik kontrol aliran fluida pada benda tumpul (*bluff body*) diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu metode pengontrolan pasif dan aktif. Metode pengontrolan pasif dilakukan dengan memodifikasi bentuk *bluff body* dengan menambahkan komponen tambahan pada permukaan, aplikasinya biasanya di sekitar atap permukaan kendaraan.



Gambar 3.1 Pola aliran tanpa kontrol dan dengan kontrol aliran

(Roumeas M., et al, 2008)

Strategi kontrol pasif mempunyai dua alternatif penerapan, pada dinding (*at the wall*) atau terpisah dari dinding (*apart from the wall*) parameter-parameter permukaan dinding yang meliputi bentuk, kelengkungan (*curvature*), kekasaran, temperatur dan porositas dimanipulasi untuk mendapatkan bentuk profil kecepatan tertentu di dekat dinding dapat meningkatkan ketahanan lapisan batas terhadap transisi dan separasi (Bearman 1965; Bearman & Harvey, 1993). Pada pendekatan kedua, sebuah alat pengontrol diletakkan terpisah dari dinding (*large-eddy break up devices/outer-layer devices*). Pada kendaraan penumpang, teknik ini antara lain diterapkan dengan perangkat terpisah yang ditempatkan di depan atau di belakang kendaraan yang berfungsi mengurangi perkembangan zona resirkulasi di kaca belakang atau di bagian belakang dan mengurangi interaksi antar struktur-struktur olakan yang berpusar (*swirling wake structure*). Hasil pengurangan hambatan aerodinamika yang cukup menarik diperoleh dengan menempatkan alat kontrol di bagian belakang dengan orientasi arah sejajar atau melintang aliran utama (Gillieron, 2003). Pendekatan lain adalah dengan menempatkan alat kontrol di sepanjang dinding untuk menghasilkan *vortical structure* yang akan menggeser garis separasi akan mengurangi hambatan aerodinamika sampai 40%. Struktur berpusar akan meningkatkan turbulensi lokal dalam aliran dan perpindahan energi di lapisan batas, oleh karena itu kecepatan akan meningkat di dekat dinding (Bak, et.al, 2000). Aider J.L. (2009), melakukan penelitian secara eksperimental terhadap *bluff-body* 3D menggunakan kontrol pasif berupa *vortex generator*. Model yang digunakan adalah *Ahmed model* dengan sudut kemiringan  $25^\circ$ . Semua pengukuran dilakukan pada PSA Peugeot-Citroen *in-house open wind tunnel* dengan panjang 6 m, tinggi 2.1 m dan lebar 5.2 m. Pengukuran struktur aliran dilakukan dengan menggunakan PIV (*particle image velocimetry*). Pengurangan *drag* yang diperoleh sebesar 12% dengan kecepatan *upstream*  $U_0 = 40$  m/s.

Penelitian secara eksperimental tentang pengurangan *drag* aerodinamika dengan menggunakan pelat *splitter vertical* telah dilakukan (Gillieron P. & Kourta A.,2010). Model uji yang digunakan adalah *Ahmed body* yang mempunyai skala perbandingan 0.75 dari *Ahmed body* original dengan dua sudut kemiringan  $0^\circ$  dan  $25^\circ$ . Pelat *splitter* vertikal ditempatkan pada bagian depan atau belakang dari model uji untuk mengurangi *drag*, dengan dan tanpa sudut kemiringan yang diinvestigasi pada bilangan Reynold  $1.0 \times 10^6$  dan  $1.6 \times 10^6$ . Eksperimen dilakukan dengan menggunakan terowongan angin

yang terdapat pada Laboratorium Aerodinamik Paris ENSAM (*Ecole Nationale Supérieure d'Arts & Métiers*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pelat *splitter vertical* yang diletakkan pada bagian hilir (*downstream*) dari dasar model uji, pengurangan *drag* mendekati 12%. Dan jika pelat *splitter vertical* ditempatkan pada bagian hulu (*upstream*) sejajar dengan model uji dari depan, pengurangan *drag* yang diperoleh hampir 7%.

