

TUGAS AKHIR

**ANALISIS AERODINAMIKA PADA MOBIL LISTRIK HEMAT ENERGI
AREA *GREEN CAMPUS* UNIVERSITAS TEUKU UMAR**

Diajukan untuk memenuhi sebagai dari syarat yang diperlukan guna memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T)

Disusun Oleh:

MARZUKI ARIF

NIM. 1705903010044

Bidang Keahlian Teknik Konversi Energi



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN, TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TEUKU UMAR**

2022



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini dengan judul “Analisis Aerodinamika Pada Mobil Listrik Hemat Energi Area *Green Campus* Universitas Teuku Umar”,
disusun oleh:

Nama : Marzuki Arif
NIM : 1705903010044
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin

Telah disetujui untuk diseminarkan pada tanggal 06 Januari 2022, guna memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik (S.T) pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.

Alue Peunyareng, 06 Januari 2022

Disetujui,

Pembimbing I

Ketua Prodi Teknik Mesin

Sulaiman Ali, ST., MT
NIDN. 0006078302

Maidi Saputra, S.T., M.T
NIP.198105072015041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Dinyatakan LULUS dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, pada 06 Januari 2022.

Nama : Marzuki Arif
NIM : 1705903010044
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis Aerodinamika Pada Mobil Listrik Hemat Energi
Area *Green Campus* Universitas Teuku Umar
Alue Peunyareng, 06 Januari 2022
Disetujui,

- | | | |
|---|--|-------------------------|
| 1 | Sulaiman Ali, ST., MT
NIDN. 0006078302 |
(Pembimbing I) |
| 2 | Maidi Saputra, S.T.,M.T
NIP. 198105072015041002 |
(Penguji I) |
| 3 | Zakir Husin, S.T.,M.T
NIDN. 0130017202 |
(Penguji II) |

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Mesin

Maidi Saputra, S.T.,M.T
NIP. 198105072015041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Dinyatakan LULUS dipertahankan didepan Tim Penguji Tugas Akhir guna memenuhi salah satu syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, pada 06 Januari 2022.

Nama : Marzuki Arif
NIM : 170590301004
Bidang Studi : Teknik Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin

Alue Peunyareng, 06 Januari 2022.

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Mesin

Dr. Ir. M. Isya, M.T

NIP. 1962041119890310002

Maidi Saputra, S.T.,M.T

NIP. 198105072015041002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Meulaboh, Aceh Barat 23615, PO BOX 59
Laman: www.utu.ac.id, email: teknik@utu.ac.id

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MARZUKI ARIF
Tempat/Tanggal Lahir : Ujong Patihah, 05 Mei 1998
NIK : 1115010105980001
NIM : 1705903010044
Alamat : Ujong Patihah Kec. Kuala, Kab.
Nagan Raya

Dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari skripsi, tesis, disertasi, buku atau bentuk lain yang saya kutip dari orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan plagiasi. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata dalam skripsi saya terdapat bagian-bagian yang memenuhi unsur plagiasi, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar sarjana saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Meulaboh, 26 Januari 2022
Saya yang membuat pernyataan,

MARZUKI ARIF
1705903010044

MOTTO DAN PERSEMBAHAN



"Hidup berakal, mati beriman"

Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada kemudahan. Karena itu bila kau telah selesai (mengerjakan yang lain) dan kepada Tuhan, berharaplah.

(Q.S Al-Insyirah : 68)

Hidup yang tidak teruji adalah hidup yang tidak layak dihidupi.
Tanda manusia masih hidup adalah ketika ia mengalami ujian,
kegagalan dan penderitaan.

(Socrates)

Ya Allah ...seperti ilmu yang telah engkau karuniakan kepadaku, hanya puji dan syukur yang dapat kupersembahkan kepada-Mu. Hamba hanya mengetahui sebagian kecil ilmu yang ada pada-Mu.

Untuk karya yang sederhana ini, maka kupersembahkan untuk Ayahanda dan Ibunda tercinta

Syarifuddin dan Sitti Ramamah

Begitu agung do'a dan harapanmu dalam mengiringi asaku. Apa yang kudapatkan hari ini, belum mampu membayar semua kebaikan, keringat, dan juga air mata bagi saya. Terima kasih atas semua dukungan abah dan mama, baik dalam bentuk materi maupun moril.

Untuk tali kasih sayang yang tak pernah putus, kepada seluruh keluarga besar, terimakasih atas do'a dan dukungan serta kasih sayang yang telah kalian berikan untukku, semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.

Semoga kebersamaan kita akan selalu diridhai Allah Ta'ala
"Manusia hanya harapan, semesta punya kenyataan"
"Terima kasih sudah menjadi dongeng panjang dihidup yang singkat"

Wassalam...

Marzuki Arif

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat Hidayah dan Ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Aerodinamika Pada Mobil Listrik Hemat Energi Area *Green Campus* Universitas Teuku Umar"

Shalawat berserta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada pangkuan alam baginda Nabi Besar Muhammad SAW karena dengan berkat perjuangan beliau kita dapat hidup sejahtera di bumi Allah SWT.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof.Dr. JASMAN J MA`RUF, SE.,M.BA. Selaku Rektor Universitas Teuku Umar.
2. Dr.Ir.M. ISYA, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.
3. SULAIMAN ALI, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing saya yang telah bersedia meluangkan waktunya dan terimakasih atas segala kesabaran dan dorongan semangatnya selama membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. MAIDI SAPUTRA, ST., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan juga sebagai Dewan Penguji I Tugas Akhir, terimakasih atas masukan dan sarannya demi kesempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini

5. ZAKIR HUSIN, ST, M.T selaku Dewan Penguji II Tugas Akhir, terimakasih atas masukan dan sarannya demi kesempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Kepada Ayah dan Bunda yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kepada teman-teman seperjuangan angkatan 2017 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah memberikan semangat demi menyelesaikan gelar sarjana.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dilihat dari isi maupun pembahasan. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Meulaboh, 8 Desember 2021

Penulis

MARZUKI ARIF
NIM. 1705903010044

**ANALISIS AERODINAMIKA PADA MOBIL LISTRIK HEMAT ENERGI
AREA GREEN CAMPUS UNIVERSITAS TEUKU UMAR**

Marzuki Arif

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

E-mail : marzukiarif051998@gmail.com

ABSTRAK

Semakin meningkat perkembangan teknologi pada sektor penghematan energi para peneliti maupun pelaku industri otomotif, salah satu cara dengan membuat bentuk bodi kendaraan yang lebih aerodinamis. Bentuk bodi yang aerodinamis mengurangi tahanan aerodinamika sehingga dapat mengoptimalkan tenaga mesin untuk menjadi gaya dorong traksi kendaraan hemat bahan bakar serta menjaga stabilitas kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahanan aerodinamika pada bodi mobil hemat energi di area *green campus* di Universitas Teuku Umar. Metode penelitian perencanaan mobil listrik hemat energi adalah perencanaan desain, alat penelitian dan tahapan pengambil data. Dari hasil simulasi koefisien *drag* dapat dilihat bahwa Mobil Hemat Energi Area *Green Campus* UTU lebih kecil koefisien *drag* nya yaitu dengan nilai rata-rata 0.06. Artinya hambatan udara pada mobil hemat energi area *green campus* UTU lebih kecil. Seiring bertambahnya kecepatan aliran udara untuk kendaran Mobil Hemat Energi nilai koefisien rata-rata semakin meningkat. Dari kesimpulan mobil memiliki kecepatan 30 km/jam, hasil gaya dorong rencana roda belakang (Ftraksi) sebesar 182,3 N, gaya hambat saat mobil berjalan yaitu 7,34 N. Daya dorong yang dibutuhkan (Ptraksi) sebesar 0,85 HP dan saran mobil hemat energy area *green campus* ini agar dapat di kembangkan lagi, khususnya di area Universitas Teuku Umar.

Kata kunci: Energi, gaya hambat, daya dorong, kecepatan.

**ANALISIS AERODINAMIKA PADA MOBIL LISTRIK HEMAT ENERGI
AREA GREEN CAMPUS UNIVERSITAS TEUKU UMAR**

Marzuki Arif

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

E-mail : marzukiarif051998@gmail.com

ABSTRACT

The increasing development of technology in the energy saving sector, researchers and automotive industry players, one way is to make the vehicle body shape more aerodynamic. The aerodynamic body shape reduces aerodynamic resistance so that it can optimize engine power to become the driving force for fuel-efficient vehicle traction and maintain vehicle stability. This study aims to determine the aerodynamic resistance of energy-efficient car bodies in the green campus area at Teuku Umar University. The research method for planning energy-efficient electric cars is design planning, research tools and stages of data collection. From the drag coefficient simulation results, it can be seen that the UTU Green Campus Area Energy Saving Car has a smaller drag coefficient with an average value of 0.06. This means that the air resistance in energy-efficient cars in the UTU green campus area is smaller. As the velocity of the air flow for Energy-Efficient Car vehicles increases, the average coefficient value increases. From the conclusion that the car has a speed of 30 km/hour, the result of the planned rear wheel thrust ($F_{traction}$) is 182.3 N, the drag force when the car is running is 7.34 N. The required thrust ($P_{traction}$) is 0.85 HP and suggestions for energy-efficient cars in the green campus area so that they can be developed again, especially in the Teuku Umar University area.

Keywords: Energy, drag, thrust, speed.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI	ii
LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS	iii
PERNYATAAN ORIGINALITAS	iv
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Gaya Aerodinamika	7
2.2.1 Gaya <i>Drag</i> (Gaya Hambat)	7
2.2.2 Gaya Angkat (Gaya <i>Lift</i>)	12
2.3 Pengaruh Bentuk Bodi	13
2.3.1 Koefisien Hambat berbagai Bentuk Kendaraan	14
2.4 Perpindahan Panas	14
2.4.1 Konduksi	15
2.4.2 Konveksi	16
2.4.3 Radiasi.....	18
2.4.4 <i>Heat Exchanger</i>	19
2.5 Mekanika Fluida.....	19
2.6 Sifat-sifat Fluida (Udara)	21

2.6.1	Viskositas	22
2.6.2	Separasi <i>buble</i>	23
2.7	Prinsip Dasar Aliran Angin Pada Kendaraan.....	24
2.7.1	Pola Aliran Disekitar Kendaraan	25
2.7.2	Pola Aliran di Permukaan Kendaraan	27
2.7.3	Pola Aliran di Bawah Kendaraan	28
2.7.4	Pola Aliran di Samping Kendaraan	29
2.8	Daya Panel Surya	31
BAB 3 METODE PENELITIAN		32
3.1	Tempat Dan Waktu Pelaksanaan	32
3.1.1	Tempat	32
3.1.2	Waktu	32
3.2	Perencanaan Desain.....	33
3.3	Tahapan Penelitian	34
3.3.1	Tahapan Persiapan.....	34
3.3.2	Tahapan Pengambilan Data	35
3.3.3	Tahapan Akhir	35
3.4	Peralatan Penelitian	35
3.4.1	Cara Software Berkerja	36
3.4.2	Fungsi Perangkat Lunak	36
3.5	Aerodinamis.....	36
3.5.1	Gaya Hambat (<i>Drag Force</i>)	37
3.6	Diagram Alir.....	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Hasil Perancangan Mobil Listrik Hemat Energi Area Green Campus Universitas Teuku Umar.....	39
4.2	Propertis.....	39
4.2.1	Analisa Bahan.....	39
4.2.2	Suhu	40
4.2.3	Densitas	40
4.3	Hasil Aerodinamis	42
4.4	Beban Rencana	43

