

TUGAS AKHIR

UJI EKSPERIMENTAL TAHANAN GESEK PADA MOBIL HEMAT ENERGI (MHE)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

BAMBANG KATRESNAN
1307230275



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

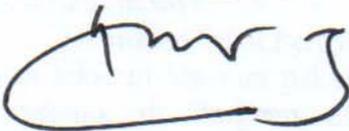
Nama : Bambang Katresnan
NPM : 1307230275
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Uji Exsperimental Tahanan Gesek Pada Mobil Hemat Energi (MHE)
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2019

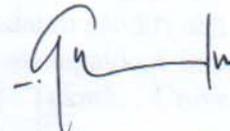
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Peguji II



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III

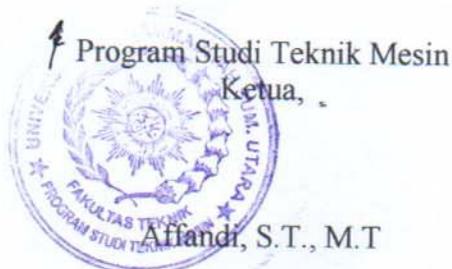


Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Peguji IV



H. Muarnif M, S.T., M.Sc



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bambang Katresnan
Tempat /Tanggal Lahir : Tegal Sari/11 Maret 1995
NPM : 1307230275
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Uji Eksperimental Tahanan Gesek Pada Mobil Hemat Energi (MHE)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Bambang Katresnan

ABSTRAK

Uji eksperimental ini dilakukan untuk mengetahui tahanan gesek pada ketiga jenis mobil prototipe hemat energi yang dibedakan dengan bentuk dan ditandai dengan warna yang berbeda, pada bentuk prototipe mobil pertama memiliki bagian depan yang runcing dan ditandai dengan warna merah, yang kedua memiliki bagian depan yang oval dan ditandai dengan warna hijau dan pada mobil ketiga memiliki bagian depan yang petak dan ditandai dengan warna kuning. Pengujiannya menggunakan alat uji *sub sonic wind tunnel* dengan kecepatan angin yang bervariasi yaitu dengan kecepatan 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s, dan mendapatkan hasil yaitu pada kecepatan angin 2 m/s diperoleh hasil koefisien gesek pada mobil prototipe yang pertama yang ditandai dengan warna merah adalah 0,0192631 dan pada mobil prototipe yang kedua yang ditandai dengan warna hijau adalah 0,0149649 dan pada prototipe yang ketiga ditandai dengan warna kuning adalah 0,1594007. Sedangkan pada kecepatan angin 12 m/s koefisien geseknya turun menjadi 0,0017411 pada mobil prototipe yang pertama ditandai dengan warna merah, 0,00144523 pada mobil prototipe yang kedua ditandai dengan warna hijau dan 0,00983174 pada mobil prototipe yang ketiga ditandai dengan warna kuning. Prototipe mobil hijau memiliki koefisien gesek paling rendah dibanding dengan mobil merah dan kuning dengan nilai koefisien gesek sebesar 0,00144523 yang dipengaruhi oleh rancangan desain bagian depan. Sehingga mobil prototipe warna hijau memiliki aerodinamis yang paling baik diantara mobil prototipe lainnya.

Kata Kunci : Prototipe, Tahanan Gesek Dan Aerodinamika.

ABSTRACT

This experimental test was conducted to determine the friction resistance in the three types of energy-saving prototype cars that are distinguished by shapes and marked with different colors, in the form of the prototype the first car has a pointed front and is marked in red, the second has an oval front and marked in green and in the third car has a front section that is flat and marked in yellow. The test uses a sub-sonic wind tunnel test equipment with varying wind speeds at speeds of 2 m / s, 4 m / s, 6 m / s, 8 m / s, 10 m / s, 12 m / s, and get results namely on the wind speed of 2 m / s the results of the friction coefficient on the first prototype car which are marked in red are 0.0192631 and in the second prototype car which is marked in green is 0.0149649 and in the third prototype marked in yellow is 0.1594007. Whereas at wind speed 12 m / s the coefficient of friction drops to 0.0017411 in the first prototype car marked in red, 0.00144523 on the second prototype car marked in green and 0.00983174 on the third prototype car marked in yellow . The green car prototype has the lowest friction coefficient compared to red and yellow cars with a friction coefficient of 0.00144523 which is influenced by the front design. So that the green prototype car has the best aerodynamics among other prototype cars.