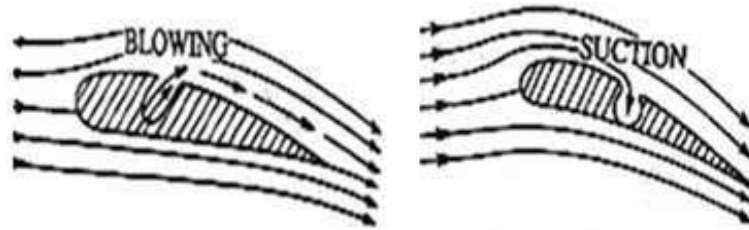
Sementara itu, Fourrie G (2011) juga melakukan suatu penelitian tentang pengurangan *drag* pada *bluff body* dengan menggunakan sebuah *deflector*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental, dimana kontrol pasif aliran berupa *deflector* ditempatkan pada tepi atas jendela belakang dari model. Studi ini dilakukan pada sebuah terowongan angin dengan bilangan Reynolds sebesar  $3.1 \times 10^5$  and  $7.7 \times 10^5$  berdasarkan panjang dari model. Model yang digunakan adalah *Ahmed model* dengan sudut kemiringan pada bagian belakang  $25^\circ$ . Hasil yang diperoleh adalah pengurangan *drag* sebesar 9%. Namun tanpa adanya pemberian energi tambahan, didapati banyak keterbatasan dalam mengendalikan separasi aliran tersebut untuk mencapai tingkat pengurangan *drag* yang lebih besar. Alih-alih sebagai suatu strategi kontrol, beberapa peneliti cenderung mengatakan strategi kontrol pasif hanya sebagai suatu strategi manajemen aliran (Friedler & Fernholz, 1990).

Strategi kontrol aktif melibatkan penambahan energi untuk mengontrol separasi aliran. Ketika aliran fluida melewati permukaan yang memiliki kelengkungan konveks, akan terjadi perubahan distribusi tekanan yang mendorong terjadinya separasi aliran di bagian hilir setelah melalui permukaan ini akibat gradien tekanan balik (*adverse pressure gradient*). Secara konseptual, lapisan batas yang mengalami retardasi ini mungkin diberikan energi tambahan atau dihilangkan dan digantikan dengan fluida berenergi tinggi sehingga memungkinkan aliran terus bergerak melawan gradien tekanan balik tanpa mengalami separasi. Konsep pemberian energi dapat dilakukan dengan dua mekanisme yaitu tiupan (*blowing*) dan hisapan (*suction*), Konsep dasar tersebut diilustrasikan pada Gambar 3.1.

Mekanisme kontrol dengan tiupan (*blowing*) secara praktis dapat direalisasikan dengan mudah melalui penggunaan perangkat hembus (*blowing devices*) seperti *blower* atau kompresor, sementara mekanisme hisapan (*suction*) dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat hisap (*vacuum devices*) seperti pompa vakum. Secara teoritis

*Kontrol aktif aliran pada model kendaraan*

modus tiupan atau hisapan dapat dilakukan secara kontinu maupun pulsatif/periodik yang akan memodifikasi lapisan batas dengan karakteristiknya masing-masing.



Gambar 3.1 Konsep dasar kontrol aktif aliran

## **Referensi**

- Aider J.L., Beaudoin J.F., and Wesfreid J.E., 2009, Drag and Lift Reduction of a 3D Bluff-Body using Active Vortex Generators, *Experimental in Fluids*, Springer.
- Bak, C., Fuglsang, P., Johansen, J., and Antoniou, I., 2000, Risoe National Laboratory, Technical Report No. Risoe-R-1193.
- Bearman, P. W., 1965, Investigation of the Flow Behind a Two-Dimensional Model With a Blunt Trailing Edge with Splitter Plates, *J. Fluid Mech.*, 21, pp.241-255.
- Bearman, P. W., and Harvey, J. K., 1993, Control of Circular Cylinder Flow by the Use of Dimples, *AIAA J.*, 31, pp. 1753-1756.
- Fieldler, H. E., and Fernholz, H. H., 1990, On Management and Control of Turbulent Shear Flows, *Prog. Aerospace Sci.* 27, pp. 305-387
- Fourrie G, Keirsbulck L., Labraga L. & Gillie'ron P., 2011, Bluff-body drag reduction using a deflector, *Experimental in Fluids*, 50, pp. 385–395
- Gad-El-Hak, M., 1996, Modern Development in Flow Control, *Appl. Mech. Rev.*, 9, pp. 365-379
- Gillieron, P., 2003, Detailed Analysis of the Overtaking Process, *J. Mech. Eng.*, 53, pp. 1-17
- Gillieron P. and Kourta A., 2010, Aerodynamic drag reduction by vertical splitter plates, *Experimental in Fluids*, 48, pp. 1–16
- Jean-Luc Aider, Jean-Francois Beaudoin, and Jose Eduardo Wesfreid., 2009, Drag and lift reduction of a 3D bluff-body using active vortex generator, *Journal of Experimental Fluids*, 9. pp. 365-379
- Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., 2008, Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry, *Journal of Fluids Engineering*, 130

