



**DESAIN DAN ANALISIS AERODINAMIKA *BODY*
MOBIL SEDAN, *HATCHBACK*, *SPORT UTILITY*
VEHICLE (SUV) BERBASIS SOFTWARE
*AUTODESK FLOW DESIGN 14.0***

SKRIPSI

**diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin**

Oleh

Alik Mahmudi

NIM.5212415012

TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Alik Mahmudi

NIM : 5212415012

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : *Desain dan Analisis Aerodinamika Body Mobil Sedan, Hatchback, Sport Utility Vehicle (SUV) Berbasis Software Autodesk Flow Design 14.0*

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 21 November 2019

Pembimbing



Dr. Wirawan Sumbodo M.T

NIP. 196601051990021002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Desain dan Analisis Aerodinamika *Body* Mobil Sedan, Hatchback, Sport Utility Vehicle (SUV) Berbasis *Software Autodesk Flow Design 14.0*” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 10 bulan Desember tahun 2019.

Oleh

Nama : Alik Mahmudi

NIM : 5212415012

Program Studi : Teknik Mesin S1

Panitia:

Ketua

Sekretaris



Rusiyanto, S.Pd., M.T.

NIP. 197403211999031002



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T.

NIP. 197509272006041002

Penguji 1

Penguji 2

Pembimbing



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D

NIP.197601012003121002



Angga Septiyanto, S.Pd., M.T

NIP.198709112019031012



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T

NIP.196601051990021002

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 14 November 2019

Yang membuat pernyataan,

A 6000 Rupiah revenue stamp with a signature over it. The stamp includes the text 'METERAI TEMPEL', 'EG0ACAHF183215296', '6000', and 'ENAM RIBURUPIAH'. The signature is written in black ink over the stamp.

Alik Mahmudi

NIM.5212415012

MOTTO

1. Sumber pengetahuan utama adalah pengalaman (A. Einstein).
2. Pendidikan adalah tiket ke masa depan. Hari esok dimiliki oleh orang-orang yang mempersiapkan dirinya sejak hari ini (Malcolm X).
3. Yang hebat di dunia ini bukanlah tempat di mana kita berada melainkan arah yang kita tuju (Oliver Wendell Holmes).
4. Yang Anda pikirkan menentukan yang Anda lakukan. Dan yang Anda lakukan menentukan yang Anda hasilkan. Maka ukuran dan kualitas dari pikiran Anda, menentukan ukuran dan kualitas hasil dari pekerjaan Anda (Mario Teguh).
5. Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan(Q.S Al-Insyirah: 5-6).
6. Jangan pernah percaya sepenuhnya kepada seseorang (Alik Mahmudi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya

Bapak Jasmani dan Ibu Supaini

Dan untuk keluarga (Puji Lestari dan Adi Riyanto) dan keluarga besar Ngasi dan Warso Warji, saudara (Suras, Suwar, Sudami, Suwarni, Sulami, Sulikah, Febri Fitriyanti, Anita Ulin Nikmah) serta teman-teman Teknik Mesin 15 tercinta

Dan untuk Ibu Kost (Ibu Fitriyantri) serta Bapak Kost (Bapak Suwarno)

Terima kasih atas segala dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan

SARI

Alik Mahmudi, 2019. “Desain dan Analisis Aerodinamika *Body* Mobil Sedan, Hatchback, Sport Utility Vehicle (SUV) Berbasis *Software Autodesk Flow Design 14.0*”. Dr. Wirawan Sumbodo M.T. Skripsi: Prodi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang

Bentuk *body* kendaraan hingga dewasa ini mengarah pada penurunan koefisien hambat aerodinamika. Hal ini dilakukan untuk menunjang kinerja pada kendaraan. Penambahan aksesoris pada kendaraan juga perlu untuk diperhitungkan dalam proses perancangan *body* kendaraan. Dalam penelitian ini desain *body* dirancang sedemikian rupa tanpa menggunakan banyak aksesoris/ alat bantu pada *body* kendaraan untuk meminimalkan koefisien hambatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk *body* yang lebih aerodinamis dan mengetahui vektor *velocity*, *drag coefficient*, *pressure*, dan *Reynolds Number* (*Re*).

Penelitian dilakukan melalui dua tahapan yaitu proses pembuatan desain *body* kendaraan dan proses analisis *body* kendaraan. Proses pembuatan desain yaitu menentukan konsep desain, pembuatan sketsa manual, dan pembuatan desain *body* menggunakan *software Autodesk Fusion 360*. Sedangkan dalam proses analisis *body* kendaraan yaitu *pre-processing* (*geometri, boundary condition, setup, dan meshing*), *solving*, dan *post-processing* (*vektor velocity, pressure, dan drag coefficient*). Proses analisis dilakukan menggunakan *software Autodesk Flow Design 14.0*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa seiring dengan bertambahnya laju kendaraan, maka nilai *pressure* dan bilangan Reynolds (*Re*) akan semakin meningkat. Dan semakin meningkatnya nilai bilangan Reynolds maka nilai *drag coefficient* (*Cd*) akan semakin kecil. Adapun saran dari peneliti yaitu sebaiknya apabila dalam melakukan analisis aerodinamika haruslah didukung dengan *hardware* yang mumpuni atau spesifikasi yang tinggi agar mempercepat dalam proses analisis

Kata kunci: *body*, vektor *velocity*, *drag coefficient*, *pressure*, dan *Reynolds Number* (*Re*)

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul Desain dan Analisis Aerodinamika *Body* Mobil Sedan, *Hatchback*, *Sport Utility Vehicle* (SUV) Berbasis *Software Autodesk Flow Design* 14.0. Skripsi/TA ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T.,IPM Dekan Fakultas Teknik, Bapak Rusiyanto, S. Pd, M.T Ketua Jurusan Teknik Mesin, Bapak Samsudin Anis, S.T, M.T, Ph.D, Koordinator Program Studi Teknik Mesin, atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Bapak Dr. Wirawan Sumbodo M.T, pembimbing yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Bapak Samsudin Anis, S.T, M.T, Ph.D dan Bapak Angga Septiyanto, S.Pd., M.T, Penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi/TA ini dapat bermanfaat.

Semarang, 14 November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
SARI	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan	5
1.6 Manfaat	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Kajian Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	12

2.2.1 Konstruksi Bodi Kendaraan.....	12
2.2.2 Perancangan Bodi Kendaraan.....	16
2.2.3 Konsep Identitas Desain	22
2.2.4 Aerodinamika	23
2.2.5 <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	30
BAB III METODE PERANCANGAN	35
3.1 Model Perancangan	35
3.2 Prosedur Perancangan	42
3.2.1 Desain Bodi Kendaraan	43
3.2.2 Analisis Bodi Kendaraan	45
3.2.3 Diagram Alir Penelitian.....	46
3.3 Validasi Hasil Analisis	47
3.3.1 Pra-Proses Analisis	47
3.3.2 Proses Analisis.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil Perancangan	51
4.1.1 Hasil Perancangan <i>Body</i> Kendaraan.....	51
4.1.2 Hasil Analisis Aerodinamika <i>Body</i> Kendaraan	56
4.1 Validasi Hasil Analisis	83
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Simpulan.....	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

F_D = Gaya hambat (N)

C_D = *Drag coefficient*

V = Kecepatan udara (m/s)

A = Luas *frontal area* (m²)

P = Tekanan/*pressure* (N/m²)

M_R : Momen *rolling* (N)

M_Y : Momen *yawing* (N)

M_P : Momen *pitching* (N)

C_r : Koefisien momen *rolling*

C_y : Koefisien momen *yawing*

C_p : Koefisien momen *pitching*

Re = Bilangan Reynolds (*reynolds number*)

ρ = Densitas fluida (kg/m³)

L = Panjang karakteristik yang diukur pada medan aliran (m)

μ = Viskositas fluida (kg/ms)

kg/m³ = Kilogram per meter kubik

m/s = Meter per *second*

N/m² = Newton per meter persegi

Kg/ms = Kilogram per meter *second*

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jenis bodi berdasarkan <i>type</i> mobil	37
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Fiberglass</i>	40
Tabel 4.1 Dimensi kondisi batas kendaraan.....	56
Tabel 4.2 Perbandingan nilai <i>velocity max</i> , <i>pressure max</i> , dan <i>drag coefficient</i> (Cd)	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain kendaraan sedan dengan <i>spoiler</i>	8
Gambar 2.2 Visualisasi kecepatan (<i>velocity</i>) mobil <i>city car</i>	10
Gambar 2.3 Kontur tekanan pada mobil Esemka standar dan modifikasi	11
Gambar 2.4 Kontur tekanan pada Avanza A dan Avanza B.....	12
Gambar 2.5 Rangka mobil	13
Gambar 2.6 <i>Bumper</i> depan pada mobil.....	14
Gambar 2.7 <i>Grill</i> pada mobil	15
Gambar 2.8 <i>Dashboard</i> pada mobil	15
Gambar 2.9 Bodi mobil jenis sedan	17
Gambar 2.10 <i>Sport Utility Vehicle (SUV)</i>	17
Gambar 2.11 Pemasangan <i>air dam</i> pada <i>bumper</i> depan	19
Gambar 2.12 Visualisasi kecepatan menggunakan alat bantu <i>spoiler</i>	20
Gambar 2.13 Posisi ideal saat mengemudi	21
Gambar 2.14 Konsep identitas kendaraan.....	23
Gambar 2.15 Karakteristik aerodinamika pada kendaraan	24
Gambar 2.16 Ilustrasi gaya aerodinamis yang terjadi pada suatu benda	26
Gambar 2.17 Tekanan (<i>pressure</i>) pada bodi kendaraan.....	29
Gambar 2.18 Domain Komputasi	32
Gambar 2.19 <i>Mesh</i> pada kendaraan	33
Gambar 3.1 Konsep dasar bodi mobil tampak samping	38
Gambar 3.2 Konsep dasar bodi mobil tampak depan	38
Gambar 3.3 Bentuk dasar bodi mobil jenis sedan.....	39

Gambar 3.4 Bentuk dasar bodi mobil jenis <i>hatchback</i>	39
Gambar 3.5 Bentuk dasar bodi mobil jenis <i>sport utility vehicle</i> (SUV)	39
Gambar 3.6 Dimensi bodi mobil jenis sedan	41
Gambar 3.7 Dimensi bodi mobil jenis <i>hatchback</i>	41
Gambar 3.8 Dimensi bodi mobil jenis <i>sport utility vehicle</i> (SUV).....	42
Gambar 3.9 Diagram prosedur perancangan.....	43
Gambar 3.10 Diagram alir penelitian.....	46
Gambar 3.11 Kondisi Batas	48
Gambar 4.1 Pandangan depan <i>body</i> kendaraan jenis sedan.....	51
Gambar 4.2 Pandangan samping <i>body</i> kendaraan jenis sedan.....	52
Gambar 4.3 Pandangan belakang <i>body</i> kendaraan jenis sedan	52
Gambar 4.4 Pandangan atas <i>body</i> kendaraan jenis sedan	52
Gambar 4.5 Pandangan depan <i>body</i> kendaraan jenis <i>Hatchback</i>	53
Gambar 4.6 Pandangan samping <i>body</i> kendaraan jenis <i>Hatchback</i>	53
Gambar 4.7 Pandangan belakang <i>body</i> kendaraan jenis <i>Hatchback</i>	54
Gambar 4.8 Pandangan atas <i>body</i> kendaraan jenis <i>Hatchback</i>	54
Gambar 4.9 Pandangan depan <i>body</i> kendaraan jenis <i>SUV</i>	54
Gambar 4.10 Pandangan samping <i>body</i> kendaraan jenis <i>SUV</i>	55
Gambar 4.11 Pandangan belakang <i>body</i> kendaraan jenis <i>SUV</i>	55
Gambar 4.12 Pandangan atas <i>body</i> kendaraan jenis <i>SUV</i>	55
Gambar 4.13 Kondisi batas (<i>boundary condition</i>) (a) sedan (b) <i>hatchback</i> (c) SUV	57
Gambar 4.14 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 80 km/jam pada sedan	58
Gambar 4.15 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 90 km/jam pada sedan	58
Gambar 4.16 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 100 km/jam pada sedan	59
Gambar 4.17 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 110 km/jam pada sedan	59