4.5	Dinamika Kendaraan	44
4.5.1	Gaya dorong rencana roda belakang (Ftraksi)d.....	44
4.5.2	Gaya Hambat Saat Mobil Berjalan.....	44
4.5	Baterai	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konduktifitas Termal dari Beberapa Material pada Temperatur	16
Tabel 2.2 Nilai dari koefisien perpindahan panas kalor secara konveksi	18
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mobil Listrik Wasaka.....	4
Gambar 2.2 Mobil Listrik Gaski	5
Gambar 2.3 Desain Mobil Listrik Green Campus UNILA	6
Gambar 2.4 Hambatan bentuk pada kendaraan.....	7
Gambar 2.5 Bentuk trailing vortice pada aliran bodi mobil.....	10
Gambar 2.6 Distribusi koefisien gaya angkat (lift force).....	12
Gambar 2.7 Tahap perencanaan dan Percobaan bodi kendaraan	13
Gambar 2.8 Koefisien <i>drag</i> untuk silinder dan bentuk dasar lainnya.....	14
Gambar 2.9 Konduksi pada bidang datar ketebalan Δx dan luas A.....	15
Gambar 2.10 Deskripsi skematik separasi bubble dan transisi lapisanbatas	23
Gambar 2.11 Distribusi tekanan pada separasi <i>Bubble</i>	24
Gambar 2.12 Pola aliran udara 2D pada kendaraan.....	25
Gambar 2.13 Pola aliran udara disekitar kendaraan.....	26
Gambar 2.14 Pola aliran udara antara profil udara bebas dan permukaan.....	28
Gambar 2.15 Pola aliran udara di bagian belakang kendaraan	30
Gambar 3.1 Lokasi penelitian kampus Universitas Teuku Umar	32
Gambar 3.2 Mobil Hemat Energi untuk area green Kampus.....	33
Gambar 3.3 Desain Mobil Listrik Hemat Energy	34
Gambar 3.4 Acer amd A8	35
Gambar 4.1 Desain Mobil Hemat Energi Area Green Campus	39
Gambar 4.2 Temperatur Suhu	40
Gambar 4.3 Aliran udara disekitar bodi Mobil Hemat Energi.....	42
Gambar 4.4 <i>Streamline</i> bodi Mobil Listrik Hemat Energi.....	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkat perkembangan teknologi pada sektor penghematan energi para peneliti maupun pelaku industri otomotif, salah satu cara dengan membuat bentuk bodi kendaraan yang lebih aerodinamis. Bentuk bodi yang aerodinamis mengurangi tahanan aerodinamika sehingga dapat mengoptimalkan tenaga mesin untuk menjadi gaya dorong traksi kendaraan hemat bahan bakar serta menjaga stabilitas kendaraan. Kendaraan dengan bentuk dan luas penampang yang tegak lurus dengan arah aliran yang besar akan menyebabkan hambatan udara, hal ini menyebabkan kerugian dan mengurangi efisiensi. Untuk mengurangi kerugian karena gaya hambatan dan gaya angkat diantaranya dengan membentuk kendaraan yang bervariasi (Nurul Huda, 2016).

Aerodinamika yaitu bisa diartikan udara dan perubahan gerak dan bisa juga ditarik sebuah pengertian yaitu suatu perubahan gerak dari suatu benda akibat dari hambatan udara ketika benda tersebut melaju dengan kencang, benda yang dimaksud berupa kendaraan bermotor (mobil, truk, Bis, maupun motor) yang sangat terkait hubungannya dengan perkembangan aerodinamika sekarang ini. Adapun hal-hal yang berkaitan dengan aerodinamika adalah kecepatan kendaraan dan hambatan udara ketika kendaraan itu melaju, aerodinamika yaitu aero yang berarti bagian dari udara atau ilmu keudaraan dan dinamika yang berarti cabang ilmu alam yang menyelidiki benda-benda bergerak. yang ditimbulkan udara atau

gas-gas lain yang bergerak. Tahanan gesekan pada bodi mobil menjadi salah satu hal yang menarik untuk diuji, untuk itu diperlukan pengujian lebih lanjut mengetahui tahanan gesek pada bodi mobil. (Joshua Sam Jhon. Tony Suryo Utomo, 2017).

Kendaraan adalah suatu alat transportasi yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu, kendaraan mempunyai beberapa jenis seperti kendaraan ringan, kendaraan berat, hingga kendaraan yang digunakan untuk olahraga atau balapan. Kendaraan terdiri dari berbagai komponen didalamnya, beberapa komponen utamanya terdiri dari penggerak atau mesin, frame atau rangka kendaraan, dan bodi kendaraan. Salah satu komponen yang paling penting dalam kendaraan adalah bodi kendaraan, dengan perkembangan teknologi yang semakin maju bentuk dari bodi sebuah kendaraan sangatlah diperhitungkan untuk mencapai tujuan-tujuan tertentu. Bentuk bodi yang direkayasa sedemikian rupa akan menghasilkan karakteristik aliran fluida yang berbeda-beda dan sangat berpengaruh terhadap fungsi dari bentuk bodi tersebut. Dari penelitian diatas maka penulis memfokuskan pada penelitian analisis Aerodinamika Mobil Hemat Energi untuk area *Green Campus* Universitas Teuku Umar.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah bentuk bodi Mobil Hemat Energi yang lebih Aerodinamis
2. Bagaimanakah cara untuk mengetahui tahanan aerodinamika pada bodi Mobil Hemat energi pada area *green campus* Universitas Teuku Umar

3. Bagaimana karakteristik aliran fluida yang melintasi bodi mobil Hemat Energi area *Green Campus*

1.3 Batasan Masalah

1. Permodelan dilakukan tanpa ada Eksperimental
2. Sumber energi dari elektrik dan energi surya
3. Menggunakan perangkat lunak *Software Solid Works*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi pemakaian bahan bakar dan juga mengurangi dampak buruk dari volusi udara

1. Untuk mengetahui bentuk bodi Mobil Hemat Energi area *Green Campus* yang lebih Aerodinamis
2. Untuk mengetahui tahanan aerodinamika pada bodi mobil hemat energi di area *green campus* di Universitas Teuku Umar
3. Mengetahui karakteristik aliran fluida yanb melintasi bodi mobil Hemat Energi area *Green Campus*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini yaitu:

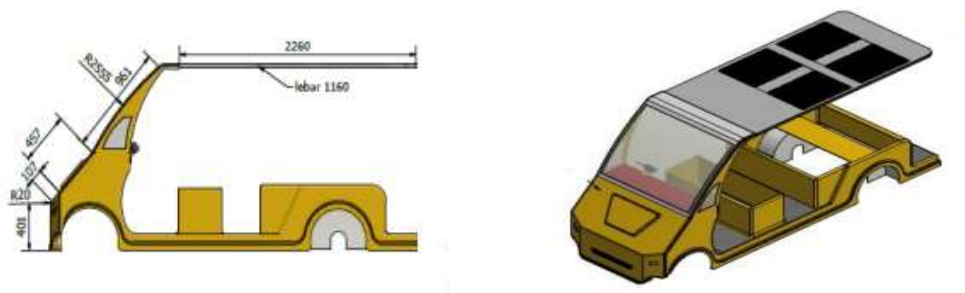
1. Mengetahui fenomena aliran fluida secara fisis dari analisis aerodinamika pada bodi mobil Hemat Energi untuk Area *Green Campus*
2. Memberikan sumbangsih nyata pada optimalisasi bodi kendaraan yang nantinya bisa digunakan sebagai rujukan pengembangan ilmu pengetahuan dan Teknologi
3. Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk teknologi otomotif.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Gunawan Rudi Cahyono, dkk (2019), meneliti tentang Analisis Nilai Koefisien *Drag* Pada Model Mobil Listrik Wasaka, tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat aerodinamis pada desain model mobil listrik wasaka yang proporsional dengan tetap melibatkan penempatan panel surya pada bodi mobil, dengan memanfaatkan simulator pada software aplikasi. Parameter desain yang digunakan yaitu bentuk bagian depan dan atap serta dimensi pada bagian atap mobil. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa model mobil wasaka dengan lengkung pada bagian depan dan bentuk atap datar dan paling panjang mempunyai sifat aerodinamis yang lebih baik dari model lainnya dengan nilai koefisien *drag* dan gaya *drag* terendah serta daya panel surya terbesar seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1 : Mobil Listrik Wasaka
(Sumber : Gunawan Rudi Cahyono,dkk, 2019)

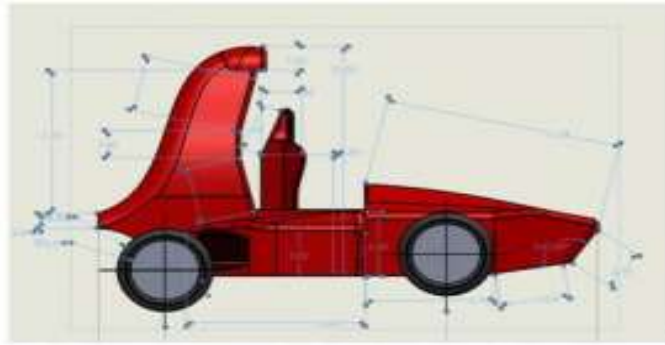
Pengujian analisis aerodinamis mobil listrik menggunakan *Software Autodesk Flow Design*. Pengujian koefisien gesek atau C_d 0.57. Dengan nilai rata-

rata untuk koefisien *drag* sebesar 0.57. Gaya drag dari kecepatan di atas atau mengkonversi koefisien *drag* sebesar 0.443 N. Sedangkan untuk perbandingan antara *Velocity* (m/s) dengan tekanan (Pa), didapatkan nilai tertinggi *Velocity* sebesar 10.818 m/s, dan nilai tertinggi dari tekanan (Pa) adalah 38.750 Pa.

Adapun nilai terendah dari *Velocity* (m/s) adalah 0, karena pengujian windtunnel berada pada posisi diam atau 0, sedangkan *Preassure* terendah atau tekanan adalah -50.055 Pa.

Yudi Prihadnyana, dkk (2017), meneliti tentang Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5, tujuan penelitian ini untuk mengetahui aliran fluida dan nilai koefisien *drag* pada mobil listrik Gaski, desain standar dan modifikasi. Setelah proses analisis dilakukan, didapatkan hasil *velocity* udara maksimum desain standar sebesar 17,4324 m/s sedangkan desain modifikasi sebesar 17,7321 m/s dan *pressure* maksimum yang terjadi pada mobil listrik Gaski desain standar sebesar 83,2143 Pa, dan minimum sebesar - 189,879 Pa.

Sedangkan *pressure* maksimum yang terjadi pada mobil listrik Gaski desain modifikasi sebesar 83,2143 Pa. dan minimum *pressure* diperoleh -182,128 Pa. nilai koefisien *drag* dari mobil listrik Gaski desain standar sebesar 0,00474 sedangkan pada desain modifikasi sebesar 0,00407. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa setelah dilakukan modifikasi pada bodi mobil listrik Gaski terdapat beberapa perubahan diantaranya terjadi peningkatan kecepatan laju aliran udara atau *velocity* udara meningkat 1,72 % sedangkan tekanan yang diterima oleh bodi setelah dimodifikasi menurun 1,39 % dan Nilai koefisien *drag* pada mobil listrik Gaski dapat diturunkan 14,14 % setelah dimodifikasi.

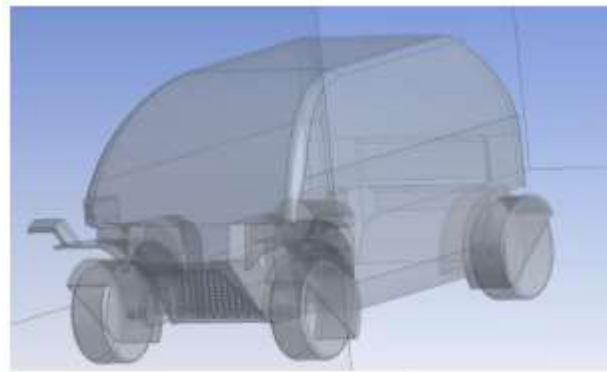


Gambar 2.2 : Mobil Listrik Gaski
(Sumber : Yudi Prihadnyana,2019)

Dari hasil analisis, didapat nilai koefisien *drag* dari mobil Listrik Ganesha Sakti (Gaski) didesain standar 0,00474.

Akhmad Riszal, dkk (2021) meneliti tentang Analisis *Drag Force* dan aliran fluida pada Desain Mobil Listrik *Green Campus* UNILA berdasarkan Kecepatan, tujuan penelitian ini untuk menganalisis *drag force* dan fenomena aliran fluida yang melewati bodi kendaraan dalam kajian aerodinamika terutama fenomena sparasi aliran dan terjadinya *wake*. Kecepatan yang akan disimulasikan pada kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h.

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research dan Development* (R&D) dengan Komputasi numerik di Lab Teknik Mesin UNILA. Penelitian ini menggunakan *Software Ansys Workbench 2020 R1* dengan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) Solver. kemudian metode yang digunakan dalam simulasi numerik ini menggunakan metode turbulen *k-epsilon realizable standard wall function*. Penelitian ini menunjukkan terjadinya kenaikan *drag* pada setiap variasi kecepatan, hal ini dikarenakan banyaknya sparasi aliran dan adanya *wake* yang mempengaruhi *drag force*.



Gambar 2.3 : Desain Mobil Listrik *Green Campus UNILA*
(Sumber : Akhmad Riszal, 2021)

Hasil simulasi berdasarkan pada gambar 4 kecepatan kendaraan yaitu pada kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Dapat dilihat berdasarkan pada nilai koefisien *drag* (cd) pada masing-masing kecepatan kendaraan. Terlihat pada gambar di bawah

menunjukkan semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka nilai cd maka semakin tinggi.