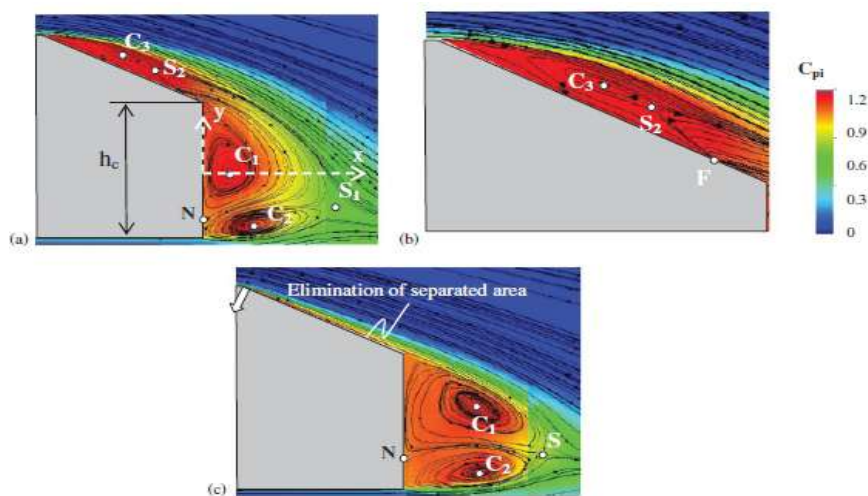
## BAB IV

### ARAH PERKEMBANGAN RISET KONTROL AKTIF ALIRAN

Hasil-hasil awal kajian dasar sistem kontrol aktif separasi aliran turbulen dengan teknik-teknik tiupan/hisapan yang semula difokuskan untuk keperluan aplikasi dirgantara mengindikasikan bahwa pemanfaatannya di dunia otomotif dapat meningkatkan secara dramatis kinerja aerodinamika dan aeroakustika dari kendaraan yang bergerak dengan dampak yang dapat diabaikan terhadap geometri dan disain kendaraan. Banyak kajian yang menunjukkan kontrol aktif separasi aliran turbulen memberikan alternatif yang prospeknya sangat baik untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada kendaraan otomotif. Kontrol secara aktif memerlukan sumber energi luar untuk mengontrol aliran di sekitar kendaraan tanpa perlu mengganggu bentuknya. Misalnya perangkat tiupan yang dipasang pada sebuah profil ONERA D mampu menggeser atau bahkan menghilangkan separasi aliran (Ivanic & Gilliron, 2004). Dalam penelitian lainnya, kombinasi tiupan dan hisapan yang diterapkan pada bagian belakang suatu model penumpang dengan memodifikasi aliran sirkulasi di belakang *body* mobil (*coanda effect*) dapat meningkatkan tekanan dasar sampai 50% dan mengurangi drag sampai 10% (Gerrop & Odhental, 2000).

Brunn A. et al (2007) melakukan penelitian secara numerik dan eksperimental tentang kontrol aktif *drag* pada model kendaraan generik (*generic car model*) dengan tujuan untuk mengurangi *drag* aerodinamika total dari model tersebut. Pada penelitian ini, model kendaraan generik menggunakan disain dasar *Ahmed model* yang mempunyai ukuran  $\frac{1}{4}$  dari geometri *Ahmed body* original. Dua *Ahmed model* yang berbentuk 3D yang diinvestigasi, mempunyai sudut kemiringan pada bagian belakang  $25^\circ$  dan  $35^\circ$ . Bilangan Reynolds berdasarkan kecepatan *upstream* dan panjang model diset pada  $0.5 \times 10^6$  untuk eksperimen dan simulasi numerik. Untuk kajian eksperimental dilakukan pada terowongan angin (*wind tunnel*) untuk menginvestigasi medan aliran dan olakan pada *Ahmed body* menggunakan metode PIV dan visualiasi aliran. *Force balance* pada terowongan angin kecepatan rendah (*low speed wind tunnel*) dimana sensor *strain gage* diletakkan di bawah *test section* untuk mengukur pengaruh kontrol aktif terhadap *drag* total dari *Ahmed body*. Kajian numerik pada penelitian ini menggunakan model turbulensi LES. Untuk sudut kemiringan  $35^\circ$ , aktuator yang