Gambar 4.18 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 120 km/jam pada sedan	60
Gambar 4.19 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 80 km/jam pada sedan	61
Gambar 4.20 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 90 km/jam pada sedan	62
Gambar 4.21 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 100 km/jam pada sedan	62
Gambar 4.22 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 110 km/jam pada sedan	63
Gambar 4.23 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 120 km/jam pada sedan	63
Gambar 4.24 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 80 km/jam pada <i>hatchback</i>	65
Gambar 4.25 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 90 km/jam pada <i>hatchback</i>	65
Gambar 4.26 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 100 km/jam pada <i>hatchback</i>	66
Gambar 4.27 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 110 km/jam pada <i>hatchback</i>	66
Gambar 4.28 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 120 km/jam pada <i>hatchback</i>	67
Gambar 4.29 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 80 km/jam pada <i>hatchback</i>	68
Gambar 4.30 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 90 km/jam pada <i>hatchback</i>	68
Gambar 4.31 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 100 km/jam pada <i>hatchback</i>	69
Gambar 4.32 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 110 km/jam pada <i>hatchback</i>	69
Gambar 4.33 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 120 km/jam pada <i>hatchback</i>	70
Gambar 4.34 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 80 km/jam pada <i>sport utility vehicle</i>	

(SUV).....	72
Gambar 4.35 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 90 km/jam pada <i>sport utility vehicle</i> (SUV).....	72
Gambar 4.36 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 100 km/jam pada <i>sport utility vehicle</i> (SUV).....	73
Gambar 4.37 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 110 km/jam pada <i>sport utility vehicle</i> (SUV).....	73
Gambar 4.38 Vektor <i>velocity</i> kecepatan 120 km/jam pada <i>sport utility vehicle</i> (SUV).....	74
Gambar 4.39 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 80 km/jam pada SUV	75
Gambar 4.40 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 90 km/jam pada SUV	75
Gambar 4.41 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 100 km/jam pada SUV	76
Gambar 4.42 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 110 km/jam pada SUV	76
Gambar 4.43 <i>Pressure</i> dan <i>drag coefficient</i> kecepatan 120 km/jam pada SUV	77
Gambar 4.44 Grafik hasil analisis perbandingan <i>pressure</i> pada <i>body</i> jenis sedan, <i>hatchback</i> , dan <i>sport utility vehicle</i> (SUV).....	80
Gambar 4.45 Grafik hasil analisis perbandingan <i>drag coefficient</i> (<i>Cd</i>) pada <i>body</i> jenis sedan, <i>hatchback</i> , dan <i>sport utility vehicle</i> (SUV)	81
Gambar 4.46 Grafik hubungan <i>Reynolds Number</i> (<i>Re</i>) dan <i>velocity</i>	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Usulan Topik Skripsi.....	95
Lampiran 2 Formulir Usulan Pembimbing Skripsi.....	97
Lampiran 3 Daftar Hadir Seminar Proposal Skripsi/TA.....	98
Lampiran 4 Usulan Pembimbing	99
Lampiran 5 Surat Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi	100
Lampiran 6 Sketsa Manual <i>Body</i> Kendaraan Jenis Sedan	101
Lampiran 7 Sketsa Manual <i>Body</i> Kendaraan Jenis <i>Hatchback</i>	102
Lampiran 8 Sketsa Manual <i>Body</i> Kendaraan Jenis SUV	103
Lampiran 9 Pengaturan/ <i>Setup Software</i> untuk Sedan	104
Lampiran 10 Pengaturan/ <i>Setup Software</i> untuk <i>Hatchback</i>	105
Lampiran 11 Pengaturan/ <i>Setup Software</i> untuk SUV	106
Lampiran 12 Kontur <i>Velocity</i> Sedan (<i>Side View</i>)	107
Lampiran 13 Kontur <i>Velocity</i> Sedan (<i>Top View</i>)	108
Lampiran 14 Kontur <i>Velocity Hatchback (Side View)</i>	109
Lampiran 15 Kontur <i>Velocity Hatchback (Top View)</i>	110
Lampiran 16 Kontur <i>Velocity SUV (Side View)</i>	111
Lampiran 17 Kontur <i>Velocity SUV (Top View)</i>	112
Lampiran 18 <i>Pressure</i> dan <i>Drag Coefficient (Cd) Body Sedan (Back View)</i> .	113
Lampiran 19 <i>Pressure</i> dan <i>Drag Coefficient (Cd) Body Hatchback (Back View)</i>	114
Lampiran 20 <i>Pressure</i> dan <i>Drag Coefficient (Cd) Body Sport Utility Vehicle (SUV) (Back View)</i>	115
Lampiran 21 <i>Drag Coefficient (Cd) Body Sedan, Hatchback, SUV Velocity Max (170 km/jam)</i>	11

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bentuk bodi kendaraan hingga dewasa ini mengarah pada penurunan koefisien hambat aerodinamika. Hal ini dilakukan untuk menunjang kinerja pada kendaraan. Bentuk bodi kendaraan masa depan diperkirakan nantinya memiliki bentuk bodi yang berbeda dengan bodi kendaraan pada jaman sekarang, dimana bentuk bodi kendaraan dibuat menjadi lebih aerodinamis, khususnya untuk jenis kendaraan penumpang. Tolak ukur dalam melakukan perancangan kendaraan antara lain berat kendaraan, efisiensi mesin, estetika, cara mengemudi, kenyamanan dan keamanan maupun aerodinamika pada kendaraan. Banyak pengembangan yang dilakukan untuk memaksimalkan aerodinamika kendaraan. Pengembangan mobil yang dilakukan salah satunya pada bentuk bodi mobil. Inovasi terus dilakukan untuk mengembangkan bentuk bodi mobil yang aerodinamis dengan tujuan dapat mengurangi konsumsi energi yang digunakan akibat gaya hambat pada bodi mobil tanpa mengabaikan aspek ergonomi dan estetika.

Desain bodi kendaraan umumnya tanpa menggunakan *air conduct* pada *bumper* depan dan bodi samping kendaraan seperti penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu. *Air conduct* berpengaruh pada sistem pendinginan rem, khususnya pada saat mobil mengurangi/menahan kecepatan tinggi ataupun saat jalan turunan. Tanpa menggunakan *air conduct* pada bodi mobil, sistem pendinginan rem menjadi kurang sempurna sehingga dapat mengurangi daya cekam pada rem. Penurunan daya

cekam rem kendaraan dapat berdampak pada keselamatan penumpang. Sehingga dalam mendesain bentuk bodi mobil perlu ditambahkan *air conduct* untuk meningkatkan sistem pendinginan pada rem dan penambahan *air conduct* juga dapat memperbaiki karakteristik aerodinamika pada bodi kendaraan. Selain itu, dalam mendesain bodi kendaraan juga perlu diperhatikan proses pendinginan mesin (*engine*) ataupun yang lainnya dengan menambahkan alat bantu pada bodi kendaraan.

Penelitian aerodinamis kendaraan telah banyak dilakukan. Salah satunya yaitu penelitian terkait dengan penambahan aksesoris/alat bantu pada bodi kendaraan. Namun, banyak desainer mendesain bodi maupun menambahkan alat bantu/aksesoris pada kendaraan tanpa memperhatikan dampak terhadap karakteristik aerodinamika yang terjadi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Budiarto. Penambahan *side skirt* pada bodi mobil tersebut menyebabkan nilai koefisien *drag* menjadi lebih tinggi (0,22) dibandingkan pada mobil tanpa *side skirt* (0,02) (Budiarto *et al*, 2013: 30). Penambahan aksesoris/ alat bantu pada bodi kendaraan perlu diperhatikan terhadap dampak aerodinamika dalam proses perancangan bodi mobil.

Bentuk bodi kendaraan juga masih banyak yang tidak sesuai dengan aspek aerodinamika. Khususnya bentuk bodi bagian depan kendaraan biasanya menggunakan bentuk tajam (*sharp edge*). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aklis (2015), bentuk bodi *sharp edge* mengakibatkan tekanan pada bodi menjadi lebih besar (212 Pa). Sedangkan pada bodi dengan bentuk *smooth edge*, nilai tekanan hampir setengah dari bentuk *sharp edge* (148 Pa). Sehingga dalam proses perancangan bodi kendaraan membutuhkan pertimbangan bentuk bagian depan

terhadap karakteristik aerodinamika agar desain bodi yang dibuat nantinya lebih maksimal.

Bentuk bodi direkayasa sedemikian rupa untuk menghasilkan karakteristik aerodinamika yang optimal. Metode yang dapat digunakan untuk menganalisa aerodinamika kendaraan salah satunya yaitu dengan menggunakan terowongan angin. Pengujian aerodinamika dapat dilakukan dengan ukuran yang sebenarnya maupun dalam bentuk skala. Namun, pengujian dengan metode tersebut membutuhkan biaya relatif mahal dan waktu pengujian yang lama. Untuk itu dalam penelitian ini menggunakan *software* berbasis *computational fluid dynamics* (CFD) yang lebih efisien dalam segi biaya maupun waktu dan data pengujian yang diperoleh lebih akurat (Jhon dan Utomo, 2017: 51).