Terlihat pada kecepatan 10 km/s nilai cd 0,0045, pada kecepatan 20 km/s nilai cd 0,0054, kecepatan 30 km/s nilai cd 0,0115, kecepatan 40 km/s nilai cd 1,4562, kecepatan 50 km/s nilai cd 2,1335, kecepatan 60 km/s nilai cd 3,3381.

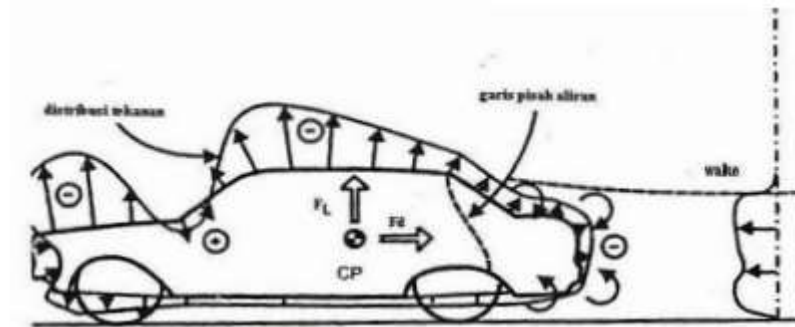
2.2 Gaya Aerodinamika

Merupakan gaya-gaya yang diterima oleh satu bodi akibat fluida yang mengalir. Dengan adanya fluida yang mengalir maka mendapat gaya tekan dan geser. Akibatnya gaya-gaya tersebut membentuk resultan gaya yang disebut gaya aerodinamika. Untuk resultan yang searah dengan aliran disebut gaya *drag*, sedangkan gaya yang tegak lurus aliran adalah gaya *lift*.

2.2.1 Gaya Drag (Gaya Hambat)

Gaya hambat (*drag*) adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (pararel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan.

Besarnya gaya hambat (*drag*) untuk setiap bentuk kendaraan berbeda satu dengan yang lainnya, dan ini tergantung pada faktor koefisien *drag* atau CD. selain itu juga dipengaruhi oleh luasan frontal dari kendaraan, dan tekanan dinamik. Lebih jelasnya perhatikan gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 : Hambatan bentuk pada kendaraan
(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

Adapun perumusan gaya hambat (*drag*) pada kendaraan adalah sebagai berikut:

$$F_D = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (2.1)$$

Dimana: A =Luas frontal

ρ =Densitas udara

V =Kecepatan kendaraan relative terhadap udara

Hubungan antara koefisien *drag* (CD) dan luas frontal kendaraan (A) disebut dengan faktor bentuk atau *shape factor*. Pertimbangan untuk sebuah bodi dua dimensi di dalam suatu aliran, seperti pada gambar 2.8. *Control volume* digambarkan di sekeliling bodi yang ditunjukkan dengan garis putus-putus. *Control volume* dibatasi oleh:

- a) Upper dan lower streamline yang letaknya jauh di atas dan di bawah bodi (ab dan hi secara berturut-turut)
- b) Garis yang tegak lurus terhadap kecepatan aliran yang letaknya jauh di muka (di depan) dan di belakang bodi (ai dan bh secara berturut-turut)
- c) Potongan yang mengelilingi dan membungkus permukaan bodi.

Gaya aerodinamik drag selain bergantung pada koefisien *drag* dan hubungannya seperti rumusnya di atas, itu masih juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti sifat turbulensi aliran dan bilangan reynold. Ketergantungan pada bilangan reynold ini mempunyai arti bahwa koefisien drag bervariasi sesuai dengan kecepatan. Tetapi pengaruh ini menjadi tidak signifikan apabila kecepatan kendaraan telah melewati kecepatan normal *Cruising*. Hanya dalam pengujian model kendaraan yang dilakukan di terowongan angin atau *Wind Tunnel*, faktor bilangan reynold menjadi sangat penting.

Gaya hambat atau *drag force* yang terjadi pada kendaraan menurut **Barnard (1996)** sumbernya berasal dari *Surface Friction Drag*, *pressure* atau *form drag*, *Trailing Vortex Drag*, *extrencencedrag*, *drag* karena roda, dan *drag* karena sistem pendingin. Namun pada analisa gaya *drag* sudut pandang 2 dimensi *drag* karena roda, dan *drag* karena sistem pendingin diabaikan. Hal ini diakibatkan bentuk model uji yang minim dan tidak adanya peralatan tersebut.

a) *Surface Friction Drag*

Pengaruh *Surface Friction Drag* terhadap koefisien *drag* relatif kecil. Menurut **Barnard (1996)** yang mengutip dari hasil penelitian

Carr (1983) bahwa besarnya sekitar 0,04 dari harga CD keseluruhan untuk profil yang halus, dan sekitar 0,11 untuk profil yang kasar.

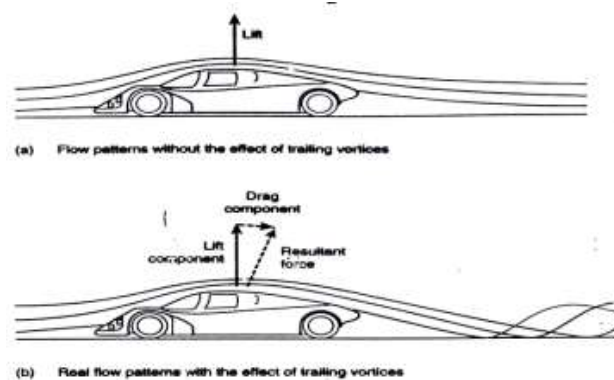
b) *Pressure atau Form Drag*

Aerodinamik *drag* pada kendaraan sebagian besar disebabkan oleh perbedaan tekanan yang terjadi antara permukaan bagian belakang yang rata-rata lebih rendah dari permukaan bagian depan. Distribusi tekanan yang terjadi disekeliling kendaraan dipengaruhi oleh interaksi beberapa faktor, yang terutama adalah lapisan batas atau *Boundary Layer*.

c) *Trailing Vortex Drag*

Aliran yang mengalir pada suatu kendaraan sebenarnya adalah tiga dimensi. Konsekuensinya terjadi tekanan yang rendah pada permukaan bagian atas dibandingkan dengan bagian bawah. Akibatnya timbul gaya angkat atau *lift force*. Selain itu udara cenderung mengalir dari sisi bawah yang bertekanan tinggi ke bagian atas yang bertekanan rendah, sehingga timbul *vortices* pada daerah *wake*. *Vortices* ini disebut dengan *trailing vortices*.

Terbentuknya *trailing vortices* menghabiskan momentum aliran yang cukup besar sehingga ini juga merupakan sumber dari *drag*. Gambar 2.4 di bawah ini menunjukkan bentuk aliran udara yang melewati bodi mobil dengan *Ground Effect* yang terjadi untuk aliran dua dimensi dan aliran tiga dimensi.



Gambar 2.5 : Bentuk *trailing vortice* pada aliran bodi mobil
(Sumber : Togar Daniel Hasugian (2018))

Dari gambar 2.5 di atas tampak pada aliran tiga dimensi *vortice* menarik udara di belakang kendaraan sehingga menciptakan tekanan yang rendah disana dan akibatnya aliran tertarik ke bawah. Karena udara berpusar dengan kecepatan yang tinggi, maka sesuai dengan persamaan *Bernoulli* tekanan pada *vortex* rendah. Dengan berkurangnya tekanan pada bagian belakang kendaraan maka akan memperbesar beda tekanan yang terjadi antara di depan dan belakang kendaraan yang akhirnya akan menaikkan *drag*.

Pada proses terjadinya pusaran atau *vortice* ini banyak energi yang terpakai, sehingga hal ini juga merupakan sumber *drag*.

d) *Extrencence drag*

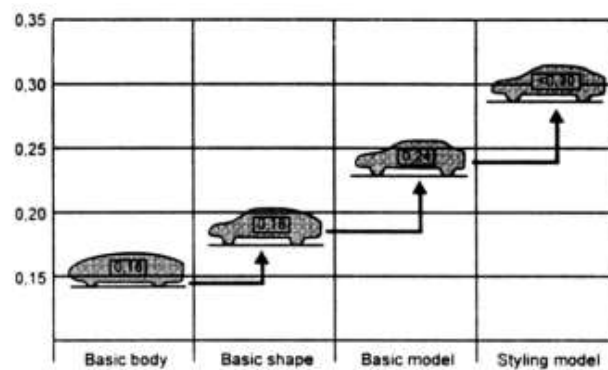
Banyaknya bagian yang menonjol yang terdapat pada permukaan kendaraan sehingga membentuk celah, seperti kaca spion, dapat menyebabkan terjadinya separasi lokal yang akhirnya juga menimbulkan aliran *vortice*. Akibatnya dapat menghasilkan *drag*.

Selain itu *drag* dapat juga terjadi karena bagian yang menonjol tersebut dapat mempengaruhi transisi dari lapisan batas, sehingga timbulnya separasi pada aliran utama.

2.2.2 Gaya Angkat (*Gaya Lift*)

Perbedaan bentuk antara permukaan atas dan bagian bawah kendaraan menyebabkan aliran udara pada permukaan atas lebih cepat daripada aliran udara pada permukaan bawah, sehingga tekanan pada permukaan atas kendaraan lebih rendah daripada tekanan permukaan bawah.

Faktor lain adalah kekasaran bagian permukaan bawah kendaraan yang disebabkan oleh profil mesin dan komponen lain yang memperlambat aliran di bawah sehingga memperbesar tekanan aliran permukaan bawah. Karena itu tekanan yang bekerja pada bagian bawah kendaraan secara umum lebih besar dari tekanan yang bekerja pada bagian atas kendaraan sehingga menimbulkan terbentuknya gaya angkat karena adanya desakan aliran udara dari permukaan bawah ke permukaan atas kendaraan, seperti yang dijelaskan pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Distribusi koefisien gaya angkat (*lift force*)

(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

Gaya ini bekerja dalam arah vertikal dan biasanya arah ke atas ditandai sebagai arah positif dan ke bawah sebagai arah negatif. Gaya *lift* secara total dapat dirumuskan sebagai berikut:

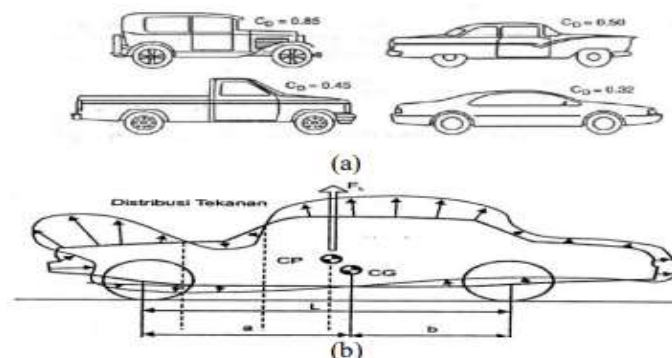
$$F_L = \frac{1}{2} C_L \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (2.2)$$

Dimana: C_L = koefisien gaya angkat.

2.3 Pengaruh Bentuk Bodi

Banyak problema di dalam bidang aerodinamika yang tidak bisa diselesaikan hanya dengan perhitungan analitis dan matematis saja tetapi harus menggunakan berbagai macam eksperimen untuk membantu memecahkan permasalahan dan menunjang teori dasar yang telah ada. Dari hasil eksperimen dapat diambil suatu kesimpulan yang nantinya berguna untuk memecahkan problema aerodinamika.

Pada gambar 2.7 dasarnya proses perancangan bentuk bodi kendaraan dapat dibagi dalam 5 tahap yaitu *basic body*, *basic shape*, *basic model*, *styling model*, dan tahap akhir yaitu *Production Car*.

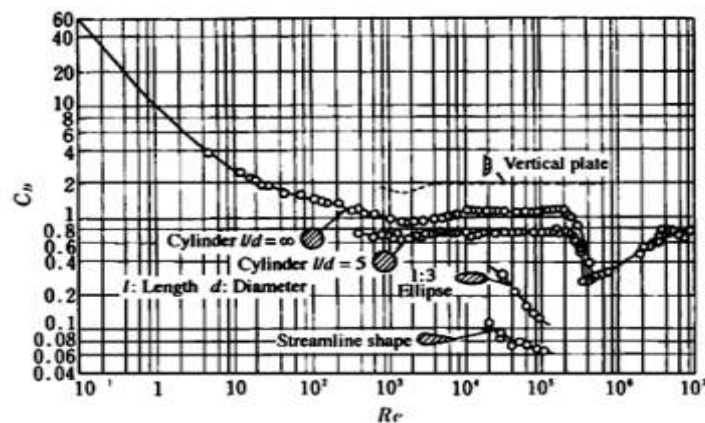


Gambar 2.7 : Tahap perencanaan dan Percobaan bodi kendaraan
(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

Analisa yang dilakukan oleh berbagai ahli aerodinamika terhadap bentuk bodi kendaraan dilakukan dengan melakukan riset pengujian terhadap berbagai macam komponen bodi kendaraan dan pengaruhnya terhadap beban angin.