menghasilkan gangguan periodik digunakan untuk merangsang lapisan geser berpisah dari bagian belakang yang miring dari model kendaraan dimana *spanwise vortex structures* dominan pada daerah olakan. Pendekatan kontrol ini mencapai pengurangan daerah aliran balik untuk rentang *forced frequency*  $0.1 \leq StH \leq 0.9$ . Untuk sudut kemiringan  $25^\circ$ , *constant blowing* yang diletakkan di dekat permukaan yang miring diinvestigasi untuk mengontrol vortisitas longitudinal yang berasal dari permukaan miring tersebut. Pendekatan secara eksperimental dan numerik dengan menggunakan *constant blowing* menunjukkan bahwa vortisitas tersebut menjadi lemah. Namun, secara keseluruhan perubahan *drag* total yang diperoleh sangat kecil sekitar 2.5% karena melemahnya vortisitas dan hilang dengan bertambahnya daerah aliran separasi pada bagian yang miring dari *Ahmed model*, dimana hal tersebut merupakan efek positif dari *drag*. Sementara itu, simulasi numerik 3D berdasarkan metoda Lattice Boltzman pada sebuah model kendaraan (*Ahmed body*), hasilnya dapat digunakan untuk mengembangkan dan menentukan parameter-parameter kontrol aktif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja aerodinamika kendaraan (Roumeas et al, 2008).



Gambar 4.1 Medan koefisien total tekanan jatuh pada bidang tengah longitudinal :

- a. tanpa kontrol aliran; b. sisi miring tanpa kontrol aliran;
- c. dengan kontrol aliran (Roumeas et al, 2009).

Roumeas et al (2009), juga melakukan penelitian secara numerik tentang pengurangan *drag* dengan mengontrol separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode *Lattice Boltzmann* 3D dengan model

### *Kontrol aktif aliran pada model kendaraan*

turbulensi *k-epsilon RNG*. Model uji yang digunakan adalah *Ahmed model* dengan sudut kemiringan  $25^\circ$  terhadap bidang horizontal. Bilangan Reynolds yang digunakan berdasarkan panjang model adalah  $2.8 \times 10^6$ . Kecepatan *suction* diset pada 24 m/s ( $0.6 V_o$ ), dimana kecepatan *upstream*  $V_o$  adalah 40 m/s. Kontrol aliran yang digunakan adalah *continuous suction* yang ditempatkan pada sisi miring bagian belakang dari mobil *fatsback*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengaruh dari *suction* (hisapan) memberikan efek *reattachment* pada aliran yang terseparasi pada dinding bidang miring *Ahmed body*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dengan adanya *reattachment* mengakibatkan efek positif dalam pengurangan *drag*. Hal tersebut terjadi karena berkurangnya total tekanan jatuh pada daerah olakan, berkurangnya region olakan pada *downstream*, dan meningkatnya tekanan statik pada dinding belakang model *Ahmed body*. Penelitian yang dilakukan oleh Roumeas et al (2009) memperoleh pengurangan *drag* hingga 17% pada kecepatan *suction*  $0.6V_o$  dan peningkatan kecepatan *suction* lebih dari nilai  $0.6V_o$  tidak membawa dampak yang signifikan pada pengurangan *drag*. Pada tahun yang sama, Roumeas et al (2009) juga melakukan penelitian secara numerik tentang analisis dan kontrol olakan aliran yang melalui *square-back geometry*. Simulasi numerik 3D dilakukan berdasarkan metode *Lattice Boltzmann*. Kontrol aktif aliran berupa *continous blowing* yang ditempatkan pada bagian belakang dari *generic squareback bluff body*. Kecepatan *blowing* diset pada  $0.5U_o$ , dimana kecepatan *upstream*  $U_o$  adalah 40 m/s. Bilangan Reynolds yang digunakan yaitu  $2.8 \times 10^6$  berdasarkan panjang model. Efek *blowing* yang ditempatkan pada bagian belakang model adalah mampu mengurangi *total pressure loss* dan meningkatkan tekanan statik pada bagian belakang model. Pengurangan *drag* yang diperoleh sebesar 20%.