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan tersebut, bentuk bodi kendaraan masa depan mengarah pada penurunan nilai koefisien hambatan. Bentuk bodi kendaraan yang aerodinamis merupakan salah satu langkah dalam meminimalisir besarnya koefisien hambatan yang terjadi pada bodi kendaraan. Penambahan aksesoris juga perlu untuk diperhitungkan dalam proses perancangan bodi. Dalam penelitian ini desain bodi dirancang sedemikian rupa tanpa menggunakan banyak aksesoris/ alat bantu pada bodi kendaraan untuk meminimalkan koefisien hambatan. Analisis aerodinamika pada bodi kendaraan dilakukan menggunakan *software* berbasis *autodesk flow design 2018*. Analisis dilakukan pada setiap bodi kendaraan dengan variasi kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, penulis telah mengidentifikasi berbagai masalah yang menjadi dasar dalam melakukan penelitian. Adapun identifikasi masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bentuk *body* mobil sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai koefisien *drag* pada kendaraan
2. Masih rendahnya desain *body* mobil yang memperhatikan aerodinamis pada suatu kendaraan
3. Masih banyak penggunaan alat bantu/ aksesoris seperti *spoiler* maupun *side skirt* pada bodi kendaraan yang kurang sesuai dengan aspek aerodinamika
4. Masih sedikitnya analisis aerodinamika yang berbasis *software autodesk flow design 14.0*
5. Penelitian aerodinamika menggunakan terowongan angin membutuhkan biaya relatif mahal dan waktu yang lama

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan oleh peneliti lebih terfokus dan tidak meluas, adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Desain bodi kendaraan yang dibuat adalah desain konsep mobil dengan jenis sedan, *hatchback*, dan *sport utility vehicle (SUV)*
2. Desain hanya dilakukan pada konstruksi luar *body* kendaraan
3. Analisis tidak dilakukan menggunakan metode eksperimen melainkan menggunakan metode komputasi berbasis *software autodesk flow design 14.0*

4. Analisis dilakukan hanya pada nilai *drag coefficient*, *pressure*, dan vektor *velocity* udara yang terjadi di sekitar *body* mobil
5. Aliran yang digunakan dalam simulasi dianggap *stabil*
6. Fluida yang digunakan yaitu gas ideal yang artinya tidak mengalami perubahan massa jenis
7. Analisis aerodinamika pada bodi kendaraan menggunakan variasi kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas dapat diambil rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimanakah desain *body* mobil yang aerodinamis?
2. Bagaimanakah vektor *velocity* udara yang terjadi di sekitar *body* mobil pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?
3. Berapakah besarnya nilai *drag coefficient* pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?
4. Berapakah besarnya nilai *pressure* pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?
5. Berapakah nilai *Reynolds number* pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?

1.5 Tujuan Penelitian

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya, berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk:

1. Mendesain dan menganalisa *body* mobil yang aerodinamis

2. Mengetahui vektor *velocity* udara yang terjadi di sekitar *body* mobil pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?
3. Mengetahui besarnya nilai *drag coefficient* pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?
4. Mengetahui besarnya nilai *pressure* pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?
5. Mengetahui nilai *Reynolds Number* (Re) pada kecepatan 80 km/jam sampai 120 km/jam dengan interval 10 km/jam?

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK)

Dapat memberikan manfaat pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang desain *body* mobil yang lebih aerodinamis, dimana nantinya hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai kajian untuk penelitian selanjutnya.

2. Bagi Universitas (khususnya Jurusan Teknik Mesin)

Dapat memberikan simulasi berupa animasi/video maupun berupa gambar terkait aerodinamika yang nantinya dapat digunakan sebagai materi dalam proses belajar mengajar, khususnya untuk Mata Kuliah Aerodinamika di Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

3. Bagi Perusahaan

Memberikan informasi tentang nilai *drag coefficient body* kendaraan dan tekanan aliran udara serta pola aliran yang terjadi di sekitar *body* mobil pada industri yang bergerak dalam bidang desain, terutama industri mobil sedan, *hatchback*, dan *sport utility vehicle (SUV)* sebagai acuan dalam perancangan *body* kendaraan.

4. Bagi Peneliti

Dapat mengembangkan pengalaman dan pengetahuan tentang desain bodi kendaraan yang lebih aerodinamis dan meningkatkan kemampuan analisis dimana nantinya dapat digunakan sebagai bekal dalam dunia kerja.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian tentang desain bodi masih terus dilakukan untuk menciptakan desain bodi yang lebih aerodinamis. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Murugan *et al* (2015). Dalam penelitiannya, bodi kendaraan jenis sedan didesain menggunakan *spoiler* pada bagian belakang bodi kendaraan dengan tujuan untuk menurunkan nilai koefisien hambatan dan menambah gaya tekan ke bawah pada kendaraan. Penelitian lain juga dilakukan oleh Kumar *et al* (2015) terkait desain bodi kendaraan untuk menurunkan koefisien hambatan. Kendaraan yang digunakan pada penelitian juga menggunakan jenis sedan. Desain bodi dirancang menggunakan *spoiler* pada bagian belakang kendaraan. Hasil penelitian penambahan *spoiler* pada bodi kendaraan dapat memperbaiki karakteristik aerodinamika.



Gambar 2.1 Desain kendaraan sedan dengan *spoiler*
(Sumber: Kumar *et al*, 2015)

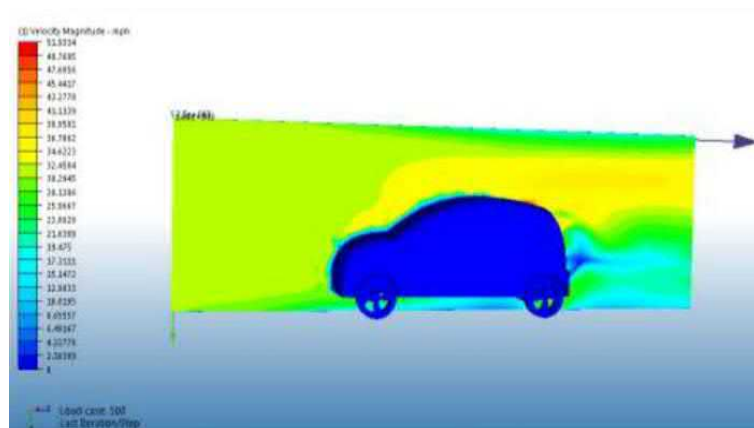
Berdasarkan penelitian tersebut, penambahan *spoiler* pada bodi kendaraan bagian belakang dapat meningkatkan gaya tekanan kebawah pada bodi kendaraan. Namun penggunaan *spoiler* dalam konsep mobil masa depan kurang sesuai dalam

aspek estetika. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dalam penelitian ini fungsi *spoiler* pada bagian belakang bodi kendaraan diganti menggunakan desain kanal sirkulasi udara pada bodi kendaraan. Penggunaan desain ini menyebabkan gaya tekanan kebawah pada kendaraan tetap terjaga dengan aspek estetika yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *spoiler*.

Proses perancangan desain bodi melewati tahap awal yaitu tahap penentuan konsep bodi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Halim tentang perancangan desain bodi *city car*. Dalam penelitian tersebut, gambaran kendaraan ramah lingkungan dapat dicerminkan dari bentuk fisiknya yang dapat menyatu dengan lingkungan seperti kendaraan masa depan yang menyerupai komponen alam seperti air, tumbuhan, dan lain-lain yang memiliki sifat ringan dan mudah mengalir. Konsep perancangan bodi yang digunakan dalam penelitiannya yaitu seperti embun (*dew*) sebagai gambaran karakter lingkungan dengan bentuk *simple*, ringan, dan aerodinamis dengan tujuan untuk mengurangi gaya hambat yang terjadi pada bodi mobil (Halim, 2012: 2).

Julianto dan Sutrisno melakukan penelitian perancangan *body* kendaraan. Konsep bentuk bodi mobil yang digunakan menggunakan bentuk mobil futuristik yang merupakan desain dengan bentuk bodi mobil masa depan. Konsep mobil masa depan yang menggambarkan bodi ramah lingkungan. Konsep bodi yang dibuat oleh Julianto dan Sutrisno merupakan perpaduan dari mobil Lamborghini Aventador dengan bentuk aerodinamis. Hal itu bertujuan untuk meminimalisir gaya tahanan yang dapat terjadi pada bodi kendaraan (Julianto dan Sutrisno, 2015: 3).

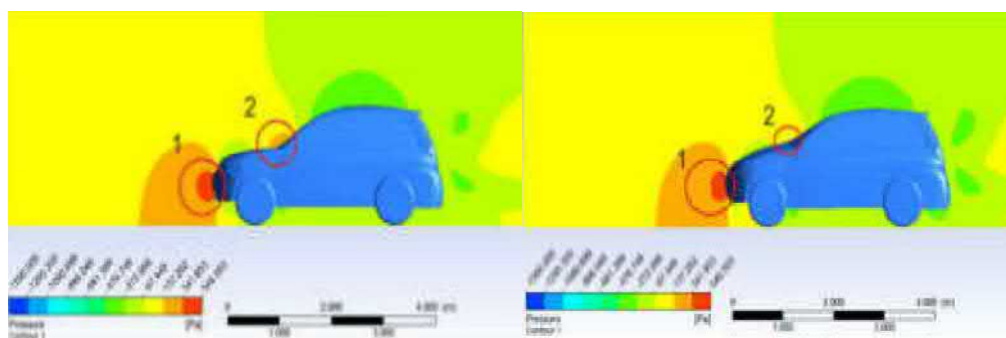
Penelitian terus dilakukan untuk mengoptimalkan bentuk bodi yang aerodinamis. Ekoprianto melakukan penelitian tentang analisis aerodinamik pada bodi kendaraan dengan *type city car* untuk lingkungan kampus. Kendaraan yang dirancang merupakan kendaraan roda empat dengan kapasitas 4 orang penumpang. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin besar sudut kemiringan kaca maupun bagian belakang mobil maka *drag coefficient* yang terjadi akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya kecepatan kendaraan. Aliran udara yang terjadi dapat melalui permukaan bodi kendaraan dengan lancar pada tiap tingkat kecepatan meskipun terjadi perlambatan aliran udara pada bagian belakang kendaraan. Selain itu, tekanan (*pressure*) yang terjadi pada bodi kendaraan yaitu antara 90,60 Pa sampai dengan 54,34 Pa (Ekoprianto, 2016: 129).



Gambar 2.2 Visualisasi kecepatan (*velocity*) mobil *city car*
(Sumber: Ekoprianto, 2016)

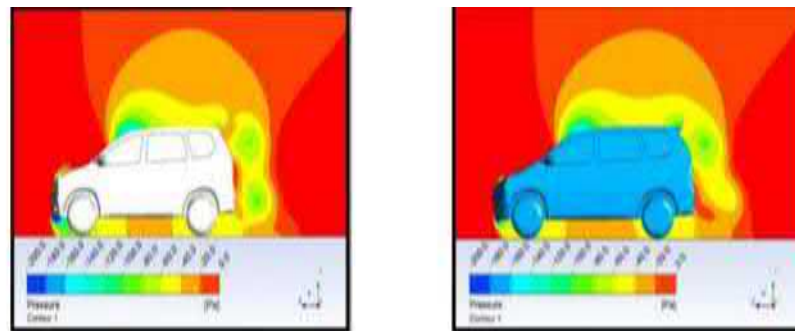
Aklis melakukan penelitian tentang pengaruh bentuk bodi mobil terhadap pola aliran dengan menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD). Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan pola aliran, *drag coefficient* (C_D) dan kontur tekanan pada mobil Esemka standar dan modifikasi. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa pola aliran mobil Esemka standar memiliki pola yang

lebih efektif pada kecepatan rendah, namun pada kecepatan tinggi mobil Esemka modifikasi memiliki pola aliran yang lebih aerodinamis. Dari penelitian tersebut juga didapatkan besar *drag coefficient* pada mobil Esemka standar sebesar 0,469 dan mobil Esemka modifikasi sebesar 0,405 pada kecepatan 27 m/s. Selain itu, tekanan (*pressure*) pada permukaan kaca yaitu sebesar 148,778 Pa pada mobil Esemka modifikasi. Nilai ini jauh lebih rendah dibanding dengan mobil Esemka model standar yaitu sebesar 212,529 Pa (Aklis *et al*, 2015: 53).