Keywords: Prototype, Swift Resistivity and Aerodynamics.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'alla yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Uji Eksperimental Tahanan Gesek Pada Mobil Hemat Energi (MHE)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai wakil ketua Prodi Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Penguji III yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.T selaku Dosen Penguji IV yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.

6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Bapak Darmawi dan Ibu Ninik Indarwati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Terimakasih juga kepada kakak kandungku Nila Sari, S.farm. Apt, dan abang ipar Ahmad Fauzi S.T serta adik kandungku Adi Sepsiono dan kepada adinda Febrina Syafitri Surbakti serta kepada Muhammad Dwi Susetyo, Rama Gemilang dan rekan-rekan kos Bapak Kolonel H. Syamsi Hrp.
9. Sahabat-sahabat penulis: Akbar Kelana S.T, Ajhari Agustian Munthe S.T, Jefri Soarno S.T, Asep Jackdan S.T, Dedi Arianto dan Team bodrex MHE serta rekan-rekan Lab Teknik Mesin UMSU dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik mesin.

Medan, Maret 2019

Bambang Katresnan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SEKRIPI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Pengertian Gaya	3
2.2. Pengertian Tahanan Gesek	4
2.3. Fenomena Aerodinamika mobil	5
2.3.1. Hukum kekekalan Massa	8
2.3.2. Hukum Kekekalan Momentum	8
2.3.3. Hukum Kekekalan Energi	8
2.4. Mobil Hemat Energi	8
2.4.1. Mobil Listrik	9
2.4.2. Mobil Tenaga Surya	9
2.4.3. Mobil Fuel cell	9
2.4.4. Mobil Hybrid	10
BAB 3 METODA PENELITIAN	12
3.1. Tempat Dan Waktu	12
3.1.1. Tempat	12
3.1.2. Waktu	12
3.2. Bahan dan Alat	13
3.2.1. Bahan	13
3.2.2. Alat yang akan digunakan dalam pembuatan prototipe	20
3.2.3. Alat Penguji	26
3.3. Dimensi prototipe yang akan diuji	35
3.4. Diagram Alir Analisa	37
3.5. Prosedur Pengujian	38
3.5.1. Mempersiapkan Alat Dan Spesimen	38
3.5.2. Pengujian	38