Penelitian secara komputasi 2D dan 3D tentang prosedur aktif untuk mengontrol aliran yang melewati *Ahmed body* telah dilakukan Bruneau C.H. et al (2009). *Ahmed body* yang digunakan pada penelitian ini mempunyai sudut kemiringan  $25^\circ$  pada bagian belakang. Bilangan Reynolds yang digunakan adalah 30,000 berdasarkan panjang model  $L= 3.625H$ , dimana  $H$  adalah tinggi *body*. Kontrol aktif aliran yang digunakan adalah tiga kombinasi penempatan *suction* dan *blowing* pada bagian belakang dari *Ahmed model*. Pengurangan *drag* terbaik dari 3 kombinasi penempatan *suction* dan *blowing* adalah sebesar 13%.

Bruneau C.H. (2010), melakukan suatu penelitian dengan mengkombinasikan teknik kontrol aktif dan pasif untuk mereduksi koefisien *drag* pada bagian belakang dari *square back Ahmed body*, dimana pengurangan *drag* yang diperoleh 30%. Krentel D. et al (2010), juga melakukan penelitian tentang aplikasi kontrol aktif aliran pada model 3D mobil generik. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan Ahmed model dengan sudut kemiringan  $25^\circ$  dan  $90^\circ$ . Kontrol aktif yang digunakan adalah *blowing* (tiupan) yang ditempatkan pada tepi atas bagian belakang dari *Ahmed model*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan PIV. Pengurangan *drag* yang diperoleh sebesar 5.7% untuk model uji dengan sudut  $25^\circ$  dan 2.2% untuk model uji dengan sudut  $90^\circ$ . Penelitian secara numerik dengan pendekatan kontrol aktif aliran untuk mereduksi *drag* aerodinamika pada kendaraan *generic square-back* juga telah dilakukan Wassen E. et al (2010). *Ahmed model* dengan sudut kemiringan  $90^\circ$  digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan LES. Untuk memodifikasi olakan dan mengurangi *drag* tekanan, digunakan kontrol aktif aliran *steady blowing* dengan kecepatan  $1.5U_0$  melalui celah kecil yang ditempatkan pada sepanjang tepi bagian belakang dari model uji. Bilangan Reynolds yang digunakan pada penelitian ini adalah 500000. Dengan bervariasi sudut *blowing*, pengurangan *drag* aerodinamika maksimum yang diperoleh sebesar 11.1% pada sudut *blowing*  $45^\circ$ .

Krajnović S. & Fernandes J (2011), melakukan suatu penelitian tentang simulasi numerik terhadap aliran di sekitar model kendaraan yang disederhanakan dengan menggunakan kontrol aktif aliran. LES (*large eddy simulation*) digunakan untuk mempelajari pengaruh dan mekanisme aliran yang dihasilkan dengan menggunakan kontrol aktif aliran yang diaplikasikan pada geometri kendaraan (*Ahmed body*) dua dimensi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya peningkatan tekanan dasar dan pengurangan *drag* sekitar 11% yang diperoleh dengan adanya kontrol aktif aliran yang ditempatkan pada tepi bagian belakang model kendaraan. Penelitian tentang analisis komputasi kontrol aktif aliran untuk mereduksi *drag* aerodinamika terhadap van model telah dilakukan Harinaldi, et. al (2011). Pada penelitian ini, model uji yang digunakan adalah modifikasi Ahmed model (*modified/reversed Ahmed model*) dengan ukuran  $\frac{1}{4}$  dari *Ahmed model* original. Bagian depan dari model mempunyai kemiringan  $35^\circ$  terhadap bidang horizontal. Bilangan Reynolds yang digunakan adalah  $2.98 \times 10^5$  berdasarkan panjang model  $L = 0.261$  m dan kecepatan *upstream*  $U_0 = 16.7$  m/s.