2.3.1 Koefisien Hambat berbagai Bentuk Kendaraan

Dari tahun ke tahun model kendaraan mengarah pada penurunan koefisien hambat aerodinamika (CD) dan tentunya juga tidak mengurangi keindahan dari kendaraan. *Koefisien drag* dari silinder dan berbagai macam bentuk dasar lainnya dapat dilihat dari grafik gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8 Koefisien drag untuk silinder dan bentuk dasar lainnya

(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

2.4 Perpindahan Panas

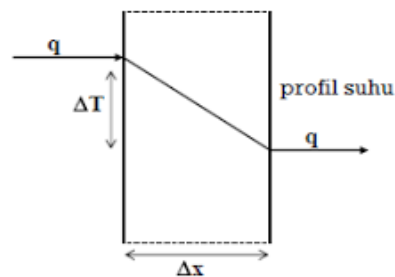
Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lain sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida yang memiliki temperatur yang lebih rendah. Perpindahan panas umumnya dibedakan menjadi tiga yaitu perpindahan: konduksi, konveksi, radiasi (Frank Kreith dan Arko

Prijono, M.sc,1997). Pada perancangan alat ini hanya terjadi perpindahan panas secara konduksi dan konveksi.

2.4.1 Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah mekanisme perpindahan energi tanpa disertai dengan perpindahan molekul. Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada suatu objek yang memiliki perbedaan temperatur maka kontak fisik diantara ke dua objek (Dr.Abrar Ismardi M.Sc, dan Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng ,2017).

(Design Of Cooler For Electronic Device On Green House). Pada Gambar 2.9 laju konduksi yang melalui medium dipengaruhi oleh ketebalan dan bahan medium, serta perbedaan temperatur antar dua sisi medium.



Gambar 2.9 : Konduksi pada bidang datar ketebalan Δx dan luas A
(Sumber : Dicky Ibnunizar Nasution, 2019)

Dasar dari perpindahan panas secara konduksi adalah hukum Fourier. Hukum ini menyatakan bahwa perpindahan panas berbanding lurus dengan gradien temperatur, luas permukaan, dan jenis bahan. Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Dr.Abrar Ismardi M.Sc, Tri Ayodha

Ajiwiguna,S.T.,M.Eng,2017,Design Of Cooler For Electonic Device On Green House).

$$q_{kond} = \frac{-kAdT}{dx} \quad (2.3)$$

Tabel 2.1. Konduktifitas Termal dari Beberapa Material pada Temperatur

Material	konduktifitas termal, W.m/K
Copper	401
Silver	429
Gold	317
Alumunium	237
Steel	60,5
Limestone	2,15
Bakelite	1,4
Water	0,613
Air	0,0263

(Sumber : Dicky Ibnunizar Nasution, 2019)

2.4.2 Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan kalor yang terjadi akibat adanya pergerakan molekul pada suatu zat, hal tersebut yang mengakibatkan perpindahan panas secara konveksi. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas (Dr.Abrar Ismardi M.Sc,Tri Ayodha Ajiwiguna,S.T.,M.Eng,2017, Design Of Cooler For Electonic Device On Green House).

Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi secara alami dan buatan. Konveksi alami yaitu dimana perpindahan panas yang dipengaruhi oleh fluida yang terjadi tanpa adanya paksaan atau faktor kesengajaan hanya dipengaruhi dari perbedaan temperatur antara permukaan benda dengan fluida pada permukaan benda. Sedangkan konveksi paksa merupakan peristiwa konveksi dengan mengalirkan fluida secara sengaja di sekitar permukaan benda. Perhitungan laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan Hukum Pendinginan Newton.

$$Q_{konv} = h \cdot A_s (T_s - T_{\infty}) \text{ (Watt)} \quad (2.4)$$

Pada penelitian ini yang terjadi adalah konveksi secara alami sehingga koefisien perpindahan panas dipengaruhi oleh beberapa parameter bilangan tak berdimensi seperti bilangan *Grashof*, bilangan *Prandtl*, bilangan *Rayleigh*, dan bilangan *Nusselt*. Bilangan *grashof* merupakan pendekatan rasio antara gaya apung dengan gaya viskos yang bekerja pada fluida. Bilangan *grashof* merupakan bilangan yang bertujuan untuk menentukan tipe aliran fluida pada konveksi alami bilangan tersebut dapat didefinisikan pada persamaan 3.

Bilangan *Prandtl* merupakan rasio antara difusitas momentum dengan difusitas thermal dari fluida dinyatakan dengan persamaan 4. Bilangan *Rayleigh* menunjukkan besar gaya apung dan gaya viskositas pada konveksi alami dapat dihitung dengan perkalian antara bilangan *grashof* dan bilangan *prandtl* pada persamaan 5. Bilangan *Nusselt* adalah bilangan tak berdimensi yang merupakan rasio perpindahan panas antara konveksi dan konduksi dapat dinyatakan dengan persamaan 6.

$$GrL = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)Lc^3}{\nu^2} \quad (2.5)$$

$$Pr = \frac{\text{difusivitas momentum}}{\text{difusitasermal}} = \frac{\nu}{\alpha} \quad (2.6)$$

$$RaL = GrLPr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)3P}{\nu^2} \quad (2.7)$$

$$Nu = hLc = \frac{(GrL Pr) = CRan}{Lk} \quad (2.8)$$

Tabel 2.2. Nilai dari koefisien perpindahan panas kalor secara konveksi

Proses	h (W/m ² .K)
Konveksi Natural	
Gas	2-25
Liquid	50-1.000
\Konveksi Paksa	
Gas	25-250
Liquid	5—20.000
Konveksi dengan perubahan fasa	
Kondensasi dan Boiling	2.500-100.000

(Sumber : Dicky Ibnunizar Nasution, 2019)

2.4.3 Radiasi

Radiasi merupakan proses perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinar/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Dasar dari proses radiasi adalah hukum Stefan-Boltzman

$$qr = \varepsilon\sigma\Delta T^4 \quad (2.9)$$

ε merupakan emisivitas yang merupakan sifat dari permukaan, apabila permukaan tersebut *black body* maka nilai emisivitasnya adalah 1. σ adalah konstanta Boltzman yang memiliki nilai $5,67 \times 10^{-8}$. Sedangkan T merupakan *temperature absolute* dari permukaan.

2.4.4 *Heat Exchanger*

Heat exchanger adalah sebuah perangkat yang memfasilitasi perpindahan kalor antara dua buah medium lainnya yang tercampur pada suhu yang berbeda. Berbagai jenis keperluan kalor dibutuhkan pada aplikasi-aplikasi tertentu. Nilai laju kalor aktual pada *heat exchanger* dapat didapat dari nilai temperatur fluida yang masuk dan keluar pada *heat exchanger* yang diukur secara langsung. Pada keluaran fluida panas dengan menggunakan persamaan 7 dan pada keluaran fluida dingin menggunakan persamaan 8.

$$Q = Ch (Th, in - Th, out) \quad (2.10)$$

$$Q = Cc (Tc, out - Tc, in) \quad (2.11)$$

2.5 **Mekanika Fluida**

Mekanika Fluida adalah cabang ilmu yang mempelajari mengenai zat fluida bergerak atau diam serta gaya akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Sedangkan fluida sendiri merupakan zat yang akan mengalami deformasi secara terus menerus jika diberikan tegangan geser (tangensial) tidak peduli seberapa kecil tegangan geser tersebut. Batas tersebut dapat berupa permukaan padat atau fluida lainnya.

Pembahasan tentang fluida yang bergerak yaitu dengan mengembangkan persamaan-persamaan dasar untuk pengetrapan teori analisis berdasarkan volume atur. Analisis didasarkan pada volume atur, karena: Pertama, fluida sebagai media dapat mengalami distorsi dan deformasi secara terus menerus dan oleh karenanya sangat sulit sekali untuk mengidentifikasi suatu massa yang sama di setiap saat. Kedua, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara

menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu. Ketiga, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu.

Fluida memiliki sifat mengikuti perubahan bentuk wadah serta kemampuannya untuk mengalir menuju suatu tempat. Sifat ini dikarenakan salah satu dari sifat ketidakmampuan fluida melawan tegangan geser (*Shear Stress*), yang terjadi khususnya dalam kondisi *Static Equilibrium*. Berdasarkan pergerakan partikelnya, aliran fluida dibedakan menjadi aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar merupakan aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisanlapisan (lamina-lamina) yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain.

Aliran Turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal itu maka garis alir antar partikel fluidanya akan saling berpotongan. Untuk menentukan aliran fluida tersebut aliran laminar ataupun aliran turbulen dapat dilihat dari nilai bilangan reynold-nya, pada externalflow (aliran tersebut melewati suatu 8 contour body yang berada pada aliran fluida tanpa batas), pada aliran laminar bilangan reynold – nya $\leq 5 \times 10^5$, dan pada aliran turbulen bilangan reynold – nya $> 5 \times 10^5$.

Kemudian aliran fluida diklasifikasikan berdasarkan perubahan terhadap waktu yaitu aliran tunak (*Steady Flow*) dan aliran tak tunak (*Unsteady Flow*).

Aliran tunak (*Steady Flow*) terjadi jika kondisi fluida pada titik manapun tidak terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu dengan jangka waktu yang tidak terbatas dan dapat dinotasikan dengan $\partial v / \partial t = 0$, apabila pada kondisi kecepatan aliran berubah terhadap waktu $\partial v / \partial t \neq 0$, maka aliran tersebut digolongkan menjadi aliran tak tunak (*Unsteady Flow*).

Udara adalah suatu zat yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas tergantung pada tekanan (p) dan Temperatur (T). Pada umumnya kendaraan di jalan melaju dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran fluida berupa udara yang mengalir di sekeliling kendaraan dapat dikategorikan sebagai aliran fluida *Incompressible*.

2.6 Sifat-sifat Fluida (udara)

Udara adalah fluida yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas (ρ) didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Properti ini tergantung pada tekanan (p) dan temperatur (T). Kendaraan di jalan pada umumnya berjalan dengan kecepatan dibawah sepertiga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga freestream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran udara yang mengalir di sekeliling kendaraan dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible. Untuk kondisi standar, $p = 1$ atm dan $T = 288$ K, harga densitas atau $\rho = 1,2250$ kg/m³.

Properti lainnya dari udara adalah viskositas. Properti ini disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena gradient kecepatan. Untuk fluida incompressible, properti ini bergantung pada temperatur. Pada kondisi standar viskositas $\mu = 1,7894 \times 10^{-5}$ Ns/m² dan $\nu = 1,4607 \times 10^{-5}$ m² /s. Viskositas yang dimiliki fluida ini menyebabkan terjadinya *friction drag* sehingga timbul gradien kecepatan pada dinding.

2.6.1 Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran ketahanan fluida terhadap deformasi, sedangkan viskositas sendiri disebabkan oleh gesekan molekuler antara partikel-partikel fluida. Gesekan ini berhubungan dengan fluks momentum karena *gradient* kecepatan. Untuk fluida *incompressible*, properti ini bergantung pada temperatur. Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk yaitu:

a) Viskositas Dinamis (μ)

Viskositas dinamis merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya viskositas air bervariasi dan dipengaruhi temperatur. Pada kondisi standar (temperatur kamar 26,5oC) besar viskositas dinamik adalah

$$\mu(\text{air}) = 8,6 \times 10^{-4} \text{ Ns/m}^2 \text{ dan } \mu(\text{udara}) = 1,7894 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2.$$

b) Viskositas Kinematik (ν)

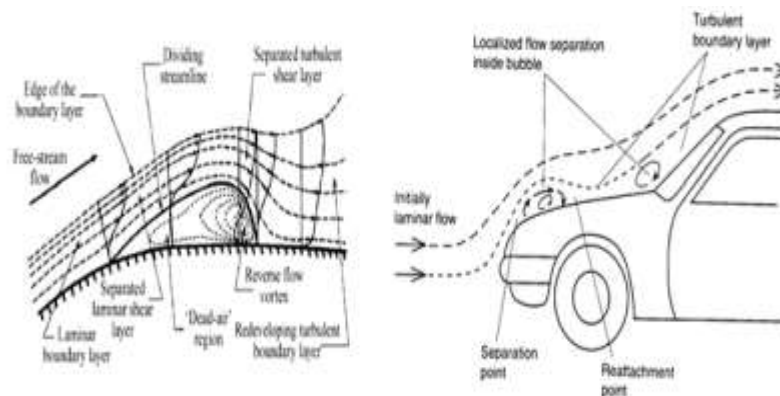
Merupakan perbandingan viskositas dinamik (μ) terhadap kerapatan (ρ):

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.12)$$

Viskositas kinematik muncul dalam banyak terapan, misalnya dalam bilangan Reynold yang tanpa dimensi. Untuk udara pada temperatur 26,5°C ialah $8,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ dan udara $1,4607 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

2.6.2 Separasi Bubble

Separasi *bubble* adalah separasi yang dilanjutkan dengan penyentuhan kembali fluida yang telah terseparasi ke *Solid Body*. Seperti terlihat pada gambar 2.10 dibawah, Separasi *Bubble* dimulai dengan terpisahnya *Boundary Layer* laminar dari dinding. Tepi *Boundary Layer* terangkat dan *Shear Layer* laminar yang terseparasi akan berinteraksi dengan *Free Stream*. Aliran mendapat injeksi energi dari *Free Stream* yang kemudian memaksa *Shear Layer* untuk *Attach* kembali ke *Solid Body*.