3.5.3. Pengambilan Data	38
3.5.4. Pengolahan Data	38
3.6. Prosedur Pengujian	39
3.7. Rancangan Alat Penelitian	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Hasil Pembuatan Mobil Prototipe	40
4.2. Hasil Data Pengujian	41
4.2.1. Data Hasil Pengujian Mobil Kuning	41
4.2.2. Data Hasil Pengujian Mobil Hijau	42
4.2.3. Data Hasil Pengujian Mobil Merah	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan	12
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Koefisien Gesek Mobil Kuning	42
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Koefisien Gesek Mobil Hijau	43
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Koefisien Gesek Mobil Merah	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Percobaan Aerodinamika Prototipe Pada (MHE)	6
Gambar 3.1. Serat Fiber Glass	13
Gambar 3.2. Resin	13
Gambar 3.3. Katalis	14
Gambar 3.4. <i>Mirror Glaze</i>	14
Gambar 3.5. Thinner	15
Gambar 3.6. Dempul	15
Gambar 3.7. Dempul Halus	16
Gambar 3.8. Pewarna (pigmen)	16
Gambar 3.9. Steorofoam	17
Gambar 3.10. Triplek	17
Gambar 3.11. Cat	18
Gambar 3.12. Clear (Pernis)	18
Gambar 3.13. Epoxsy	19
Gambar 3.14. Pipa Paralon	19
Gambar 3.15. Mata Gerinda	20
Gambar 3.16. Gerinda	20
Gambar 3.17. Bor	21
Gambar 3.18. <i>Hair Dryer</i>	21
Gambar 3.19. Amplas	22
Gambar 3.20. Kuas	22
Gambar 3.21. Gunting	23
Gambar 3.22. Sekrap	23
Gambar 3.23. Power Supply	24
Gambar 3.24. Kabel Tembaga	24
Gambar 3.25. Mata Gerinda Bulat	25
Gambar 3.26. Gelas Ukur	25
Gambar 3.27. Pisau Karter	26
Gambar 3.28. <i>Sub Sonic Wind Tunnel</i>	27
Gambar 3.29. Kipas	28
Gambar 3.30. Arduino	28
Gambar 3.31. Kabel jamper	29
Gambar 3.32. Kabel USB Arduino	30
Gambar 3.33. <i>Hot Wire Anemometer</i>	30
Gambar 3.34. <i>Load Cell</i>	31
Gambar 3.35. Tabung Pitot (Manometer PipaU)	32
Gambar 3.36. Laptop	33
Gambar 3.37. Dinamo	33
Gambar 3.38. Inverter	34
Gambar 3.39. Dudukan mobil prototipe	34
Gambar 3.40. Gambar Dimensi Mobil Berwarna Hijau	35
Gambar 3.41. Gambar Dimensi Mobil Berwarna Merah	35
Gambar 3.42. Gambar Dimensi Mobil Berwarna Kuning	36
Gambar 3.43. Diagram Alir Analisa	37

Gambar 4.1. Hasil Pembuatan Mobil Prototipe Warna Merah	40
Gambar 4.2. Hasil Pembuatan Mobil Prototipe Warna Kuning	40
Gambar 4.3. Hasil Pembuatan Mobil Prototipe Warna Hijau	41
Gambar 4.4. Grafik Hasil Koefisien Gesek	44

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
F_D	Gaya Seret	N
A	Luas Penampang	m^2
ρ	Massa Jenis	kg/m^3
u_∞^2	Kecepatan Kuadrat	m^2/s^2
u_∞	Kecepatan	m /s
C_D	Koefisien Drag	
$2g_c$	Konstanta Rumus	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin meningkat perkembangan teknologi pada sektor penghematan energi telah mencuri perhatian 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. (Nurul Huda, 2016)

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,

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. (Joshua Sam Jhon. Tony Suryo Utomo, 2017)

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. Salah satu hal yang menjadi tanda tanya dan permasalahan yang ingin dipecahkan dan diketahui adalah jenis bodi mobil prototipe dengan bentuk yang paling baik dalam menjaga stabilitas mobil dan dapat mengoptimalkan tenaga mesin menjadi hemat bahan bakar. Untuk mengetahui jenis bodi mobil yang paling baik dalam menjaga stabilitas mobil dan menghemat bahan bakar. Penelitian ini memerlukan tiga jenis bentuk prototipe bodi mobil yang akan di uji.

Berdasarkan pengujian penulis tertarik untuk melakukan penelitian di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang akan dijadikan judul skripsi, UJI EKSPERIMENTAL TAHANAN GESEK PADA MOBIL HEMAT ENERGI (MHE).

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian di atas dapat ditarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu:

1. Bagaimanakah eksperimental tahanan gesek pada 3 jenis mobil prototipe hemat energi.
2. Bagaimanakah bentuk bodi mobil prototipe (MHE) yang paling baik.

1.3. Ruang Lingkup

Pembatasan masalah di perlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan permasalahan dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapun batasan-batasan masalah dalam tugas sarjana ini adalah:

1. Alat yang digunakan adalah jenis prototipe mobil hemat energi.
2. Parameter-parameter yang diamati yaitu melakukan pengujian untuk diteliti berupa tahanan gesek pada ketiga jenis mobil prototipe hemat energi.