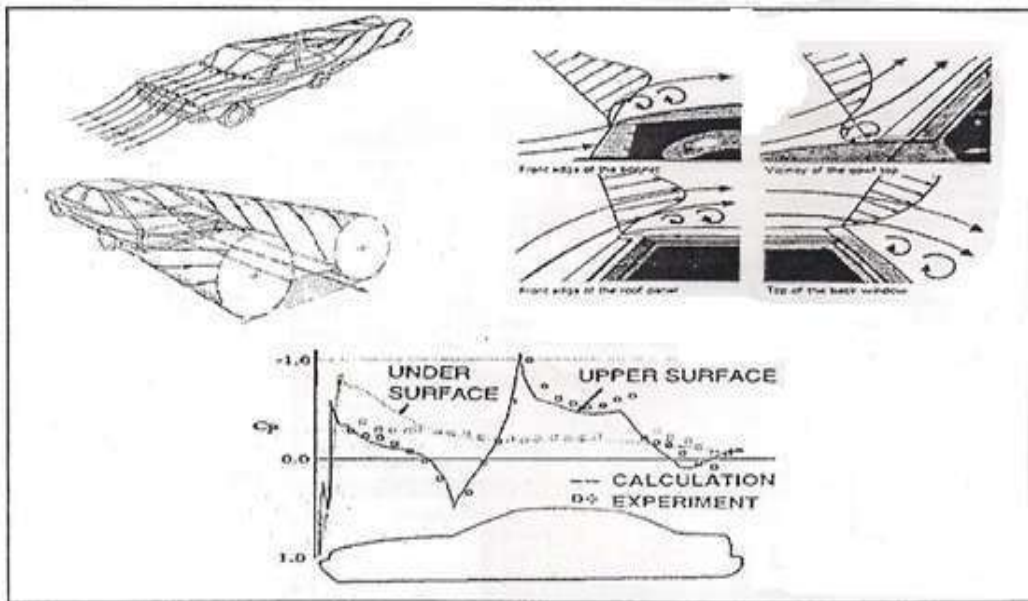
*Blowing* dan *suction* merupakan kontrol aktif yang diaplikasikan pada penelitian ini yang ditempatkan pada bagian belakang dari model. Kecepatan *blowing* dan *suction* masing-masing diset pada 1 m/s, 5 m/s, 10 m/s dan 15 m/s. Penyelesaian secara numerik menggunakan *Fluent* dengan model turbulensi *k-epsilon standar*. Pengurangan *drag* yang diperoleh masing-masing 15.83% untuk *suction* dan 14.38% untuk *blowing*.

Pada tahun 2012, Harinaldi, et.al, telah melakukan penelitian dengan menggunakan *modified/reversed Ahmed model* dengan ukuran  $\frac{1}{4}$  dari *Ahmed model* original. Bagian depan dari model mempunyai kemiringan  $35^\circ$  terhadap bidang horizontal dengan kecepatan *upstream* yang digunakan adalah  $U_0 = 11.1$  m/s dan *suction* dengan kecepatan 1 m/s. Hasil pengurangan *drag* yang diperoleh sebesar 14.8%. Pada tahun 2013, Harinaldi, et. al telah melakukan penelitian tentang efek kontrol aktif aliran *blowing* terhadap *drag* aerodinamika pada *bluff body van model*. Pada penelitian ini, *modified/reversed Ahmed model* yang digunakan dimana bagian depan dari model mempunyai kemiringan  $35^\circ$  terhadap bidang horizontal. Kecepatan *upstream* dan kecepatan *blowing* masing-masing adalah 13.9 m/s dan 0.5 m/s. Hasil pengurangan *drag* terbaik yang diperoleh adalah 13.92%. Sementara pada tahun 2015, Tarakka R., et.al, telah melakukan penelitian tentang pengaruh model turbulensi pada analisis komputasi kontrol aktif aliran terhadap *drag* aerodinamika *bluff body van model*. Pada penelitian ini, *modified/reversed Ahmed model* yang digunakan dimana bagian depan dari model mempunyai kemiringan  $25^\circ$  terhadap bidang horizontal. Kecepatan *upstream* dan kecepatan *blowing* masing-masing adalah 16.7 m/s dan 1.0 m/s. Hasil pengurangan *drag* maksimal yang diperoleh adalah 11.98%. Pada penelitian tahun ke-1 (pertama), hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi geometri muka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran, medan tekanan serta hambatan aerodinamika pada bagian belakang model kendaraan dengan  $\theta=25^\circ$ ,  $\theta=30^\circ$  dan  $\theta=35^\circ$  pada bagian depan. Penambahan *suction* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien tekanan. Peningkatan koefisien tekanan terbesar terjadi pada model kendaraan dengan  $\theta=35^\circ$  sebesar 26.50%, dimana koefisien tekanan ( $C_p$ ) tanpa kontrol aliran adalah -1.3556 dan dengan kontrol aliran *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s adalah -0.9964. Aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hambatan aerodinamika. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi

## Kontrol aktif aliran pada model kendaraan

pada model kendaraan dengan  $\theta=35^0$  yaitu 14.74% dengan pendekatan komputasional dan 13.57% dengan pendekatan eksperimental. Sementara, perbedaan hasil pengurangan hambatan aerodinamika yang diperoleh dari kedua pendekatan tersebut adalah sekitar 1.17%.