Gambar 2.3 Kontur tekanan pada mobil Esemka standar dan modifikasi
(Sumber: Aklis *et al*, 2015)

Penelitian terkait aerodinamika pada kendaraan juga dilakukan oleh Nofianto. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui perilaku aerodinamika mobil menyerupai toyota avanza dengan *computational fluid dynamics* (CFD). Hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa tekanan pada mobil Avanza B memiliki tekanan yang lebih besar dibanding Avanza A akibat sudut kaca mobil yang lebih tajam. Vektor kecepatan menunjukkan adanya pusaran vortex yang berputar pada kedua sisi sehingga membentuk aliran turbulen. Selain itu, diperoleh hasil perhitungan bahwa Avanza B memiliki nilai *drag coefficient* yang lebih kecil yaitu 0,495 dibanding dengan Avanza A yaitu 0,531 (Nofianto, 2014: 9).



Gambar 2.4 Kontur tekanan pada Avanza A dan Avanza B
(Sumber: Nofianto, 2014)

Berdasarkan penelitian yang telah dijelaskan tersebut dapat disimpulkan bahwa konsep perancangan bodi kendaraan mengacu pada desain kendaraan masa depan ramah lingkungan dengan mengutamakan aspek aerodinamika. Untuk itu perlu dilakukan perancangan bodi kendaraan dengan bentuk yang modern tanpa menghilangkan aspek aerodinamika pada bodi kendaraan. Selain itu, besarnya koefisien tahanan dan tekanan pada bodi kendaraan dipengaruhi oleh kecepatan dan bentuk bodi pada suatu kendaraan. Semakin aerodinamis bodi tersebut maka gaya hambat dan tekanan yang terjadi menjadi lebih kecil. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mendesain bodi mobil yang lebih aerodinamis.

2.2 Landasan Teori

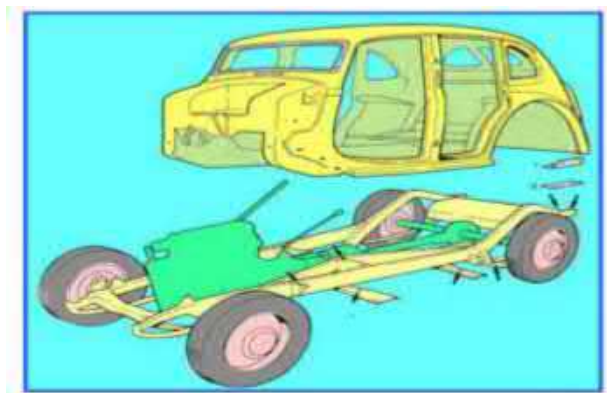
2.2.1 Konstruksi Bodi Kendaraan

Bodi kendaraan terbagi menjadi 2 konstruksi besar yaitu konstruksi bagian luar kendaraan (*eksterior*) dan konstruksi bagian dalam kendaraan (*interior*). Adapun konstruksi pada bodi kendaraan yaitu:

2.2.1.1 Konstruksi Luar Kendaraan (*Exterior*)

Bodi kendaraan bagian luar (*exterior*) berfungsi untuk melindungi penumpang ataupun barang pada kendaraan dari terpaan, angin, hujan, maupun panas matahari. Selain aspek keamanan dan kenyamanan bagi penumpang, bodi kendaraan juga harus mempertimbangkan aspek aerodinamika dan seni. Konstruksi luar kendaraan terdiri dari *bumper*, *fender*, kap mesin, pintu, kaca, atap, *deck lid*, pilar, dan *grill*. Berikut bagian-bagian luar kendaraan (*exterior*) adalah sebagai berikut:

- a. Rangka: merupakan tempat menempelnya semua kendaraan termasuk *body*. Rangka harus kuat, ringan, kukuh, dan tahan terhadap getaran atau guncangan yang diterima dari kondisi jalan yang terdiri dari dua batang memanjang dan dihubungkan dengan bagian yang melintang.



Gambar 2.5 Rangka mobil
(Sumber: Umam, 2015)

- b. *Bumper*: dibedakan menjadi dua yaitu *bumper* bagian depan dan belakang. Fungsi dari *bumper* adalah sebagai pengaman pertama pada bodi dan penumpang ketika terjadi benturan.



Gambar 2.6 *Bumper* depan pada mobil
(Sumber: Adiananda dan Batan, 2015)

- c. *Fender*: komponen pada bodi mobil yang menutupi bagian roda. Biasanya pada mobil memiliki 4 buah *fender* pada masing-masing roda.
- d. Kap mesin (*engine hood*): bagian bodi mobil yang berfungsi sebagai penutup komponen mesin.
- e. Pintu: terdapat berbagai macam tipe dan bentuk pintu kendaraan. Pada dasarnya pintu terbuat dari dua panel utama yaitu panel luar dan panel dalam.
- f. Kaca: merupakan komponen penting bagi kendaraan. Kaca mobil terdiri dari kaca depan, kaca samping, dan kaca belakang.
- g. Atap: merupakan bagian bodi kendaraan yang paling sederhana dibanding komponen yang lain dan atap kendaraan merupakan bagian bodi kendaraan yang paling lebar.
- h. *Deck lid*: merupakan bodi kendaraan pada bagian belakang yang berfungsi sebagai tempat barang (bagasi).
- i. Pilar: pilar tengah merupakan penopang bagian tengah dan samping dari atap. Oleh karena itu penggunaan pilar pada bodi haruslah kuat.

- j. *Grill*: terletak dibagian depan kendaraan yang berfungsi sebagai pengarah udara untuk mendinginkan mesin secara alami.

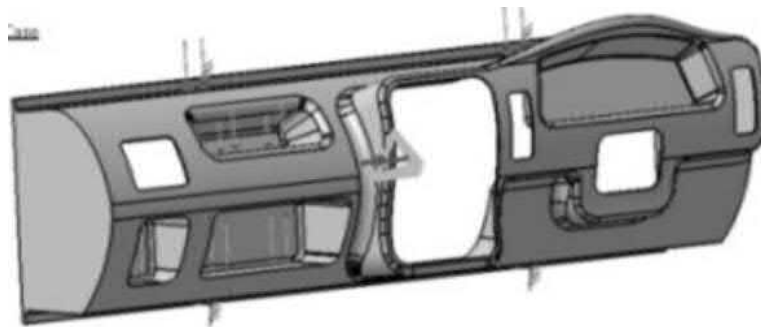


Gambar 2.7 *Grill* pada mobil
(Sumber: Pujiono *et al*, 2018)

2.2.1.2 Konstruksi Dalam Kendaraan (*Interior*)

Konstruksi dalam kendaraan (*interior*) pada bodi kendaraan biasanya lebih mengutamakan aspek ergonomi dan estetika dalam pembuatannya. Komponen dalam kendaraan (*interior*) terdiri dari *dashboard*, tempat duduk (*jok*), *plafon*, dan lantai. Berikut bagian-bagian dalam kendaraan (*interior*) adalah sebagai berikut:

- a. *Dashboard*: terdiri dari instrumen-instrumen panel yang digunakan pengemudi untuk memantau semua kondisi pengemudian (kondisi mesin, sistem rem, sistem pengisian), fasilitas kenyamanan yang lainnya seperti *air conditioner* (AC), *radio/tape*, dan tanda-tanda isyarat seperti lampu.



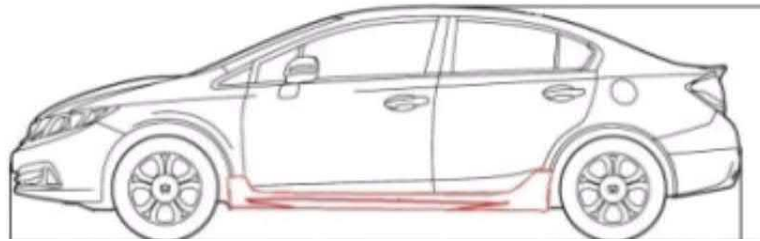
Gambar 2.8 *Dashboard* pada mobil
(Sumber: Madinahdan dan Batan, 2013)

- b. Tempat duduk (jok): perkembangan tempat duduk sangat pesat seperti tempat duduk statis, pengaturan ketinggian, sandaran, dan dapat dipindah/dilipat sesuai keinginan penumpang.
- c. *Plafon*: terletak di dalam bodi mobil bagian atas dengan bentuk permukaan yang bervariasi.
- d. Lantai: biasanya terdiri dari beberapa komponen kecil yang disambungkan secara bersama-sama menjadi satu unit lantai dan memiliki penguat pada bagian bawah.

2.2.2 Perancangan Bodi Kendaraan

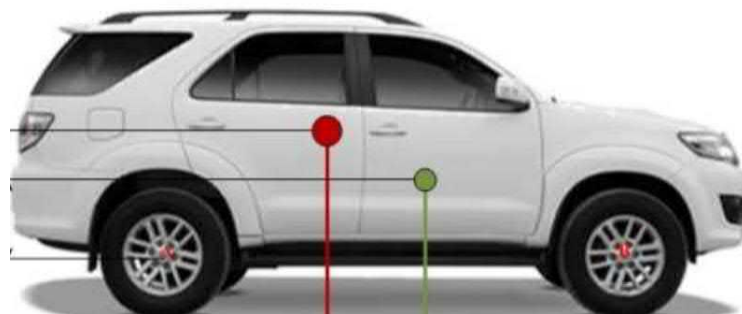
Bodi kendaraan merupakan bagian dari sebuah kendaraan yang dibuat sedemikian rupa sebagai pelindung penumpang ataupun barang yang ada di dalam kendaraan. Selain dalam aspek keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi atau penumpang, bodi kendaraan juga mengandung nilai seni yang tinggi. Bentuk bodi dibuat sedemikian rupa dengan karakteristik yang berbeda. Jenis bodi kendaraan antara lain *hatchback*, sedan, *sport utility vehicle* (SUV), *multi purpose vehicle* (MPV), *coupe* dan wagon. Berikut jenis-jenis bodi kendaraan yaitu:

- a. *Hatchback*: bodi kendaraan dengan bentuk *hatchback* memiliki bentuk berbasis seperti bodi sedan, namun dengan kabin yang lebih besar. Dengan bentuk bodi seperti ini kekompakan dimensinya menjadi lebih ringkas. Biasanya memiliki empat buah pintu dan ideal untuk kapasitas angkut 4 penumpang.
- b. Sedan: dengan bentuk bodi sedan memiliki kelebihan bagasi yang lebih luas karena dimensi bodi yang lebih panjang dibandingkan dengan *hatchback*. Umumnya sedan hanya memiliki kapasitas angkut 5 penumpang.



Gambar 2.9 Bodi mobil jenis sedan
(Sumber: Prasetio dan Wailanduw, 2016)

- c. *Sport Utility Vehicle (SUV)*: bentuk bodi suv memiliki ketangguhan yang lebih dibandingkan dengan bentuk bodi lainnya. Kendaraan jenis ini biasanya digunakan dalam bentuk *4 wheel drive (4WD)*. Seiring dengan perkembangannya, suv saat ini tampil dengan bentuk humanis dan memiliki beragam dimensi.