1.4. Tujuan

1. Untuk mengetahui tahanan gesek pada mobil prototipe mobil hemat energi.
2. Membandingkan tahanan gesek pada ketiga jenis mobil prototipe hemat energi secara eksperimental.

1.5. Manfaat

Sebagai sumbangan informasi berkaitan dengan Mobil Hemat Energi yang dimodifikasi dari peneliti sebelumnya.

1. Meningkatkan kualitas penelitian dan penulisan tentang ekperimental tahanan gesek pada prototipe mobil hemat energi.
2. Memberi tambahan referensi di bidang analisa maupun mata kuliah.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Gaya

Gaya merupakan suatu kekuatan (tarikan atau dorongan) yang berakibat kepada benda tersebut, dengan seperti ini benda itu mengalami perubahan posisi (bergerak), atau berubah bentuk. Gaya juga bisa diartikan sebagai tarikan atau dorongan yang ditujukan kepada sebuah benda dari benda lain. Contohnya pada suatu kegiatan atau permainan tarik tambang yang mampu membuat pelakunya untuk berpindah tempat. Gaya yang berupa suatu tarikan atau dorongan memiliki arah gaya. Tarikan mempunyai arah yang mendekati hewan, orang, atau benda yang menariknya. Sedangkan dorongan memiliki arah yang menjauhi orang, hewan, atau benda yang mendorongnya. Selain memiliki arah gaya, gaya juga mempunyai nilai, maka gaya merupakan besaran vektor.

Gaya, dalam ilmu fisika, bisa diartikan interaksi antar apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan bentuk arah, baik dalam gerak, maupun konstruksi geometris. Kata lainnya, sebuah gaya bisa menyebabkan sebuah objek dengan berat massa tertentu untuk mengubah kecepatannya (termasuk untuk bergerak dari keadaan diam), berakselerasi, atau untuk terdeformasi. Gaya mempunyai besaran (magnitude) dan arah, sehingga merupakan kuantitas vektor. Satuan SI yang berguna untuk mengukur gaya adalah Newton (dilambangkan dengan N). Gaya dapat dilambangkan dengan simbol F .

Hukum kedua Newton menyatakan bahwa gaya bersih yang bekerja pada suatu benda sama dengan kecepatan pada saat momentumnya berubah terhadap waktu. Jika massa objek konstan, maka hukum ini menyatakan bahwa percepatan objek berbanding lurus dengan gaya yang bekerja pada objek dan arahnya juga searah dengan gaya tersebut, dinyatakan dengan, konsep yang berhubungan dengan gaya antara lain: gaya hambat, yang mengurangi kecepatan benda, torsi yang menyebabkan perubahan kecepatan rotasi benda.

Pada objek yang diperpanjang, setiap bagian benda menerima gaya, distribusi gaya ke setiap bagian ini disebut regangan. Tekanan merupakan regangan sederhana. Regangan biasanya menyebabkan deformasi pada benda padat, atau aliran pada benda cair.

<http://zocara.blogspot.com/2016/02/pengertian-gaya-merupakan-suatu.html#ixzz5hxGlbqYj>)

2.2. Pengertian Tahanan Gesek

Tahanan gesek lebih sering kita dengar dalam ilmu fisika, pengertian Tahanan gesek adalah gaya-gaya yang bekerja pada suatu permukaan yang halus atau pun kasar sehingga menimbulkan suatu gesekan. Gaya gesek merupakan jumlah interaksi mikro antara kedua permukaan yang saling bersentuhan. Jika permukaan yang halus saling bersentuhan maka gaya gesek yang ditimbulkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan gaya gesek yang ditimbulkan oleh permukaan yang kasar.