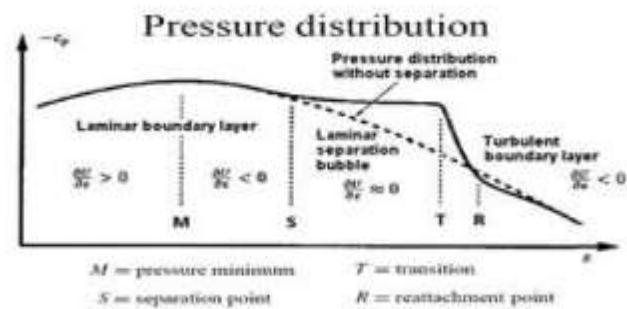


Gambar 2.10 Deskripsi skematik separasi bubble dan transisi lapisan batas.

(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

Daerah di bawah *Shear Layer* laminar, yang merupakan *Downstream* dari titik separasi (dimulai dari titik dimana *Dividing Streamline* meninggalkan dinding), adalah daerah tertutup berisi *Recirculating Flow* dengan kecepatan

lambat. Sedangkan fluida yang di dekat dinding seolah-olah diam sehingga disebut *Dead-Air Region*. Selain itu nilai *Wall Pressure* dalam daerah aliran yang terseparasi adalah konstan kecuali daerah belakang *Bubble* dimana terjadi osilasi tekanan yang kuat. Hal ini dikarenakan pusat *Recirculating Flow* berada dekat bagian belakang *Bubble*.



Gambar 2.11 Distribusi tekanan pada separasi *Bubble*

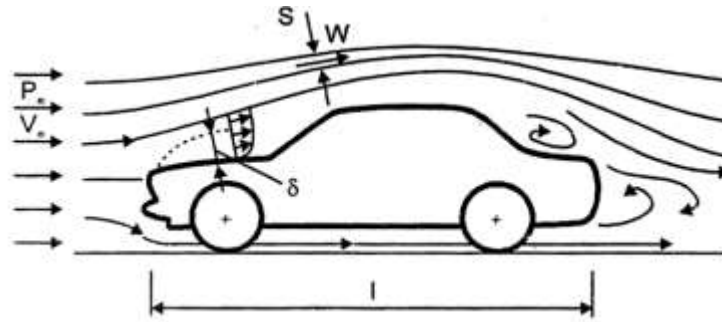
(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

Dari distribusi tekanan pada gambar 2.11 di atas, tampak bahwa tekanan statis cenderung bernilai konstan selama *Downstream* dari titik separasi. Hal ini dikarenakan kecepatan partikel fluida di daerah *Separated flow* sangat lambat. Tekanan kembali meningkat setelah separasi *bubble*.

2.7 Prinsip Dasar Aliran Angin pada Kendaraan

Secara umum fenomena aliran pada kendaraan dapat dikategorikan dalam 2 aliran yaitu aliran *External* dan aliran *Internal*. Aliran *External* adalah aliran udara yang terletak di sekitar kendaraan dan aliran udara yang masuk ke dalam bagian mesin. Aliran *Internal* adalah aliran yang terletak dalam bagian permesinan misalnya proses aliran fluida di dalam mesin dan sistem Transmisi kendaraan.

Pola aliran di sekitar bodi kendaraan dapat dilihat pada gambar 2.12. Pada gambar ini menggambarkan terjadinya gaya dan momen aerodinamis pada kendaraan yang nantinya juga akan berpengaruh terhadap gaya hambat (*Drag*) dari kendaraan.



Gambar 2.12 : Pola aliran udara 2D pada kendaraan.

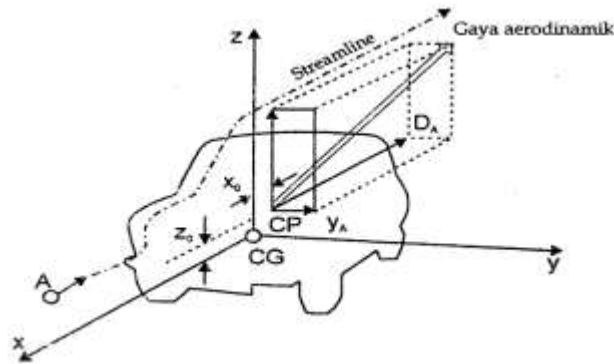
(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

2.7.1 Pola Aliran di Sekitar Kendaraan

Kendaraan bermotor yang sedang berjalan mempunyai dua bidang kontak yaitu terhadap udara dan terhadap jalan atau tanah. Kendaraan yang berjalan akan bergerak relatif terhadap jalan atau tanah. Apabila udara diam yaitu pada keadaan tidak ada angin maka kendaraan akan memiliki kecepatan relatif yang sama terhadap jalan atau tanah dan juga terhadap udara. Sedangkan jika ada aliran udara relatif terhadap tanah yaitu ada angin yang berhembus, maka kendaraan akan memiliki perbedaan kecepatan relatif terhadap jalan atau tanah dan terhadap udara.

Di dalam pendekatan terhadap aerodinamika kendaraan, diasumsikan tidak ada angin yang berhembus (atmosfir sebagai kesatuan tanah) dan kecepatan kendaraan dapat dianggap konstan. Pada dasarnya semua fenomena aerodinamis

yang terjadi pada kendaraan disebabkan adanya gerakan relatif dari udara di sepanjang bentuk bodi kendaraan.



Gambar 2.13 : Pola aliran udara disekitar kendaraan
(Sumber : Togar Daniel Hasugian (2018))

Pada gambar 2.13 diatas, dapat diketahui jika pada waktu itu tidak ada angin yang berhembus dan diasumsikan kecepatan mobil konstan, maka partikel udara berikutnya juga akan melewati titik A tersebut dan mengikuti alur lintasan yang sama. Dengan demikian dapat didefinisikan *Streamline* adalah garis-garis yang dibuat di dalam medan kecepatan sehingga setiap saat garis-garis tersebut akan searah dengan aliran disetiap titik didalam medan aliran tersebut.

Streamline pada tempat yang jauh dari kendaraan akan sejajar dan tidak terganggu. Sedangkan *Streamline* di sekitar kendaraan akan mempunyai pola aliran yang sangat kompleks dikarenakan bentuk kendaraan itu sendiri yang kompleks sehingga di sekeliling kendaraan akan terdapat daerah gangguan aliran udara. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa gerakan dari partikel yang terletak jauh dari kendaraan akan memiliki kecepatan relatif yang sama dengan kecepatan kendaraan. Sedangkan pada daerah gangguan di sekeliling kendaraan,

maka kecepatan relatif dari partikel sangat bervariasi, lebih besar atau lebih kecil dari kecepatan aktual kendaraan.

2.7.2 Pola Aliran di Permukaan Kendaraan

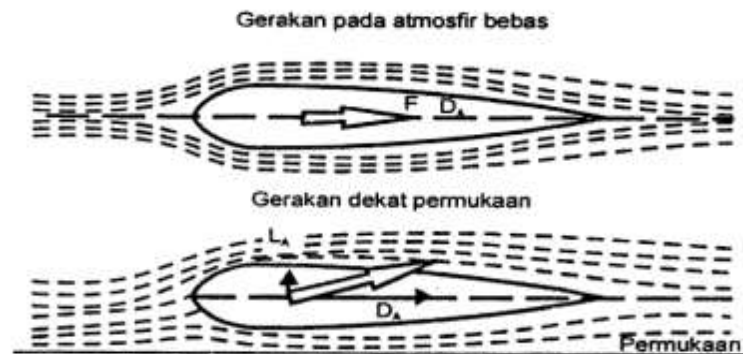
Pola aliran di permukaan kendaraan akan menyebabkan efek viskositas. Karena adanya efek viskositas dari udara maka akan menyebabkan timbulnya *Boundary layer* di sepanjang permukaan kendaraan sehingga timbul *gradient* kecepatan pada permukaan kendaraan. Adanya *gradient* kecepatan menyebabkan kecepatan aliran udara pada permukaan kendaraan sangat bervariasi tergantung dari bentuk dan jenis kendaraan tersebut. Dengan adanya *gradient* kecepatan maka akan timbul distribusi tekanan di sepanjang permukaan kendaraan.

Bagian depan kendaraan merupakan daerah tekanan positif. Hal ini disebabkan adanya efek tumbukan aliran udara pada bagian depan sehingga laju aliran lebih lambat dan mengakibatkan daerah tekanan positif. Pada posisi stagnasi (nilai $CP = 1$) yang merupakan daerah tekanan tertinggi dimana energi kinetik aliran udara diubah menjadi energi potensial, kecepatan aliran nol sehingga tekanannya tertinggi. Dari titik stagnasi, aliran udara akan mengalir kembali sehingga akan terjadi penurunan tekanan pada bodi permukaan kendaraan. Pada permukaan di bagian lekukan pada kap mesin kendaraan akan mengalami penurunan kecepatan aliran udara.

Pada pola aliran di permukaan kendaraan akan mengakibatkan efek separasi yang akan menaikkan tekanan pada kendaraan sehingga gaya hambat aerodinamis (*drag*) yang ditimbulkan akan lebih besar.

2.7.3 Pola Aliran di Bawah Kendaraan

Pola aliran udara di sekitar suatu profil yang bergerak pada atmosfer bebas berbeda dengan suatu profil yang bergerak dekat tanah (*ground*) seperti yang terjadi pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14 Pola aliran udara antara profil udara bebas dan permukaan
(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

Suatu profil yang bergerak pada atmosfer bebas akan mempunyai pola aliran udara yang simetris sehingga mempunyai distribusi tekanan yang simetris antara bagian atas dan bawah profil dan akibatnya tidak akan timbul gaya *Lift*. Pada profil yang bergerak dekat dengan tanah akan menimbulkan pola aliran yang tidak simetris dengan sumbu profil sehingga akan menimbulkan Gaya Aerodinamis.

Gaya aerodinamis bekerja miring terhadap sumbu kendaraan dan dapat timbul gaya *Drag* dan *Lift*. Sehingga dapat dikatakan tekanan yang dihasilkan pada bawah kendaraan lebih besar daripada permukaan atas kendaraan. Pada permukaan kendaraan yang bergerak dekat dengan tanah, permukaan atas mobil memiliki kelengkungan lebih besar daripada permukaan bawah, sebagai akibatnya

jarak yang ditempuh aliran udara pada permukaan atas lebih panjang daripada permukaan bawah kendaraan pada periode waktu yang sama.

Menurut hukum kontinuitas, semakin dekat suatu profil bergerak di atas tanah kecepatan aliran udara di antara profil dan tanah akan semakin tinggi karena adanya pengecilan luasan, sehingga tekanan yang dihasilkan akan semakin mengecil. Tetapi pada kondisi *real*, dimana aliran udara memiliki viskositas maka pada jarak *Ground Clearance* yang sangat kecil akan berbentuk *Boundary layer* pada tanah. *Boundary layer* tersebut akan mengadakan interaksi satu sama lain sehingga akan memperlambat kecepatan aliran tekanan yang dihasilkan semakin besar.

Pada kendaraan, kecepatan aliran udara pada bagian bawah juga dipengaruhi oleh suatu profil mesin bagian bawah dan kekasaran permukaan. Adanya berbagai tonjolan profil mesin pada bagian bawah akan menyebabkan separasi aliran sehingga kecepatan aliran rendah dan tekanan semakin besar.