Gambar 2.10 *Sport Utility Vehicle (SUV)*
(Sumber: Adriansyah dan Sutrinta, 2016)

- d. *Multi Purpose Vehicle (MPV)*: bentuk bodi mpv lebih diperuntukkan untuk kapasitas angkut 6-7 penumpang. Kelebihan dengan bentuk bodi seperti ini yaitu memiliki fleksibilitas dalam penggunaan dengan ruang yang lebih luas.
- e. *Coupe*: jenis bodi ini memiliki bentuk yang hampir mirip dengan bentuk sedan namun hanya memiliki dua pintu, namun kapasitas angkut 4 penumpang dengan mengedepankan gaya dan kemewahan.

- f. Wagon: wagon atau estate merupakan kendaraan dengan bentuk gabungan antara jenis *hatchback* dan sedan. Dengan bentuk seperti ini fleksibilitas dan ruang lebih meningkat.

Bodi kendaraan memiliki karakteristik yang dapat dipengaruhi oleh material pembentuk bodi meskipun geometri tidak memiliki pengaruh yang begitu besar. Pada proses manufaktur bodi kendaraan material yang digunakan dapat berupa logam atau komposit. Bodi kendaraan biasanya menggunakan material komposit karena memiliki kelebihan dibanding logam yaitu massa jenis yang lebih kecil. Material komposit pada manufaktur bodi diantaranya adalah *fiber glass* dan *carbon fiber* (Dwinanto dan Muhammad, 2015: 119). Dalam proses perancangan bodi kendaraan, terdapat beberapa aspek yang perlu untuk diperhatikan yaitu aerodinamik, ergonomi, dan estetika.

a. Aspek Aerodinamika

Aerodinamik adalah gaya hambat yang disebabkan oleh aliran udara yang menerpa bodi kendaraan. Gaya aerodinamis yang timbul pada kendaraan disebabkan karena adanya distribusi tekanan pada bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan (Rahman *et al*, 2014: 2). Untuk mengatasi hal tersebut, terdapat beberapa cara yang dilakukan antara lain membulatkan bidang frontal bodi kendaraan pada kabin maupun bagian yang menonjol seperti kaca spion, merancang bodi kendaraan yang *streamline* (*streamline*) adalah bentuk bodi bulat dan lurus dari kabin sampai bodi belakang menyerupai pesawat terbang), maupun merancang bodi dengan bentuk perahu (bodi menyempit).

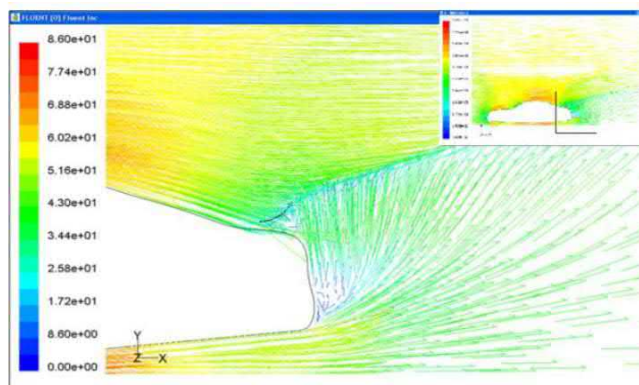
Pemasangan alat bantu/aksesoris yang mendukung juga dapat mengurangi gaya hambat yang terjadi pada bodi kendaraan. Penambahan aksesoris pada kendaraan juga harus mempertimbangkan aspek aerodinamis seperti momen gaya yang terjadi akibat gaya aerodinamis sehingga penambahan aksesoris tersebut tidak memperburuk karakteristik aerodinamis pada kendaraan (Wahyudi *et al.*, 2014: 1). Beberapa alat bantu yang dapat digunakan untuk mengurangi gaya hambat yaitu:

1. *Air Dam*. Bertujuan untuk mempercepat aliran udara di bagian kolong mobil sehingga aliran udara menjadi lebih cepat.



Gambar 2.11 Pemasangan *air dam* pada *bumper* depan
(Sumber: Damle *et al.*, 2014)

2. *Spoiler*. Bertujuan untuk menampung tekanan gerak udara yang mengalir dari arah depan melalui atas mobil sehingga tekanan udara akan semakin kuat. Hal ini akan berdampak pada daya cengkraman ban dan pengendalian akan lebih baik.



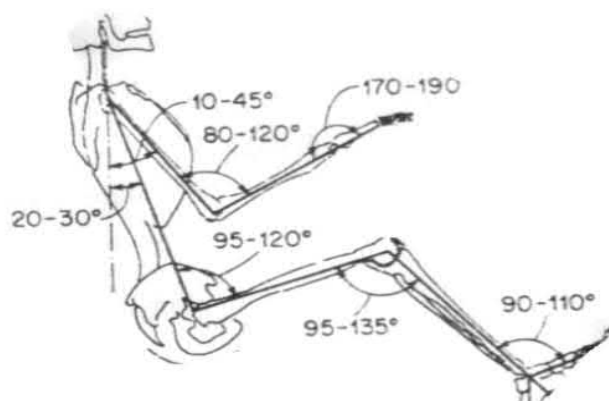
Gambar 2.12 Visualisasi kecepatan menggunakan alat bantu *spoiler*
(Sumber: Murugan *et al.*, 2015)

3. Sayap. Bertujuan untuk memperbaiki aliran udara saat akan meninggalkan bodi kendaraan sehingga efek turbulensi dapat dicegah.
4. *Side Skirts*. Mencegah masuknya udara ke area bertekanan rendah yang terjadi pada bagian bawah mobil.
5. *Splitter* (pemisah). Bertujuan untuk menangkap udara dari depan bodi kendaraan dan mencegah memasuki bagian bawah.

b. Aspek Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang kelebihan dan keterbatasan manusia untuk digunakan sebagai tujuan perancangan teknik sehingga dapat tercipta sistem lingkungan kerja yang sesuai dengan manusia. Selain itu, ilmu ergonomi juga dapat diaplikasikan untuk membentuk kondisi yang efektif, aman, sehat, nyaman maupun efisien (Shantika *et al.*, 2017: 11). Penelitian yang dilakukan terkait ergonomi antara lain biomekanik, antropometri, *display*, dan lingkungan kerja. Ergonomi dalam perancangan digunakan dengan tujuan untuk mengoptimalkan sistem agar sesuai dengan kebutuhan, kelemahan, dan keterampilan manusia.

Dengan bodi kendaraan yang ergonomis, pengemudi nantinya dapat terhindar dari resiko cedera pada tubuh manusia yang dapat mengakibatkan timbulnya kecelakaan saat berkendara (Bagus *et al.*, 2017: 2). Namun, dengan bentuk yang ergonomis belum tentu dapat dikatakan sebagai bentuk aerodinamis. Sehingga dalam menentukan bodi yang ergonomis perlu mempertimbangkan aspek aerodinamis yang berpengaruh pada tingkat keamanan kendaraan (Barus dan Affif, 2018: 171).



Gambar 2.13 Posisi ideal saat mengemudi
(Sumber: Bagus *et al.*, 2017)

c. Aspek Estetika

Bentuk bodi kendaraan merupakan salah satu dari berbagai aspek, salah satunya yaitu aspek estetika (Azwir *et al.*, 2014: 31). Aspek estetika dalam perancangan bodi kendaraan menekankan unsur keindahan, keamanan, dan kenyamanan. Estetika atau keindahan merupakan salah satu faktor yang menjadi tolak ukur bagus atau tidaknya suatu benda. Bukan hanya kemampuan mesin ataupun kemampuan daya tampung kendaraan saja, namun unsur keindahan juga perlu ditampilkan pada bodi kendaraan. Aspek estetika pada bodi kendaraan antara lain seperti keserasian bentuk, pemilihan warna, bentuk maupun pertimbangan lainnya. Bentuk bodi direkayasa sedemikian rupa tanpa menghilangkan aspek estetika untuk

menghasilkan karakteristik aliran fluida yang berbeda-beda (Prihadnyana *et al.*, 2017: 2).

2.2.3 Konsep Identitas Desain (*Design Identity Concept*)

Proses perancangan bodi kendaraan tidak lepas dari konsep identitas desain yang akan digunakan. Identitas diartikan sebagai ciri, tanda, merek, jati diri yang melekat pada sesuatu sehingga membedakan dengan yang lainnya. Salah satunya yaitu identitas visual yang berguna dalam persaingan agar produk dapat dibedakan dengan produk yang lain. Sedangkan dalam perancangan bodi kendaraan, identitas ini berfungsi sebagai ciri khas bodi kendaraan sehingga dapat membedakan dengan bentuk bodi kendaraan yang lain dan lebih mudah diingat oleh masyarakat. Salah satu peran desain identitas adalah sebagai citra atau merek dari perusahaan maupun lembaga yang ada. Metode desain yang digunakan adalah suatu cara yang dilakukan oleh desainer untuk menghasilkan sebuah karya desain. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain:

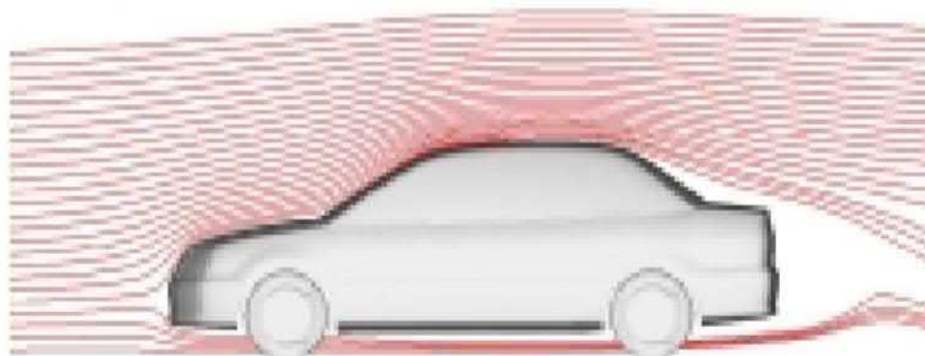
- a. *Explosing* yaitu mencari inspirasi dengan berpikir secara kritis untuk menghasilkan suatu desain yang belum pernah diciptakan.
- b. *Redefining* yaitu mengolah kembali suatu desain agar menjadi bentuk yang berbeda dan lebih baik.
- c. *Managing* yaitu menciptakan desain secara berkelanjutan dan terus-menerus.
- d. *Phototyping* yaitu memperbaiki dan atau memodifikasi desain warisan nenek moyang.
- e. *Trendspotting* yaitu membuat suatu desain berdasarkan tren yang sedang berkembang.



Gambar 2.14 Konsep identitas kendaraan
(Sumber: Saragih., 2015)

2.2.4 Aerodinamika

Aerodinamika atau juga dikenal sebagai ilmu gaya gerak berasal dari bahasa Yunani yaitu *air* yang artinya udara dan *dynamic* yang berarti gaya gerak. Aerodinamika merupakan sebuah ilmu yang mempelajari tentang Bergeraknya suatu benda di dalam udara. Aerodinamika juga dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari ataupun menyelidiki sifat-sifat udara, reaksi-reaksi yang terjadi karena gerakan udara terhadap benda yang dilaluinya atau gerakan benda di dalam udara tersebut maupun akibat-akibat yang dapat terjadi. Dalam rekayasa otomotif modern, aerodinamika mempunyai dampak yang sangat besar (Hidayati *et al*, 2017: 66). Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi aerodinamika diantaranya yaitu kerapatan atau kerapatan udara, kecepatan udara, tekanan udara, dan *temperature* (suhu udara). Dalam sebuah perancangan *body* kendaraan juga diperlukan adanya ilmu aerodinamika untuk menganalisis gaya yang terjadi pada kendaraan tersebut. Pemodelan dengan bentuk yang aerodinamis sangat penting dalam melakukan desain dan analisis pada kendaraan (Zheng dan Qiu, 2018: 1).