Ada dua jenis Tahanan gesek diantaranya adalah Tahanan gesek statis dan juga Tahanan gesek kinetis. Kedua gaya gesek tersebut dibedakan antara titik-titik sentuh di kedua permukaan yang saling bergantian ataupun tetap. Pengertian Tahanan gesek statis adalah kekuatan yang menolak gerakan dua benda terhadap satu sama lain saat benda yang awalnya diam. Sebuah contoh sederhana adalah sebuah blok kayu duduk di atas papan – sebuah gaya perlu diterapkan untuk membuat blok bergeser di atas papan. Istilah lainnya, gesekan kinetik, berlaku untuk gaya yang menentang benda-benda yang sudah bergerak terhadap satu sama lain. Kekuatan ini dapat dihitung dan dikenal sebagai tahanan gesekan. Dalam situasi kehidupan nyata, tahanan gesekan statis hampir selalu ditemukan lebih besar dari kinetik, tapi dalam percobaan terkontrol, di mana permukaan benda telah dibersihkan, keduanya umumnya sama. Biasanya, saat gaya yang diterapkan untuk sebuah benda di atas permukaan, gaya gesekan statis awalnya akan meningkat untuk menyesuaikan, sehingga benda tidak bergerak. Setelah titik tertentu, benda akan mulai bergerak, dan pada titik ini, gaya gesekan akan turun, sehingga gaya yang diperlukan untuk menjaga benda bergerak akan menurun.

Pengertian Tahanan gesek kinetis adalah gesekan yang dilakukan oleh kedua benda yang saling bergerak. Tahanan gesek pada jenis gaya gesek kinetik

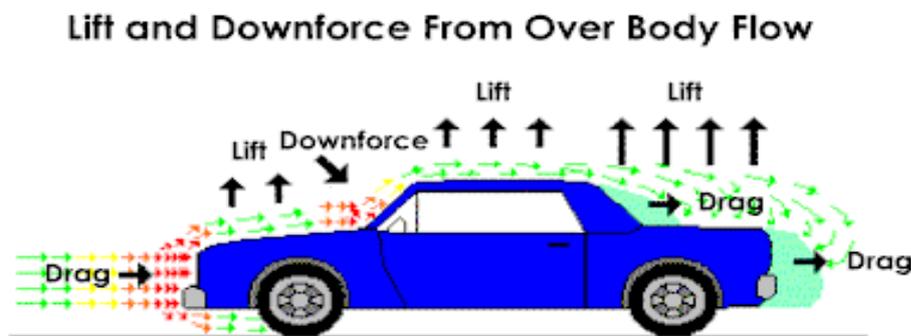
ini merupakan gaya gesek yang terjadi jika dua benda bergerak secara relative satu sama lain dan saling bergesekan. Tahanan gesek kinetis ini lebih kecil dibandingkan dengan Tahanan gesek statis untuk benda yang sama. Tahanan gesek dipengaruhi oleh permukaan benda yang bersentuhan tersebut.

(<http://www.pengertianmenurutparaahli.com/pengertian-koefisien-gesek/>)

2.3. Fenomena Aerodinamika Mobil

Pada dasarnya semua fenomena aerodinamis yang terjadi pada kendaraan mobil disebabkan adanya gerakan relative dari udara disepanjang bentuk body mobil. *Streamline* adalah garis-garis yang dibuat sedemikian rupa di dalam medan kecepatan, sehingga setiap saat garis-garis tersebut akan searah dengan aliran disetiap titik di dalam medan aliran tersebut. Dengan demikian, *streamline* akan membentuk pola aliran udara pada sekeliling mobil. *Streamline* pada jarak jauh pada mobil akan membentuk pola yang sejajar dan tidak terganggu sedangkan *streamline* yang disekitar mobil akan mempunyai pola aliran yang sangat kompleks dikarenakan bentuk kendaraan itu sendiri sehingga disekeliling mobil akan terdapat daerah gangguan aliran udara. Dapat disimpulkan bahwa gerakan dari partikel yang terletak jauh dari kendaraan akan memiliki kecepatan relatif sama dengan kecepatan mobil. Sedangkan daerah gangguan disekeliling mobil memiliki kecepatan relative dari partikel sangatlah bervariasi, lebih besar atau lebih kecil dari kecepatan aktual kendaraan. Seperti yang kita ketahui, pengujian berbagai koefisien tahanan yang berpengaruh pada aerodinamis mobil dapat dilakukan dengan melakukan metode eksperimental maupun dengan menggunakan metode komputasi dan simulasi numerik *computational fluid dynamic (CFD)*. Pengujian koefisien tahanan dengan menggunakan metode eksperimental dilakukan di dalam terowongan angin (*wind tunnel*) baik dalam ukuran kendaraan yang sebenarnya maupun dalam ukuran skala. Tetapi, pengujian dengan metode eksperimental ini membutuhkan waktu dan biaya yang sangat besar. Hal ini yang menjadi salah satu pemicu para desainer maupun industri untuk memanfaatkan metode komputasi dan simulasi numerik sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut dengan pertimbangan kecepatan dalam memperoleh data koefisien tahanan dan rendahnya biaya yang harus dikeluarkan dibandingkan dengan menggunakan metode eksperimental. Suatu medan aliran