Meskipun demikian, implementasi kontrol aktif separasi aliran pada kendaraan otomotif masih memerlukan pemahaman yang lebih baik untuk sampai ke tahapan aplikasi praktis. Hal ini disebabkan oleh karakteristik aliran yang berkembang di sekitar kendaraan sangat turbulen dan tiga dimensi. Separasi aliran yang terjadi di gril radiator, di bagian bawah dan atas pilar A, di bagian bawah *body*, di sekitar roda yang berputar, pada dinding samping, pada tepi atas dan samping kaca belakang, seluruhnya berinteraksi dan berkontribusi pada kompleksitas aliran di sekitar olakan. Lebih lanjut lagi, aliran-aliran internal sekunder, yang terjadi di dalam ruang mesin dan bagian bawah *body*, juga mempengaruhi gaya-gaya aerodinamika yang bekerja pada kendaraan. Gambar 4.2 mengilustrasikan kondisi medan aliran yang diuraikan di atas.



Gambar 4.2 Karakteristik aliran yang berkembang di sekitar kendaraan

## **Referensi**

- Brunn A., Wassen E., Sperber D., Nitsche W., and Thiele F., 2007, Active Drag Control for a Generic Car Model, *Active Flow Control*, NNFM 95, pp. 247–259.
- Bruneau C.H., Creuse E., Depeyras D., Gillieron P., and Mortazavi I., 2009, *International Journal Aerodynamics*, Inderscience Enterprises Ltd.
- Geropp, D. and Odenthal, H. J., 2000, Drag Reduction of Motor Vehicle by Active Flow Control Using the Coanda Effect, *Experimental in Fluids*, 28, pp. 74-85.
- Harinaldi, Budiarmo, Tarakka R., and Simanungkalit S.P.. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*.11(03) (2011) 24-30.
- Harinaldi, Budiarmo, Warjito, Engkos A Kosasih, Tarakka R., Simanungkalit S.P, 2012, Active Technique by Suction to Control the Flow Structure over a Van Model, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, February, Volume 7, Number 2, pp. 215-222.
- Harinaldi, Budiarmo, Tarakka R., and Simanungkalit S.P., 2013, Effect of Active Control by Blowing to Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model, *International Journal of Fluid Mechanics Research*, Volume 40, Number 4, pp. 312-323
- Ivanic T & Gillieron P., 2004, Reduction of the aerodynamic drag due to cooling system: an analytical and experimental approach, *SAE Paper 2005-01-1017*
- Krajnović S. and Fernandes J., 2011, Numerical simulation of the flow around a simplified vehicle model with active flow control, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, Vol. 32, Issue 1, pp. 192-200
- Krentel D., Muminovic R, Brunn A., Nitsche W., and King R., 2010, Application of Active Flow Control on Generic 3D Car Models, R. King (Ed.): *Active Flow Control II*, NNFM 108, pp. 223–239
- Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., 2008, Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry, *Journal of Fluids Engineering*, 130.
- Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., 2009, Analysis and control of the near-wake flow over a square-back geometry, *Computers & Fluids*, 38, pp. 60–70
- Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., 2009, Drag Reduction by Flow Separation Control on a Car after Body, *International Journal for Numerical Method in Fluids*, 60, pp. 1222-1240

Tarakka R., Jalaluddin, Mire B., and Umar M.N., Effect of Turbulence Model in Computational Analysis of Active Flow Control on Aerodynamic Drag of Bluff Body Van Model, *International Journal of Applied Engineering Research*, 10, pp. 207-219

Wassen E., Eichinger S., and Thiele F., 2010, Simulation of Active Drag Reduction for a Square-Back Vehicle, R. King (Ed.): *Active Flow Control II*, NNFM 108, pp. 241–255.