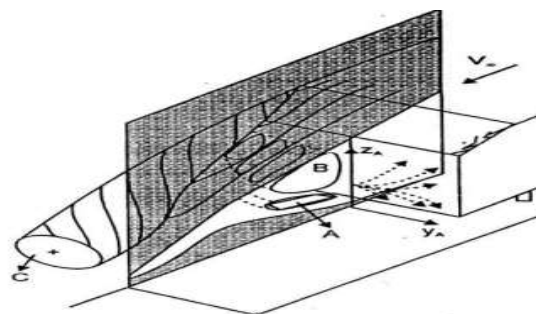
2.7.4 Pola Aliran di Samping Kendaraan

Kecepatan aliran udara di sepanjang bagian samping kendaraan rata-rata lebih cepat dibandingkan bagian bawah kendaraan. Hal ini menyebabkan adanya gerakan aliran udara dari bagian bawah kendaraan menuju bagian samping kendaraan dan pada kecepatan tinggi akan membentuk rotasi berbentuk pusaran atau *vortex*. Perpindahan aliran udara ini disebabkan perbedaan tekanan antara bagian bawah bodi dengan bagian samping bodi. *Vortex* ini terjadi di sepanjang bodi mobil (*Attached Vortex*) dan di bagian belakang mobil (*trailing vortex*). Terjadinya *vortex* ini sangat merugikan, karena akan menimbulkan tekanan

rendah. *Vortex* terbesar terjadi di bagian belakang bodi yang disebut *wake*, *vortex* ini menyebabkan tekanan rendah dan mengakibatkan perbedaan tekanan antara bagian depan bodi dengan bagian belakang bodi yang menyebabkan terjadinya gaya dorong ke belakang yang merugikan.

Tekanan terendah terjadi jika terjadi *Vortex* yang kecil seperti pada bubble separation tekanan yang dihasilkan sangat rendah, jauh lebih rendah daripada *massive Separation* yang terjadi di daerah *Wake*. Untuk menghindari adanya *Vortex* maka dibuatlah bodi yang *Streamline* dan tidak ada sudut belokan yang tajam untuk menghindari *Bubble Separation* maupun *Massive Separation*. Adanya perbedaan tekanan pada bagian pilar belakang yaitu antara bagian samping kendaraan dengan kemiringan kaca belakang akan menimbulkan *Vortex*.

Dengan demikian pada bagian belakang akan terjadi suatu pola aliran udara yang sangat kompleks dimana terjadi penyatuan *Attached Vortex* dan *Vortex Pilar* sehingga dibelakang kendaraan akan terbentuk aliran turbulen. Formasi *Trailing Vortex* pada bagian belakang kendaraan dapat dilihat pada gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15 Pola aliran udara di bagian belakang kendaraan
(Sumber : Togar Daniel Hasugian, 2018)

2.8 Daya Panel Surya

Panel surya di pasaran domestik memiliki kapasitas daya yang bervariasi. Sementara dimensinya berbanding lurus dengan kapasitas dayanya. Untuk daya 50 WP mempunyai rata-rata dimensi 775 x 680 x 28 mm dan 100 WP mempunyai rata-rata dimensi 1085 x 675 x 25mm. Mobil listrik memungkinkan menggunakan panel surya untuk keperluan charging batere. Pertimbangan dimensi dan daya charging menjadi hal yang rumit jika keinginan untuk memenuhi ideal arus charging, mengharuskan memasang panel surya dengan jumlah yang dapat saja mempengaruhi koefisien *drag*.

Untuk batere sumber mobil listrik dengan tegangan 48 Volt, akan digunakan 1 panel surya 50 WP – 12 Volt/2.8 Ah yang di hubung seri. Daya yang di berikan oleh panel surya adalah :

$$P = V \times I \quad P = 48 \text{ V} \times 2.8 \text{ Ah}$$

$$P = 134.4 \text{ Wh}$$

Dengan asumsi 6 jam efektif mendapat cahaya matahari, maka total daya per hari adalah :

$$P = 134.4 \times 6 \quad P = 806.4 \text{ Wh}$$

Efektif untuk kebutuhan charging dengan efisiensi 90% didapatkan daya sebesar :

$$P = 806.4 \text{ Wh} \times 90\% \quad P = 725.76 \text{ Wh.}$$

BAB 3

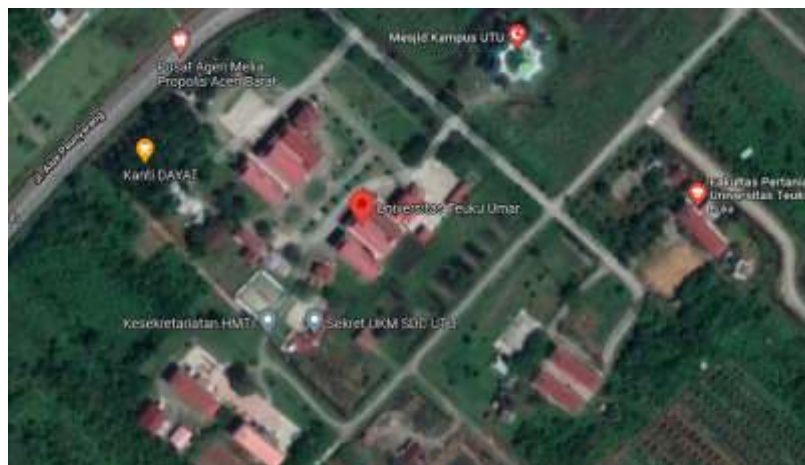
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CAD/CAE Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar.

3.1.1 Tempat

Adapun letak tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di kampus Universitas Teuku Umar seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 : Lokasi penelitian kampus Universitas Teuku Umar

Sumber : Google Maps 2021

3.1.2 Waktu

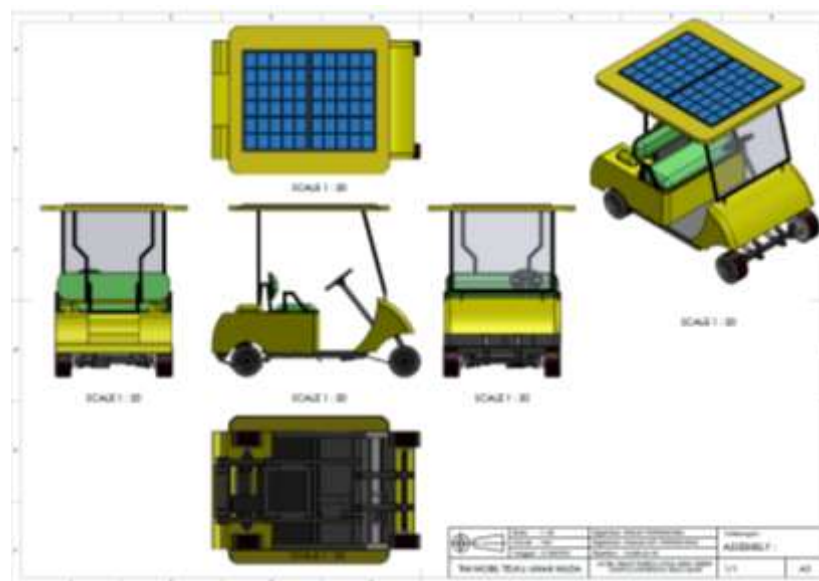
Waktu studi tugas sarjana dilakukan setelah mendapatkan persetujuan judul tugas sarjana dari dosen pembimbing, kemudian dilakukan Analisis pada Mobil Hemat Energi dan dilakukan pengujian dan pengambilan data.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

Aktivitas	Juli				Agustus				September				Oktober				November			
	Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Pustaka			■	■	■	■														
Perencanaan desain					■	■	■	■												
Simulasi									■	■	■	■								
Analisa Data													■	■	■	■				
Laporan Skripsi																	■	■	■	■

3.2 Perencanaan Desain

Gambar 3.2 dibawah ini adalah konsep perencanaan desain Mobil Hemat Energi dengan menggunakan tenaga surya dan Listrik.



Gambar 3.2 : Mobil Hemat Energi area *green campus*

(Sumber : Penelitian)

3.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, analisis Aerodinamika Mobil Listrik Hemat Energi Area *Green Campus* Universitas Teuku Umar menggunakan aplikasi *solid works* 2019 seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.3 : Desain Mobil Listrik Hemat Energi
(Sumber : Penelitian)

3.3.1 Tahapan Persiapan

1. Mempersiapkan peralatan yang diperlukan dalam kondisi baik
2. Penentuan spesifikasi mobil listrik hemat energi area *green campus* Universitas Teuku Umar dengan tepat
3. Mempersiapkan aplikasi *software* yang akan digunakan dengan kondisi baik
4. Mempersiapkan arus listrik cadangan (*power bank*) jika sewaktu-waktu dibutuhkan.

3.3.2 Tahapan Pengambilan Data

1. Menghidupkan komputer
2. Menjalankan aplikasi *solid works* 2019
3. Simulasi desain dengan *solid works* 2019
4. Simulasi pembebanan dengan *solid works* 2019
5. Simulasi chassis dengan *solid works* 2019

3.3.3 Tahapan akhir

Pastikan tahapan pengambilan sudah tersimpan dengan baik dan non aktifkan aplikasi *Solid Works* 2019 dan beberapa aplikasi yang berhubungan dengan proses penelitian ini.

3.4 Peralatan Penelitian

Dalam sebuah penelitian pastinya di butuhkan sebuah alat untuk mengambil data atau untuk menjalankan suatu penelitian, pada penelitian ini menggunakan sistem komputerisasi dengan spesifikasi computer Acer amd A8 seperti pada gambar 3.4 di bawah ini:



Gambar 3.4 Acer amd A8
(Sumber: *Buyitdirect*, 2021)

Adapun *software* yang digunakan adalah solid works 2019 yang memuat beberapa simulasi pembebanan *velocity* dan sebagainya.

3.4.1 Cara Software Bekerja

Perangkat lunak atau *software* adalah sekumpulan data elektronik yang tersimpan dan dikendalikan oleh perangkat komputer. Data elektronik tersebut meliputi instruksi atau program yang nantinya akan menjalankan perintah khusus. Perangkat lunak juga disebut sebagai bagian sistem dalam komputer yang tidak memiliki wujud fisik yang diinstal dalam sebuah komputer atau laptop agar bisa dioperasikan.

3.4.2 Fungsi Perangkat Lunak

1. Memproses data, perintah, atau instruksi khusus agar pengguna dapat mengoperasikan komputernya sesuai dengan hasil informasi yang diinginkan.
2. Sarana interaksi yang menghubungkan pengguna dengan perangkat kerasnya.
3. Mengidentifikasi suatu program yang ada di sebuah komputer.
4. Menyediakan fungsi dasar dari sebuah perangkat keras agar dapat dioperasikan. Seperti ketersediaan sistem operasi pada komputer.
5. Penerjemah suatu perintah software lainnya ke dalam bahasa mesin, agar dapat dimengerti oleh komputer.

3.5 Aerodinamis

Salah satu aspek dalam perancangan bodi kendaraan adalah aerodinamika. Ketika objek bergerak melalui udara, terdapat gaya yang dihasilkan oleh gerakan

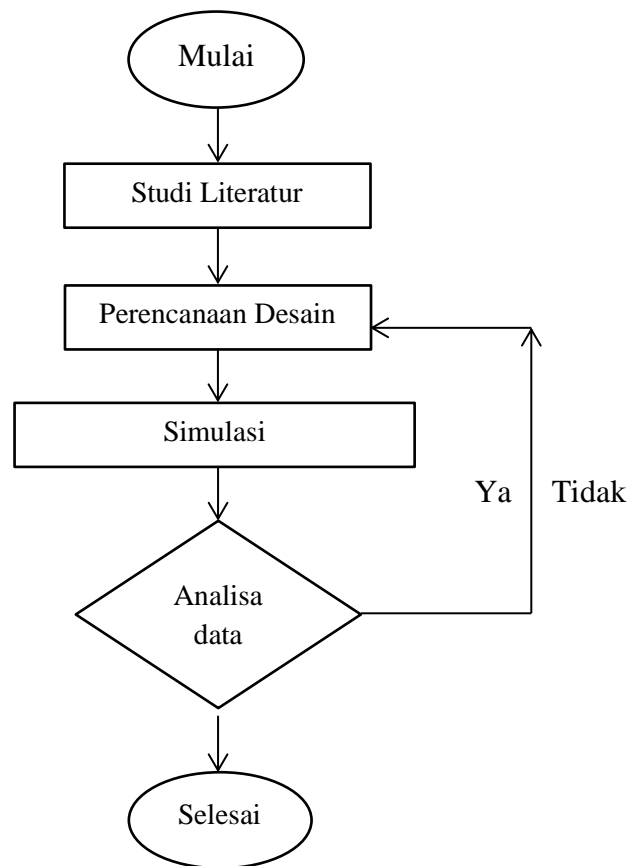
relatif antara udara dan permukaan bodi. Studi tentang gaya-gaya yang dihasilkan oleh udara disebut aerodinamika. Aerodinamika adalah cabang ilmu yang mempelajari sifat benda karena pengaruh aliran udara (angin).