Gambar 2.15 Karakteristik aerodinamika pada kendaraan
(Sumber: Selvaraju *et al.*, 2015)

Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan adalah adanya distribusi tekanan pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan dan adanya distribusi tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah tangensial terhadap permukaan kendaraan. Apabila distribusi tegangan dan tekanan tersebut diintegrasikan maka akan menghasilkan gaya angkat aerodinamis (*lift force*), gaya hambat aerodinamis (*drag force*), gaya samping aerodinamis (*side force*), dan gaya akibat pusaran udara (*turbulence force*). Sedangkan hambatan ketika kendaraan berjalan terbagi menjadi hambatan gelinding dari ban dan hambatan aerodinamik.

Distribusi hambatan aerodinamik kendaraan yaitu *form drag* (bentuk kendaraan) sebesar 55%. *Interference drag* (*interference* komponen-komponen yang terpasang pada kendaraan) besarnya 17%. *Surfacer drag* (bermacam-macam sambungan pada permukaan bodi kendaraan) besarnya 12% dan *lift drag* (gaya angkat pada mobil tersebut) besarnya hingga 7% (Rahman, 2014: 2).

Ketika ketiga gaya yaitu gaya hambat, gaya angkat, dan gaya samping bekerja pada titik pusat tekanan, C_p (*Centre of pressure*) dan gaya-gaya ini menimbulkan momen aerodinamis akibat adanya jarak atau lengan antara titik pusat tekanan dengan titik pusat gravitasi, C_g (*Centre of Gravity*). Besar momen yang dihasilkan sebagai berikut (Wulandari, 2010: 33):

$$M_R = 0,5 C_r A \rho V^2 L \dots\dots\dots (2.1)$$

$$M_Y = 0,5 C_y A \rho V^2 L \dots\dots\dots (2.2)$$

$$M_P = 0,5 C_p A \rho V^2 L \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

M_R : Momen *rolling* (N)

M_Y : Momen *yawing* (N)

M_P : Momen *pitching* (N)

C_r : Koefisien momen *rolling*

C_y : Koefisien momen *yawing*

C_p : Koefisien momen *pitching*

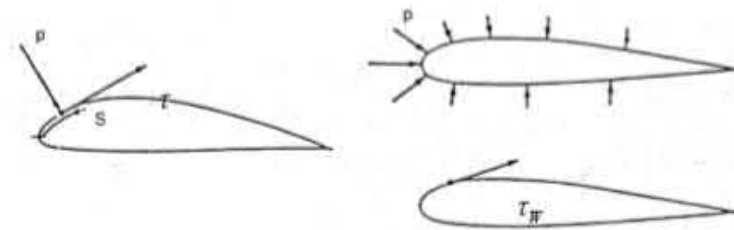
A : Luas frontal area (m^2)

ρ : Massa jenis udara (kg/m^3)

V : Kecepatan kendaraan (km/jam)

L : Panjang karakteristik (m)

Gaya aerodinamis dapat dinyatakan sebagai akibat aliran udara pada suatu permukaan dari suatu benda yang bersumber dari distribusi tekanan pada permukaan dan tegangan geser pada permukaan. Ilustrasi gaya aerodinamika pada suatu benda dapat dilihat pada gambar 2.16:



Gambar 2.16 Ilustrasi gaya aerodinamis yang terjadi pada suatu benda
(Sumber: Wulandari., 2010)

$P = p(s) = \text{Surface pressure distribution}$

$t = \tau(s) = \text{Surface shear distribution}$

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi aerodinamika suatu kendaraan antara lain :

a. Gaya Tahanan (*Drag Force*)

Gaya tahanan merupakan gaya seret yang bekerja paralel terhadap arah aliran. Gaya tahanan (*drag force*) merupakan gaya yang melawan gerak suatu benda. Secara umum *drag force* ini dapat terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang benda. Bentuk dari kendaraan akan menentukan nilai *coefficient drag* (C_D) dimana semakin aerodinamis bentuk kendaraan maka nilai *coefficient drag* akan semakin kecil sehingga akan berpengaruh pada besar gaya hambat yang terjadi pada kendaraan yang semakin rendah. Besar dari gaya hambat yang terjadi akan mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar saat kendaraan dioperasikan, karena energi yang digunakan mesin untuk mendorong kendaraan dan melakukan akselerasi akan semakin kecil dengan berkurangnya gaya hambat yang bekerja pada kendaraan yang arahnya berlawanan dengan laju kendaraan sehingga efisiensi bahan bakar lebih maksimal (Yusuf, 2017: 10). Selain itu, agar efisiensi kendaraan berjenis roda empat ataupun kendaraan lainnya juga lebih maksimal, sebaiknya bahan yang digunakan

bodi mobil terbuat dari bahan yang lebih ringan dan kuat (Rahmadianto dan Susilo, 2015: 91).

Benda yang bergerak akan mengalami interaksi pada permukaan benda tersebut dengan fluida yang mengalir atau dilaluinya apabila melewati sebuah fluida. Interaksi tersebut merupakan gaya dan momen yang bersumber dari tegangan geser, yang diakibatkan oleh efek viskos, dan tegangan normal yang diakibatkan oleh distribusi tekanan. Dengan p berarah tegak lurus ke arah pusat dan τ tangensial dengan terhadap permukaan. Gaya drag pada sebuah benda dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu drag yang diakibatkan oleh gaya gesek, yaitu drag gesekan dan drag yang diakibatkan oleh tekanan, yaitu drag tekanan. Sebagian besar gaya drag dari suatu benda didapat dari hasil eksperimen yang dilakukan di terowongan angin yang dilakukan secara berulang-ulang. Nilai drag pada suatu benda dapat dituliskan dalam bilangan tak-berdimensi yang disebut sebagai nilai koefisien *drag* (Yogatama dan Trisno, 2018: 10).

Secara matematis, persamaan gaya hambat sebagai berikut (Nofianto, 2014:5) :

$$FD = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

FD : Gaya hambat (Newton)

C_D : Koefisien *drag*

ρ : massa jenis udara (kg/m^3)

V : Kecepatan relatif antara kendaraan dengan udara (m/s)

A : Luas *frontal area* (m^2)

Pengurangan koefisien tahanan (*drag coefficient*) pada suatu kendaraan merupakan salah satu cara yang cukup efektif untuk meningkatkan performa suatu kendaraan maupun hemat dalam penggunaan bahan bakar (Budiarto *et al*, 2013: 26).

Terdapat dua aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses mendesain bodi suatu kendaraan agar memiliki nilai tahanan yang rendah, adapun aspek tersebut yaitu:

1. Apabila benda tersebut panjang dan tipis, tahanannya berkaitan dengan friksi. Tahanan ini dapat dikurangi dengan menjaga aliran laminar sebanyak mungkin. Hal ini mengisyaratkan permukaan-permukaan yang halus.
2. Apabila bentuk bendanya adalah tumpul, tahanannya (bilangan Reynolds tinggi) terutama tahanan bentuk. Gaya tahanan udara mempunyai arah yang berlawanan dengan arah gerak benda. Gaya tahanan tersebut akan terasa pengaruhnya jika benda bergerak pada kecepatan tinggi dengan luas permukaan benda yang besar.

b. Tekanan (*Pressure*)

Tekanan yang terjadi juga perlu diperhatikan dalam melakukan sebuah perancangan bodi kendaraan. Setiap kecepatan memiliki pola kontur dan nilai tekanan yang berbeda-beda pada bodi kendaraan. Besarnya nilai tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan, artinya semakin cepat suatu fluida yang mengalir maka tekanan yang terjadi pada bodi kendaraan tersebut akan menjadi lebih kecil. Pada analisis menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) besar-kecilnya nilai suatu tekanan biasanya diasumsikan dengan sebuah warna (Yusuf dan Utomo, 2015: 343). Tekanan merupakan gaya yang bekerja pada permukaan benda tiap satuan luas.

Secara matematis, tekanan dapat dirumuskan sebagai berikut (Abu, 2017: 129):

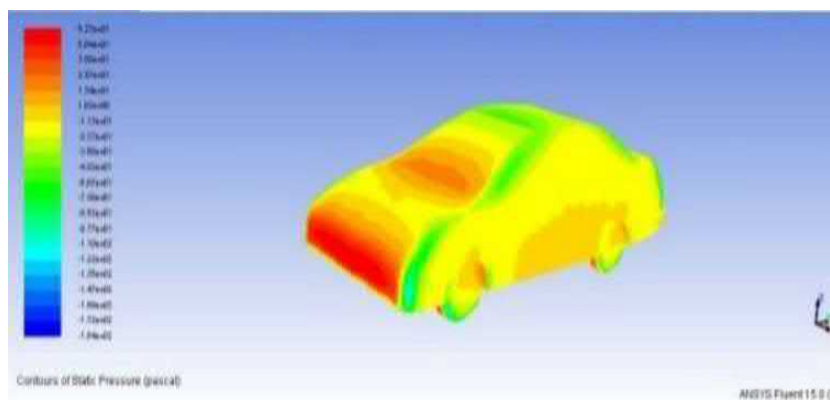
$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

P : Tekanan/*pressure* (N/m²)

F : Gaya yang bekerja (N)

A : Luas penampang (m²)



Gambar 2.17 Tekanan (*pressure*) pada bodi kendaraan
(Sumber: Kumar *et al.*, 2015)

c. Bilangan Reynolds (*Reynolds Number*)

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tidak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida untuk menentukan jenis aliran yang berbeda, misalkan aliran turbulen atau laminar. Peningkatan kecepatan aliran yang terjadi pada fluida juga dapat meningkatkan bilangan Reynolds. Hubungan antara bilangan Reynolds dengan koefisien *drag* yaitu semakin besar bilangan Reynolds maka nilai koefisien *drag* yang terjadi akan cenderung semakin kecil (Hanif dan Utomo, 2015: 192). Untuk menentukan suatu aliran laminar atau turbulen, Osborne Reynolds memperkenalkan bilangan tidak berdimensi yang merupakan fungsi dari kecepatan aliran (Herwindo dan Dadan, 2013: 129). Dimana tipe aliran dapat dibagi menurut

bilangan Reynolds (Re), nilai bilangan Reynolds dapat dihitung dengan menggunakan suatu persamaan. Dimana aliran laminar bilangan Reynoldnya $Re < 2300$, aliran transisi bilangan Reynolds $2300 < Re < 4000$ dan aliran turbulen bilangan Reynolds $Re > 4000$ (Siregar dan Jorfri, 2013: 76).