yang mengalir melewati suatu profil body mengalami berbagai gaya-gaya tahanan aerodinamis, gaya-gaya tersebut berupa gaya *lift*, gaya *drag*, dan gaya *side*. Dalam aliran dua dimensi gaya yang berkerja dengan arah vertikal dan tegak lurus terhadap *freestream* adalah gaya *lift* sedangkan, gaya *drag* adalah gaya dengan garis kerja horizontal berlawanan arah dengan arah gerak mobil dan gaya *side* adalah gaya yang sejajar terhadap *freestream* dan jika aliran udara tidak sejajar dengan bidang simetris, kendaraan, pola aliran udara tidak akan simetris, hal ini menyebabkan timbulnya komponen gaya aerodinamik yang berkerja dalam bidang horizontal tapi dengan arah kanan terhadap gaya *drag* dan gaya *lift*. Gaya-gaya tersebut pada suatu profil bergantung pada distribusi tekanan di sepanjang permukaannya. Hal ini, berarti gaya-gaya aerodinamis sangat dipengaruhi oleh letak titik separasi pada body tersebut, besarnya gaya tahanan aerodinamika dan karakteristik aliran aerodinamika pada sekitar kendaraan mobil menyerupai dengan perbedaan bentuk pada bagian depan. Seperti pada gambar 2.7 dibawah ini:



Gambar 2.1. Percobaan aerodinamika prototipe pada (MHE)

Penjumlahan antara tahanan aerodinamika dan perlawanan rolling disebut dengan beban jalan (*road load*). Mesin kendaraan harus secara terus-menerus menyediakan daya untuk mengatasi beban jalan tersebut. Daya tersebut merupakan hasil perkalian dari beban jalan dengan kecepatan kendaraan variasi dari daya beban jalan terhadap kecepatan kendaraan untuk suatu kendaraan truk trailer (traktor-trailer truck).

Daya perlawanan rolling hampir-hampir linier terhadap kecepatan sedangkan daya tahanan aerodinamika bervariasi terhadap pangkat tiga kecepatan (koefisien tahanan mendekati konsta). Kurva perlawanan rolling dan kurva tahanan aerodinamika berpotongan (masing-masing berkontribusi sama pada beban jalan).

$$C_D = \frac{F_D \cdot 2g_c}{A \cdot \rho \cdot u_\infty^2} \quad (2.1)$$

Adapun tujuan praktis utama dari ilmu aerodinamika antara lain :

- Prediksi gaya dan moment, serta perpindahan kalor pada benda yang bergerak melalui suatu fluida (biasanya udara). Misalkan perhitungan *Lift*, *drag* serta *thrust* pada pesawat terbang, perhitungan gaya yang diderita oleh gedung-gedung yang terkena angin kencang, turbin angin dan masih banyak lagi. Hal tersebut disebut *external aerodynamics*.
- Penentuan aliran melalui saluran tertutup. Seperti misalnya kecepatan, tekanan ataupun suhu aliran pada *exhaust* mesin jet, roket ataupun aliran didalam *wind tunnel*. Hal tersebut disebut *internal aerodynamics*.