Berdasarkan arus, lingkungan aerodinamis dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu Aerodinamis Eksternal dan Aerodinamis Internal. Aerodinamis eksternal adalah aliran di sekitar benda padat dengan berbagai bentuk, dimana aerodinamis internal adalah aliran melalui bagian dalam benda padat, misalnya aliran udara melalui mesin jet. Aerodinamis memiliki ruang lingkup aplikasi yang luas terutama di bidang teknik penerbangan, dalam perancangan mobil, prediksi gaya-gaya yang terjadi pada kapal, dibidang teknik sipil seperti dalam desain jembatan dan bangunan lainnya.

3.5.1 Gaya Hambat (*Drag Force*)

Drag force adalah gaya kebelakang, mendorong mundur dan disebabkan oleh gangguan aliran udara pada bodi kendaraan dan *Parallel* dengan arah angin. Definisi lainnya adalah *drag* merupakan Studi Aerodinamis, aliran udara yang ada di sekitar dan melalui kendaraan, terutama jika berada pada posisi bergerak. Dengan kata lain *drag* merupakan jumlah semua gaya eksternal dalam aliran fluida yang melawan arah gerak objek dan disebabkan oleh aliran udara Turbulen di sekitar benda yang melawan gerak maju objek melalui gas atau cairan.

3.6 Diagram Alir



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Mobil Listrik Hemat Energi Area *Green Campus* Universitas Teuku Umar

Pembuatan mobil listrik hemat energi memiliki ukuran dengan dimensi keseluruhan (P x L x T) : 1840 x 960 1700 mm.



Gambar 4.1 : Desain Mobil Hemat Energi Area *Green Campus*
(Sumber : Penelitian)

4.2 Propertis

4.2.1 Analisa Bahan

Mobil listrik menggunakan bahan chassis baja hollow 35 x 35mm, tebal 2mm, karena memilih bahan ini tidak berat dan mampu menahan cukup besar, diketahui bahwa beban yang terdapat pada mobil listrik sebesar 166kg dan untuk bodi menggunakan bahan fibircarbon karena mobil listrik membutuhkan bodi

yang lebih ringan, salah satu cara menghemat energy pada mobil listrik adalah mengefektifkan beban pada masing-masing. Beban yang ringan dapat mengurangi gaya hambat pada mobil. Ringan beban mobil, maka semakin sedikit energi yang digunakan.

4.2.2 Suhu



Gambar 4.2 : Temperatur Suhu

Sumber : BMKG

4.2.3 Densitas

Densitas (ρ) atau kerapatan suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut yang dinyatakan dalam massa persatuan volume pada atmosfer bumi. Properti ini bergantung pada tekanan (ρ) dan Temperatur (T). Densitas dinyatakan dalam tiga bentuk, yaitu:

a) Densitas Massa

Densitas massa merupakan perbandingan jumlah massa dengan jumlah volume. Densitas massa dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.1)$$

Dimana: m = massa (kg)
 V = volume (m³)
 ρ = massa jenis (kg/m³)

Harga standarnya pada tekanan $P = 1,01325 \times 10^5$ N/m² dengan temperatur 288,15 K sehingga densitas udara 1,225 kg/m³ dan untuk air adalah 1000 kg/m³.

b) Berat Spesifik

Didefinisikan sebagai gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (4.2)$$

Dimana: γ = berat spesifik (N/m³)

Untuk (γ udara = 12,07 N/m³) dan (γ air = 9,81 x 10³ N/m³).

c) Densitas Relatif (*Specific Gravity*)

Densitas relatif disebut juga *specific gravity* yaitu perbandingan antara berat spesifik suatu zat dengan berat spesifik air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi yang tepat.

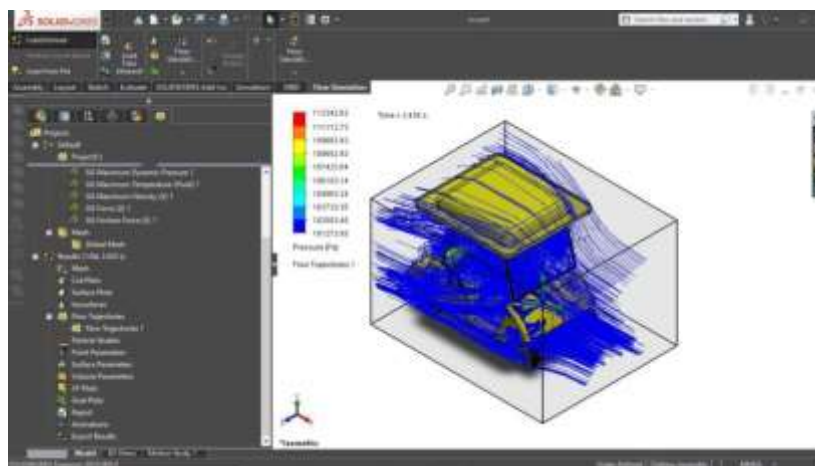
$$SG = \frac{\gamma_{zat}}{\gamma_{air}} \quad (4.3)$$

4.3 Hasil Aerodinamis

Penelitian aerodinamika dengan menggunakan Solid works 2019, *Fluent* ini kecepatan yang digunakan adalah: 30 km/jam. Dengan hasil dari koefisien *drag*, sedangkan perbandingan hasil dari koefisien *lift*.

Dari hasil simulasi koefisien *drag* dapat dilihat bahwa Mobil Hemat Energi *Area Green* Campus UTU lebih kecil koefisien *drag* nya yaitu dengan nilai rata-rata 0.06. Artinya hambatan udara pada Mobil Hemat Energi *Area Green* Campus UTU lebih kecil. Seiring bertambahnya kecepatan aliran udara untuk kendaraan Mobil Hemat Energi nilai koefisien rata-rata semakin meningkat.

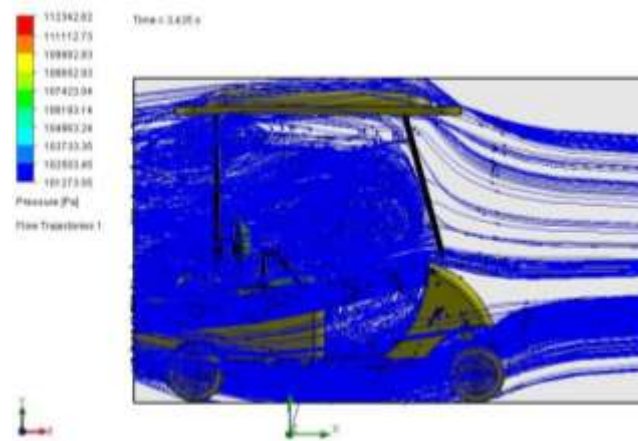
Dari hasil simulasi dapat juga dilihat aliran udara disekitar bodi kendaraan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini:



Gambar 4.3 Aliran udara disekitar bodi Mobil Hemat Energi
(Sumber: Penelitian)

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat warna aliran udara bagian depan berwarna biru yang berarti kecepatannya nol, berarti pada bagian depan bodi yang terjadi pada Mobil Hemat Energi terdapat *vortex*, hal ini mengakibatkan nilai koefisien *drag* meningkat.

Selanjutnya adalah aliran *streamline* disekitar bodi kendaraan yang ditunjukkan Gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4.4 *Streamline* bodi Mobil Listrik Hemat Energi
(Sumber : Penelitian)

Dari Gambar 4.4 yang menunjukkan *pressure* pada Mobil Listrik Hemat Energi dapat dilihat pada bagian roda depan dan belakang aliran *streamline* nya lebih terhambat. Pada bagian depan terlihat alirannya lebih *streamline*.

4.4 Beban Rencana

Salah satu cara menghemat energi pada kendaraan adalah mengefektifkan beban pada masing-masing bagian. Beban yang ringan dapat mengurangi gaya hambat pada mobil. Semakin ringan beban mobil, maka semakin sedikit energi yang digunakan.

1. Chassis set : 25,2 Kg
2. Engine set : 13,8 Kg
3. Body dan accessories : 18 Kg
4. Control system : 3 Kg
5. Berat driver : 50 Kg

Dengan kecepatan rencana sebesar 30 km/jam.

4.5 Dinamika Kendaraan

Untuk menentukan nilai rencana gaya yang berpengaruh pada kendaraan mobil listrik hemat energi, tahap pertama harus menentukan gaya reaksi roda belakang dengan menggunakan metode diagram benda bebas pada suatu beam.

4.5.1 Gaya dorong rencana roda belakang (F_{traksi})d :

$$\begin{aligned} F_{\text{traksi d}} &= \phi \cdot F_{\text{by}} \\ &= 0,7 \cdot (520,96 / 2) \\ &= 182,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Ket : ϕ (grip ban : 0,7-0,8), F_{by} (gaya reaksi roda belakang)

4.5.2 Gaya Hambat saat mobil berjalan

1. Gaya hambat udara (F_{drag})

$$\begin{aligned} F_{\text{drag}} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot A \cdot v^2 \\ &= 0,5 \cdot 1,225 \cdot 0,2 \cdot 0,87 \cdot 8,32 \\ &= 7,34 \text{ N} \end{aligned}$$

Ket : ρ (densitas udara), C_d (coef,drag), A (front area), v (kec, mobil),

2. Gaya hambat gesekan roda / rolling resistant (F_{rr})

$$\begin{aligned} F_{\text{rr}} &= C_{\text{rr}} \cdot w \cdot \cos \theta \\ &= 0,014 \cdot (110 \cdot 9,81) \cdot \cos \theta \\ &= 15,10 \text{ N} \end{aligned}$$

Ket : C_{rr} (coef. Tahanan jalan, diambil 0,014 in excellent state pada $v < 14\text{m/dt}$), w (berat mobil), θ (diambil 0° untuk lintasan tanpa sudut kemiringan tanjakan)

3. Gaya hambat sudut kemiringan (F_{grad})

$$F_{\text{grad}} = w \cdot \sin \theta = (108 \cdot 9,81) \cdot \sin 0^\circ$$

$$= 0 \text{ N}$$

Ket : θ (diambil 0° untuk lintasan tanpa sudut kemiringan tanjakan)

4. Gaya hambat inersia (F_{in})

$$F_{\text{in}} = m \cdot a$$

Ket : m (massa mobil), a (perc, mobil)

5. Gaya dorong yang diperlukan (F_{traksi})

$$F_{\text{traksi}} = F_{\text{drag}} + F_{\text{rr}} + F_{\text{grad}} + F_{\text{in}}$$

$$= 7,34 + 15,10 \text{ N} + 0 + 54$$

$$= 76,44 \text{ N}$$

Diperoleh kesimpulan ($F_{\text{traksi}}d > (F_{\text{traksi}})d = 182,3 \text{ N} > 76,44 \text{ N}$)

6. Daya dorong yang dibutuhkan (P_{traksi})

$$P_{\text{traksi}} = F_{\text{traksi}} \cdot v$$

$$= 76,44 \cdot 8,3$$

$$= 634,45 \text{ watt} = 0,85 \text{ HP}$$

7. Analisa gelinding

$$a = - (1/m) \cdot (F_{\text{drag}} + F_{\text{rr}} + F_{\text{drag}})$$

$$= - (1/110) \cdot (7,34 + 15,10 + 0)$$

$$= - 0,204 \text{ m/s}^2$$

8. Daya yang dibutuhkan roda ($P_{\text{track, wheel}}$)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{track, wheel}} &= (F_{\text{drag}} + F_{\text{rr}} + F_{\text{grad}}) \cdot v \\
 &= 22,44 \cdot 8,3 \\
 &= 132,67 \text{ watt} \\
 &= 0,17 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

9. Percepatan Mobil

$$\begin{aligned}
 M \cdot a &= F_{\text{traksi}} - (F_{\text{drag}} + F_{\text{rr}} + F_{\text{grad}}) \\
 108 \cdot a &= 76,44 - 22,44 \\
 a &= 54/110 \\
 &= 0,49 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

10. Kecepatan putaran mesin (n_{eng})

$$\begin{aligned}
 N_{\text{eng}} &= nr / n_{\text{trans}} \\
 &= 185 / (19/39) \\
 &= 0,49 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

11. Motor Penggerak

Motor listrik yang akan kami gunakan untuk menggerakkan mobil listrik hemat energi adalah motor listrik dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan = 36V
- Power watt = 500 Watt
- Rated current = 12-15 A

- Over Amper maks = 20 A
- Torsi = 1,8Nm
- Recommended controller = 36V 500W 15A full fitur

4.6 Baterai

Sumber energi yang akan digunakan adalah baterai dengan kapasitas 48V/15Ah, yang tersusun dari baterai jenis Li – ion Panasonic NCR21700 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Untuk batere sumber mobil listrik dengan tegangan 48 Volt, akan digunakan 1 panel surya 50 WP – 48 Volt/15 Ah yang di hubung seri. Daya yang di berikan oleh panel surya adalah :

$$P = V \times I$$

$$P = 48 \text{ V} \times 15 \text{ Ah}$$

$$P = 720 \text{ Wh}$$

Dengan asumsi 6 jam efektif mendapat cahaya matahari, maka total daya per-hari adalah :

$$P = 720 \text{ Wh} \times 6 \text{ jam}$$

$$P = 432,0 \text{ Wh}$$

Efektif untuk kebutuhan charging dengan efisiensi 90% didapatkan daya sebesar :

$$P = 432,0 \text{ Wh} \times 90\%$$

$$P = 388,8 \text{ Wh.}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan software SolidWork pada permukaan bodi mobil listrik hemat energi dan modifikasi diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil gaya dorong rencana roda belakang (F_{traksi}) sebesar 182,3 N.
2. Adapun gaya hambat saat mobil berjalan yaitu 7,34 N.
3. Daya dorong yang dibutuhkan (P_{traksi}) sebesar 0,85 HP.