Secara matematis, bilangan Reynolds dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

Re : Bilangan Reynolds (*Reynolds number*)

ρ : Densitas fluida (kg/m^3)

V : Kecepatan aliran fluida (m/s)

L : Panjang karakteristik yang diukur pada medan aliran (m)

μ : Viskositas fluida (kg/ms)

2.2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan cabang ilmu dari dinamika fluida yang menyediakan sebuah sarana untuk melakukan simulasi secara riil dengan meminimalisir pengeluaran biaya. Analisis CFD mungkin hanya satu – satunya alat yang sangat efisien dalam melakukan analisis dari parameterisasi desain bentuk kendaraan (Kshirsagar dan Chopade, 2018: 2185). Salah satu contoh aplikasi berbasis CFD yaitu *autodesk flow design* yang merupakan bagian dari program autodesk inventor. Autodesk inventor merupakan salah satu produk dari Autodesk Corp yang dikhususkan untuk *engineering design* maupun untuk menggambar (*drawing*). Autodesk inventor memiliki beberapa kelebihan yang dapat memudahkan

dalam desain dan mempunyai tampilan yang menarik dan lebih riil maupun fasilitas material yang disediakan pada program tersebut (Pratama *et al*, 2015: 2).

Autodesk inventor merupakan salah satu program CAD (*Computer Aided Design*) yang memiliki kemampuan pemodelan 3 dimensi solid dalam proses pembuatan objek prototipe 3D baik secara visual, *drafting* beserta dokumentasi data-datanya ataupun proses yang lebih kompleks yaitu melakukan sebuah simulasi (Setyono dan Gunawan, 2015: 70). Sebagai sebuah perangkat lunak khusus untuk pemodelan 3D, Autodesk Inventor mempunyai kemampuan untuk *parametric solid modeling* yang artinya mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah design dan pengeditan dalam bentuk solid model dengan data dalam database (Jahidin dan Manfaat, 2013: 2).

Perangkat ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu *pre-processor*, *solver*, dan *post-processor*. *Pre-processor* merupakan input yang diberikan seperti geometri, grid (*mesh*), kondisi batas, maupun dalam menentukan sifat termofisik.

a. Geometri

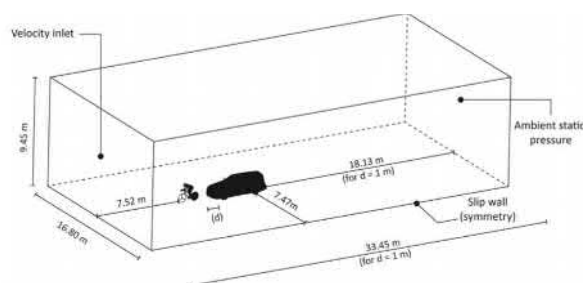
Geometri merupakan langkah awal dalam tahapan *pre-processor*. Pemodelan geometri dapat dilakukan menggunakan software berbasis CAD (*Computer Aided Design*) seperti Autocad, Solidwork, maupun Inventor. Proses geometri dilakukan untuk mendapatkan ukuran desain bodi mobil yang akan dibuat (Jhon dan Utomo, 2017: 55).

b. Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Penggunaan aplikasi CFD hal yang sangat penting yang perlu untuk diperhatikan yaitu memberikan nilai dan batasan-batasan pada sistem dengan tepat

dan memahami bagaimana sistem tersebut bekerja. Kondisi batas (*boundary condition*) dapat diartikan sebagai sebuah lapisan yang terbentuk pada permukaan suatu benda yang terendam dalam aliran fluida. Efek viskos yang terjadi di dalam lapisan area tersebut dianggap sangat penting sedangkan efek viskos yang terjadi pada bagian luar lapisan batas tidak begitu penting (*inviscid*). *Inviscid* diartikan sebagai aliran dimana konduktivitas panas, gesekan, dan diffusi massa dapat diabaikan.

Berbeda dengan simulasi yang dilakukan menggunakan terowongan angin dimana batas lapisan fisik, kondisi batas artifisial harus dimasukkan dalam model *computational fluid dynamics* (CFD) sebagai domain komputasi (Kasim dan Zaidee, 2017: 1362). Pada umumnya, hal yang perlu diperhatikan pada kondisi batas yaitu *inlet*, *outlet*, *wall* (dinding), tekanan yang ditentukan, maupun kesimetrisan.



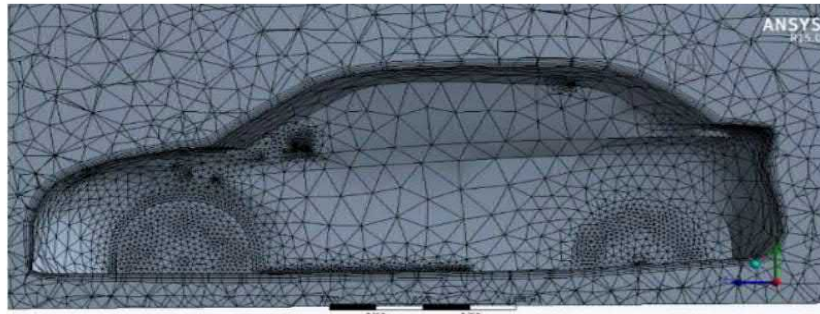
Gambar 2.18 Domain Komputasi
(Sumber: Blocken dan Toparlar, 2015)

Ketika partikel fluida yang berada cukup dekat dengan permukaan pelat akan terhambat karena gesekan sehingga memiliki kecepatan mendekati nol. Saat lapisan batas laminar tidak dapat mempertahankan kondisi *steady* yang dimilikinya, maka akan terbentuk lapisan turbulen. Kondisi lapis batas bergantung pada kekasaran permukaan dan tingkat turbulensi aliran *free stream* (Yusuf, 2017: 12).

c. Grid (*Mesh*)

Pembuatan *mesh* atau *meshing* merupakan salah satu langkah *pre-processing* dalam melakukan sebuah simulasi. Ada beberapa tipe *mesh* yang umumnya digunakan yaitu seperti *triangle*, *quadrilateral*, *tetrahedron*, *hexahedron*, *pyramid* dan *prism/wedge*.

Dalam proses simulasi, kerapatan *mesh* sangat berpengaruh terhadap keakurasian hasil perhitungan. Semakin rapat *mesh* yang dibuat maka akan semakin meningkatkan keakurasian tersebut berdasarkan batasan dari metode perlakuan yang digunakan (Yusuf dan Utomo, 2015: 337). Tahapan ini merupakan tahap yang sangat penting dalam proses CFD karena proses *meshing* mempengaruhi keakuratan hasil dari penelitian (Dhande dan Bauskar, 2013: 449)



Gambar 2.19 *Mesh* pada kendaraan

(Sumber: Dias *et al.*, 2016)

Solver merupakan pemecahan model aliran fluida menggunakan analisis numerik. Sedangkan *post-processor* meliputi hasil visualisasi dari proses *solver* seperti kontur dengan warna tertentu ataupun penamilan kecepatan dan suhu fluida baik dalam 2D maupun 3D (Budiarthana *et al.*, 2015: 138). *Computational Fluid Dynamics* (CFD) tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengukuran yang dilakukan dengan cara eksperimen secara langsung, namun jumlah dan biaya yang dilakukan

lebih terjangkau. Beberapa hal yang menjadi alasan kuat dalam penggunaan *computational fluid dynamics* (CFD) (Hernantha *et al*, 2017: 830) yaitu:

- a. *Insight* yaitu pemahaman yang mendalam.
- b. *Foresight* yaitu prediksi secara menyeluruh.
- c. *Efficiency* yaitu efisiensi waktu dan biaya.

Metode *computational fluid dynamics* (CFD) memiliki banyak kelebihan, namun penggunaan metode CFD harus menggunakan banyak asumsi dimana akurasi dari model tersebut harus dilakukan validasi dengan data eksperimen lainnya sebagai pembandingan seperti *on-site experiment*, *wind-tunnel experiment* maupun menggunakan perhitungan matematika (*numerical validation*) (Maulana, 2016: 11).

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang desain dan analisis aerodinamika *body* kendaraan jenis sedan, *hatchback*, dan *sport utility vehicle* (SUV), maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Desain *body* kendaraan memiliki nilai *drag coefficient* (C_d) yang lebih rendah dibandingkan dengan kendaraan standar Honda Civic, Honda Brio, dan Toyota Fortuner dengan penurunan *drag coefficient* (C_d) pada sedan sebesar 12,5 %, *hatchback* sebesar 16,1 % dan *sport utility vehicle* (SUV) sebesar 12,8 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *body* kendaraan yang telah didesain mempunyai bentuk yang lebih aerodinamis dibandingkan dengan bentuk kendaraan standar.
- b. Vektor *velocity* dari hasil analisis diperoleh bahwa jenis sedan memiliki pola aliran yang lebih *streamline* dibandingkan jenis *hatchback* maupun SUV yang menghasilkan *wake* pada bagian belakang *body* kendaraan akibat sudut bidang belakang yang lebih tajam.
- c. Nilai *drag coefficient* (C_d) pada analisis kendaraan jenis sedan diperoleh hasil sebesar 0,39 jenis *hatchback* sebesar 0,36 dan jenis *sport utility vehicle* (SUV) sebesar 0,42 pada kecepatan 120 km/jam. Sehingga dalam aspek aerodinamika ketiga jenis desain tersebut masih layak untuk digunakan karena masih dalam standar *drag coefficient* sebesar 0,3 – 0,6.

- d. Nilai *pressure* pada analisis kendaraan jenis sedan diperoleh hasil sebesar 273,533 Pa jenis *hatchback* sebesar 645,100 Pa dan jenis *sport utility vehicle* (SUV) sebesar 562,164 Pa pada kecepatan 120 km/jam. Sehingga dalam aspek aerodinamika ketiga jenis desain tersebut masih layak untuk digunakan karena masih dibawah standar *pressure* sebesar 672,950 Pa.
- e. Nilai *Reynolds Number* (Re) pada analisis kendaraan jenis sedan diperoleh hasil sebesar $9,5 \times 10^7$, *hatchback* sebesar $7,6 \times 10^7$, dan *body* jenis *sport utility vehicle* (SUV) dengan nilai sebesar $9,6 \times 10^7$. Dan dapat disimpulkan bahwa seiring dengan bertambahnya laju kendaraan, maka nilai *pressure* dan bilangan Reynolds (Re) akan semakin meningkat. Dan semakin meningkatnya nilai bilangan Reynolds maka nilai *drag coefficient* (Cd) akan semakin kecil.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang desain dan analisis aerodinamika *body* kendaraan jenis sedan, *hatchback*, dan *sport utility vehicle* (SUV), adapun saran dari peneliti yaitu:

- a. Sebaiknya apabila dalam melakukan analisis aerodinamika haruslah didukung dengan *hardware* yang mumpuni atau spesifikasi yang tinggi agar mempercepat dalam proses analisis.
- b. Untuk penelitian yang lebih lanjut bukan hanya mendesain pada konstruksi luar *body* kendaraan saja, namun juga termasuk konstruksi dalam *body* kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, R. 2017. Analisis Hasil Rancang Bangun Sistem Gerak Abadi Pasangan Roda Gigi Lurus. *Prosiding Hasil Penelitian (SNP2M)*. Universitas Ekasakti Padang. Padang. 128-134
- Adianda, A., dan I M. L. Batan. 2015. Pengembangan Bumper Depan Mobil Pick-Up Multiguna Pedesaan. *Jurnal Teknik ITS* 4(1): 6-9
- Adriansyah, D., dan I. N. Sutranta. 2016. Analisis Pengaruh Parameter Operasional dan Penggunaan Stabilizer terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4). *Jurnal Teknik ITS* 5(21): 103-108
- Aklis, N., J. Sedyono, dan A.W Jatmiko. 2015. Pengaruh Bentuk Modifikasi Bentuk Mobil Terhadap Pola Aliran dengan menggunakan Computational Fluid Dynamic. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 16(2): 47-53
- Azwir, H., A. Purwanto, dan H. Wibowo. 2014. Analisa Computational Fluid Dynamics Body Kendaraan Mataram Proto dengan Perangkat Lunak Ansys Fluent 14.5. *E-Jurnal Teknik Mesin* 2(1): 31-35
- Bagus, A., T. Yogasara, dan S. Wulansatya. 2017. Evaluasi dan Perancangan Ulang Ruang Kemudi dan Penumpang Mobil Kancil berdasarkan Prinsip Ergonomi. *Seminar Nasional Otomasi II*. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung 1-7
- Barus, C. B., dan J. M. Affif. 2018. Modifikasi dan Analisa Aerodinamika Body Mobil Gladiator 2 PNI dengan menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Seminar Nasional Cendekiawan* 4. Universitas Trisakti. 171-177
- Blocken, B., dan Y. Toparlak. 2015. A Following Car Influences Cyclist Drag: CFD Simulations and Wind Tunnel Measurements. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 178 – 186
- Budiarthana, I N., I G. B. Wijaya Kusuma, dan I M. Widiyarta. 2015. Penggunaan Perangkat Lunak Computational Fluid Dynamics (CFD) dalam Menganalisis Sistem Pengereng Ikan Tuna Bertenaga Surya. *Jurnal Logic* 15(3): 137-141
- Budiarto, A. W., Suriansyah, dan M. A. Sabbana. 2013. Study Experimental Pengaruh Pemasangan Model Side Skirt Terhadap Coeffisien Drag dan Gaya Drag. *PROTON* 5(2): 26-30
- Damle, A., A. Magdum dan I. Tikekar. 2014. Effect of Air-Dam on Low End Passenger Cars. *Recent Engineering Research and Development* 1(8): 9-15

- Dhande, D., dan M. Bauskar. 2013. Analysis of Aerodynamic Aspect of SUV by Analytical and Experimental Method. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 3(7):447-451
- Dias, G., N. R. Tiwari, J. J. Varghese, dan G. Koyeerath. 2016. Aerodynamic Analysis of a Car for Reducing Drag Force. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* 13(3): 114-118
- Dwinanto, A.Y. dan F.B. Muhammad. 2015. Analisis Karakteristik Bodi dan Chassis pada Prototipe Kendaraan Listrik. *Jurnal Rekayasa Mesin* 6(2): 119-126
- Ekoprianto, A. 2016. Analisis Aerodinamik pada Bodi Kendaraan Listrik Type City Car untuk Lingkungan Kampus. *Jurnal Konversi Energi dan Manufacturing*. Edisi III: 125-130
- Halim, C. 2012. Perancangan Desain Bodi Urban City Car untuk Kompetisi Urban Concept Shell Eco-Marathon. *Skripsi*. Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra. Surabaya
- Hanif, A.H., dan M.S.K.T.S. Utomo. 2015. Simulasi Aerodinamika Desain Mobil Hemat Bahan Bakar Antawirya dengan Metode Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Teknik Mesin S-1* 3(2): 188-197
- Hernantha, H. H., P. Mani, dan M. Iqbal. 2015. Analisa Perubahan Geometri, Ukuran dan Bentuk Cenerbulb Berbentuk Foil Terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Teknik Perkapalan* 5(4): 828-836
- Herwindo, W., dan D. Rahmandani. 2013. Kajian Rancangan Irigasi Pipa Sistem Gravitasi. *Jurnal Irigasi* 8(2): 126-137
- Hidayati, N. A., F. Setiaji, M.A. Yaqin, D.M. Ulfa, dan M.A. Choiron. 2017. Analisis Aerodinamis pada Variasi Bentuk Ekor Desain Bodi Mobil Hemat Energi. *Jurnal Energi dan Manufaktur* 10(2): 66-70
- Jahidin, S., dan D. Manfaat. 2013. Rancang Bangun 3D Kontruksi Kapal Berbasis Autodesk Inventor untuk Menganalisa Berat Kontruksi. *Jurnal Teknik Pomits* 2(1): 1-6
- Jhon, J. S., dan T. S. Utomo. 2017. Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic. *Jurnal Teknik Mesin* 5(1): 50-59
- Julianto, A. dan Sutrisno. 2015. *Perancangan Body Motora MK. II untuk Kompetisi Indonesia Energy Marathon Challenge*. publication.poetra.ac.id/index.php/teknik-mesin/article/view/6802. 2 Desember 2019 (15.00)

- Kasim, A. B., dan S. R. Al Zaidee. 2015. Validation of Computational Fluid Dynamics Technique for Turbulent Wind Flow Approach, Bluff Two-Dimensional Body. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 6(4): 1361-1369
- Kshirsagar, V., dan J. V. Chopade. 2018. Aerodynamics of High Performance Vehicles. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 2182: 2186
- Kumar, V. N., K. L. Narayan, L. N. V. Narasimha Rao, dan Y. S. Ram. 2015. Investigation of Drag and Lift Forces over the Profile of Car with Rearspoiler using CFD. *International Journal of Advances in Scientific Research* 1(8): 331-339
- Mahdinahdan, N., dan I M. L. Batan. 2013. Perancangan Dashboard Mobil Pedesaan Multiguna. *Jurnal Teknik POMITS* 2(2): 69-74
- Maulana, S. 2016. Pemanfaatan Computational Fluid Dynamics (CFD) Dalam Strategi Penelitian Simulasi Model Pada Teknologi Penghawaan Ruang. *Jurnal Education Building* 2(2): 10-13
- Moffat, Jason. 2016. Aerodynamic Vehicle Design and Analysis. *Thesis*. School of Engineering. Foundation Degree in Motorsport Engineering
- Murugan, K. B., P. A. Nigal Asik, dan P. Raju. 2015. CFD Analysis and Optimization of a Car Spoiler. *Mechanical Engineering and Research* 5(1): 128-133
- Musthafa, Azhar. 2017. Pembuatan Body Depan pada Mobil Kita. *Skripsi*. Teknik Otomotif. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Nofianto, M. R. 2014. *Simulasi Perilaku Aerodinamika dalam kondisi Steady dan Unsteady pada Mobil Menyerupai Toyota Avanza dengan CFD*. eprints.ums.ac.id/29489/. 2 Desember 2019 (15.00)
- Novriadi, D. 2016. Rancang Bangun Sistem Pahat Putar Modular (Modular Rotary Tool System) untuk Permesinan Alat Kesehatan Ortopedi. *Skripsi*. Teknik Mesin. Universitas Lampung. Lampung
- Nursyahbani, R. L. dan T. S. Utomo. 2015. Analisa Aerodinamika Body Mobil Hemat Bahan Bakar Antawirya Konsep 3 dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Teknik Mesin* 3(2): 168-175
- Prasetio, D. C. dan A. G. Wailanduw 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Side Skirt terhadap Gaya Aerodinamis pada Model Mobil Menyerupai Sedan. *Jurnal Teknik Mesin* 04(03): 297-306

- Pratama, R. H., P. Hartono, dan N. Robbi. 2015. Simulasi Pembuatan dan Analisis Chasing Powerbank Berbasis Autodesk Inventor 3D. *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin Unisma* 5(1): 1-7
- Prihadnyana, G.Y., G. Widayana, dan K.R. Dantes. 2017. Analisis Aerodinamika pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin* 8(2)
- Pujiono, A., Supriyono, dan J. Sedyono. 2018. Reverse Engineering Body Fender Mobil Esemka Rajawali II dengan Membandingkan Hasil Pengukuran dengan Menggunakan Coordinate Measuring Manual Machine dan Laser Scanner articulated *Measurement Arms*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 19(1): 26-37
- Rahmadianto, A.U., dan S.A. Widyanto. 2015. Rancang Bangun Bodi Mobil Tipe Urban Concept Berpenumpang Tunggal dengan Kapasitas Maksimum 70 Kg. *Jurnal Teknik Mesin* 3(2): 85-92
- Rahman, A., A. Farid dan Suriansyah. 2014. Pengaruh Penggunaan Spoiler pada Model Kendaraan Sedan Terhadap Tekanan Hisap dalam Terowongan Angin. *Proton*. 6(1): 1-7
- Raju, Captain. 2019. *Koefisien Seret Mobil*. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Automobile_drag_coefficient. 23 Desember 2019 (18.00)
- Saragih, F. A. 2015. *Dynamic Shield Jadi Identitas Baru Mitsubishi*. http://otomotif.kompas.com/Dynamic_Shield_Jadi_Identitas_Baru_Mitsubishi. 2 Desember 2019 (08.00)
- Selvaraju, P. N., K. M. Parammasivan, Shankar, dan G. Devaradjane. 2015. Analysis of Drag and Lift Performance Sedan Car Model Using CFD. *JCHPS* 429-435
- Setyono, B., dan S. Gunawan. 2015. Perancangan dan Analisis Chassis Mobil Listrik “Semut Abang” Menggunakan Software Autodesk Inventor Pro 2013. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 69-78
- Shantika, T., E. T. Firmansjah, dan I. Naufan. 2017. Perancangan Chassis Type Tubular Space Frame untuk Kendaraan Listrik. *POROS* 15(1): 9-17
- Siregar, J. F., dan J. B. Sinaga. 2013. Perancangan Alat Uji Gesekan Aliran di dalam Saluran. *Jurnal Fema*. 1(1): 74-79
- Umam, N. 2015. Analisis Uji Impact pada Baja St60 dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik. *Skripsi. Teknik Mesin*. Universitas Negeri Semarang. Semarang

- Wahyudi, G. Rubiono., dan H. Mujianto. 2014. Pengaruh Bentuk Pengarah Angin (Deflektor) Terhadap Karakteristik Aerodinamis Kendaraan Niaga (Truck). *Jurnal Rotor* 7(1): 1-5
- Wulandari, Bety. 2010. Pengaruh Koefisien Hambatan Udara pada Bentuk Lokomotif Terhadap Gaya Aerodinamis Kereta Api Argo Lawu. *Skripsi*. Pendidikan Teknik dan Kejuruan. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Yogatama, M., dan R. Trisno. 2018. Studi Koefisien *Drag* Aerodinamika pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik. *Jurnal Teknik Mesin* 7(1): 10-14
- Yusuf, Ahmad. 2017. Analisa Aerodinamika dan Optimasi Body Mobil Smart Ev Generasi Tiga dengan Menggunakan Pemodelan Cfd Tiga Dimensi. *Skripsi*. Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret. Solo
- Yusuf, F.I., dan T. S. Utomo. 2015. Simulasi Aerodinamika Mobil Hemat Bahan Bakar Antawirya Konsep 2 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Teknik Mesin* 3(3): 336-344
- Zheng, Y. dan Z. Qiu. Uncertainty Propagation in Aerodynamic Forces and Heating Analysis for Hypersonic Vehicle with Uncertain but Bounded Geometric Parameters. *Aerospace Science an Technology* 1(231): 1-14