Karakteristik Aliran fluida dapat dikategorikan menjadi:

➤ Aliran laminar

Aliran fluida yang bergerak atau berjalan didalam lapisan/lamina dengan 1 lapisan mengalir secara lancar. Didalam aliran laminar, viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan.

➤ Aliran turbulen

Aliran turbulen yaitu pergerakan dari partikel fluida yang tidak bisa menentu dikarenakan mengalami campuran serta putaran partikel antar lapisan, dan dapat mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida dan kebagian fluida lain-nya dan dalam skala yang begitu besar.

➤ Aliran transisi

Aliran transisi yaitu merupakan salah satu aliran-aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran yang turbulen.

➤ Viskositas

Viskositas fluida adalah ukuran yang ketahanan sebuah fluidanya terhadap yang dideformasi atau dalam perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekularnya.

➤ Rapat jenis (*density*)

Density/rapat suatu zat adalah suatu ukuran untuk konsentrasi zat tersebut, yang dinyatakan dalam massa persatuan volume, sifat ini akan ditentukan dengan cara-cara menghitung nisbah (ratio), masa zat yang terkandung didalam satu kesatuan bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut.

1.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian analisis aerodinamik adalah sebagai berikut :

1. Mobil hemat energi area *green campus* ini agar dapat di kembangkan lagi, khususnya di area Universitas Teuku Umar.
2. Untuk penelitian lebih lanjut tidak hanya bertujuan memodifikasi ukuran saja namun bisa juga mencari parameter lain, seperti menambahkan komponen tertentu.

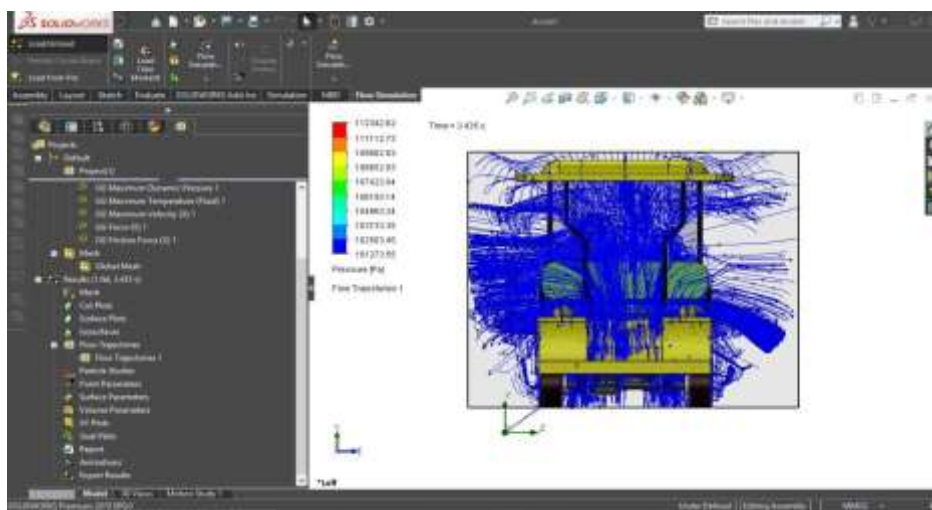
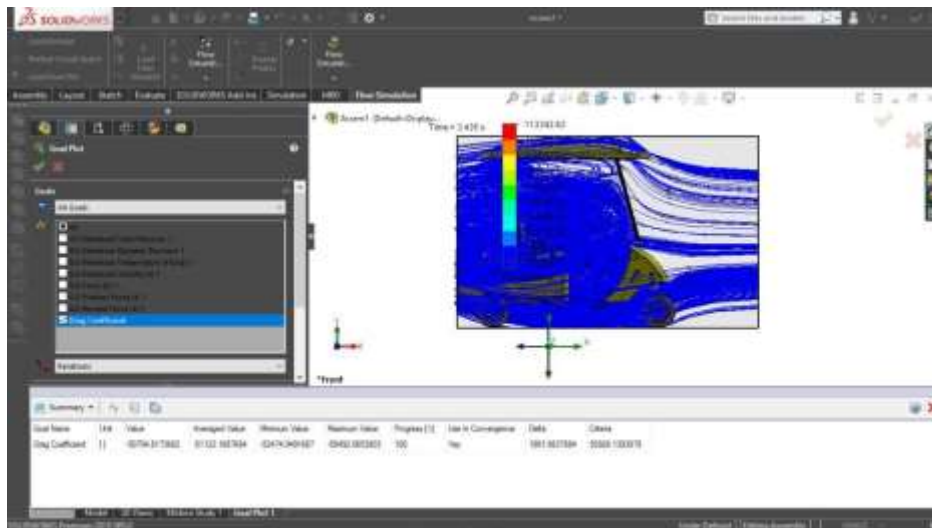
DAFTAR PUSTAKA

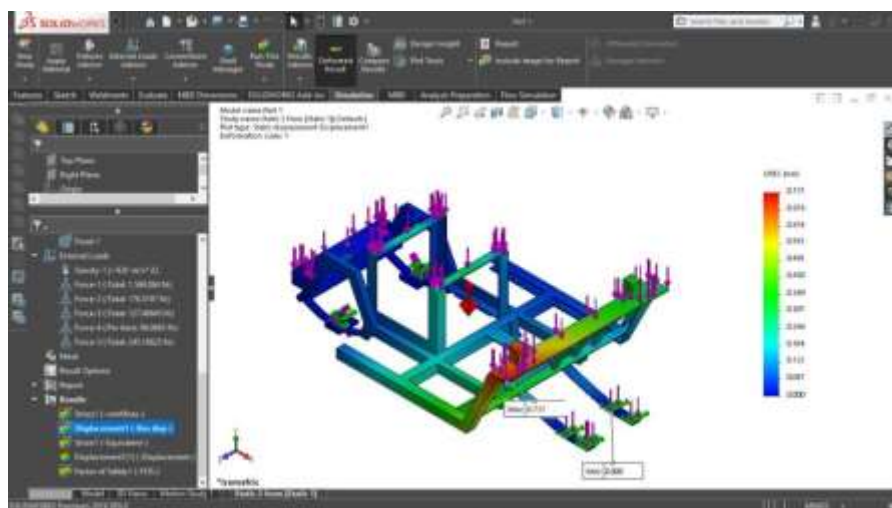
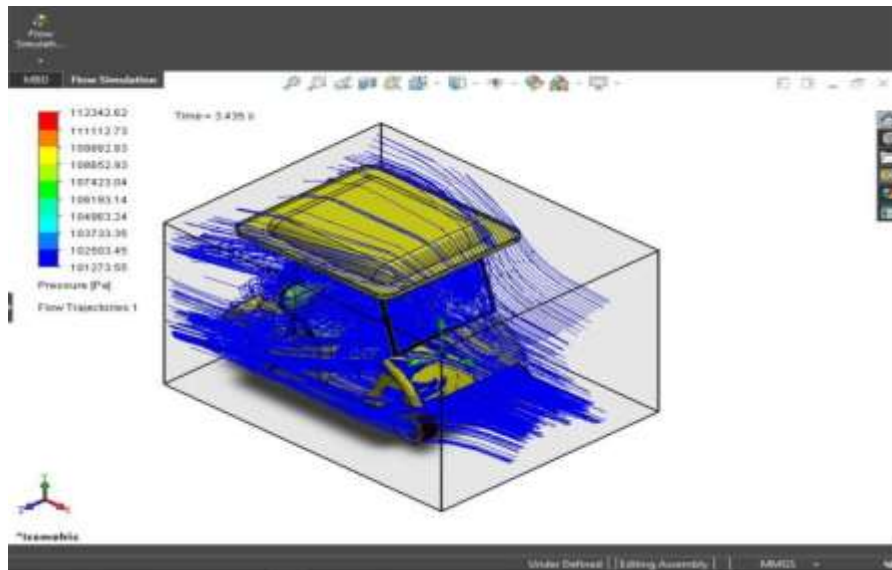
1. Akhmad Riszal dan Martinus (2021). Analisis *Drag Force* dan Aliran Fluida pada Desain Mobil Listrik Green Campus UNILA Berdasarkan Kecepatan. *Open Science and Technology*, 181-189.
2. Barnard R.H. 1996. *Road vehicle Aerodynamic design : An Introduction*. England : Longman
3. Damjanovic, dkk (2010) Car Design As A New Conceptual And CFD Analysis In Purpose of Improving Aerodynamics. Croatia
4. Gunawan Rudi Cahyono, dkk (2019) “Analisis Nilai Koefisien *Drag* Pada Model Mobil Listrik Wasaka” Vol.6 No.2 ; pp. 59 – 68
5. Joshua Sam Jhon Sb , M.S.K. Tony Suryo Utomo , Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 5, No. 1, (2017), Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Residual-Sat Dengan menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
6. Kreith, Frank dan Prijono, M.sc, Arko. “Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas” , Edisi Ketiga. Jakarta, Penerbit Erlangga, 1997.
7. Law and Kelton, (1991), “Simulasi” journal of the American Statistical Association , University of Cincinnati.
8. Nurul Huda, (2016), Analisa Aerodinamika Pada Mobil Bayu Surya Menggunakan CFD Pada Software Ansys 15,0. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.

9. Tuakia, Firman (2008). Dasar dasar CFD Menggunakan FLUENT. Bandung : Informatika.

10. Yudi Prihadnyana, dkk (2017) “Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5”, Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Indonesia.

LAMPIRAN 1





BIODATA PENULIS



Marzuki Arif, Lahir pada tanggal 05 Mei 1998 di Ujong Patihah dari pasangan suami istri, Bapak Syarifuddin dan Ibu Sitti Ramamah, juga merupakan anak ketiga dari 4 (empat) bersaudara. Penulis Telah Menempuh Pendidikan di SD Negeri Ujong Patihah lulus pada tahun 2010, SMP Negeri 2 Simpang Peut Lulus pada tahun 2013, dan SMA Negeri 1 Nagan Raya Lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2017 Penulis Melanjutkan Pendidikan (S1) di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Teuku Umar di Jurusan Teknik Mesin Bidang Teknik Konversi Energi, Fakultas Teknik, terdaftar dengan NIM 1705903010044 Melalui jalur SBMPTN.

Semasa Kuliah di Universitas Teuku Umar, penulis juga aktif mengikuti berbagai seminar dan kuliah umum, Penulis juga tergabung dalam organisasi HMMFT-UTU sebagai Anggota Bidang Keagamaan periode 2019-2020.

Alhamdulillah penulis telah menyelesaikan studi S1 Teknik Bidang Teknik Konversi Energi (TKE) sebagai bahan Tugas Akhir dengan Topik “Analisis Aerodinamika Pada Mobil Listrik Hemat Energi Area *Green Campus* Universitas Teuku Umar” dibawah bimbingan Bapak Sulaiman Ali, ST., MT

Jika Ingin Menyampaikan kritik dan saran yang bersifat membangun, penulis dapat dihubungi melalui email : marzukiarif051998@gmail.com