Dapat dikatakan bahwa aerodinamika adalah ilmu yang relatif kompleks, sehingga dalam artikel ini hanya akan disebutkan hal-hal yang mendasari aerodinamika secara umum, kemudian persamaan yang digunakan adalah integral, diferensial dan vektor maka disarankan untuk menguasai kalkulus dan matematika teknik terlebih dahulu sebelum mendalami cabang ilmu ini, namun tentu saja yang paling penting untuk memahami aerodinamika adalah konsep dan arti fisis dari persamaan itu sendiri. Adapun pada akhirnya, persamaan-persamaan yang kompleks tersebut akan diselesaikan dengan menggunakan komputer seperti *computational fluid dynamics* (CFD) dengan mudah, sehingga tidak perlu berkecil hati saat menemui kesulitan dalam mempelajari ilmu dasar aerodinamika.

Karena ilmu aerodinamika menggunakan alat berupa matematika untuk menjelaskan fenomena-fenomena yang terjadi, maka terdapat tiga hukum fisika utama yang berlaku pada ilmu aerodinamika, yaitu:

2.3.1. Hukum kekekalan massa

Karena bahasan aerodinamika adalah terkait dengan aliran fluida, maka hukum kekekalan massa disini berarti total massa yang masuk melalui suatu volume (misalkan pipa atau wadah) akan sama dengan total massa yang keluarmelalui volume tersebut pada waktu yang sama. Adapun persamaan yang menunjukkan fenomena tersebut di sebut persamaan kontinuitas.

Karena pada kasus-kasus aerodinamika yang sering terjadi dilapangan adalah aliran tunak (*steady*), serta terjadi pada luas permukaan *input* dan *output* tertentu (misalkan pipa, atau *wind tunnel*). Yang mana kedua sisi tersebut disebut *mass flow rate*, atau dengan kata lain *mass flow rate* udara masuk (1) akan sama dengan *mass flow rate*udara keluar (2).

2.3.2. Hukum kekekalan momentum

Hukum kekekalan momentum yang paling umum digunakan untuk kasus aliran fluida adalah hukum kedua newton, yaitu gaya adalah laju perubahan momentum. Yangmana perkalian antara $m \cdot V$ adalah momentum. Kemudian hubungan diatas diturunkan kedalam bentuk dengan variabel-variabel aerodinamika yakni tekanan, massa jenis.

2.3.3. Hukum kekekalan energi

Energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, melainkan hanya dapat berubah ke bentuk lain” adalah bunyi hukum kekekalan energi secara umum. Adapun dalam aerodinamika, bentuk persamaan energi haruslah dalam bentuk variabel tekanan.

2.4. Mobil Hemat Energi

Dalam perkembangan dunia teknologi otomotif mengalami kemajuan yang sangat pesat, bahkan dalam usaha memenuhi pengembangan teknologi otomotif terbaru yang hemat bahan bakar atau teknologi yang menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menyelenggarakan Lomba IEMC “*Indonesia Energy Marathon Challenge*” rancangan mobil hemat energi yang diajukan akan diuji oleh para ahli dari perguruan tinggi, instansi pemerintahan dan perusahaan swasta. Lomba ini memiliki tujuan untuk dapat mempercepat penguasaan teknologi otomotif terbaru di Indonesia sehingga akan

muncul teknologi-teknologi terbaru di bidang otomotif yang nantinya akan dapat digunakan untuk mengurangi polusi udara serta hemat bahan bakar. Selain mobil hemat energi yang menggunakan sistem bahan bakar ada juga beberapa sistem mobil hemat energi lain yang dikembangkan di dunia antara lain :

2.4.1. Mobil Listrik

Mobil Listrik adalah mobil yang Di gerakan oleh satu atau lebih motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai yang dapat diisi ulang atau perangkat penyimpanan energi lainnya. Motor listrik memberi mobil listrik torsi yang instan, serta menciptakan akselerasi yang kuat dan halus. Mobil listrik memiliki beberapa kelebihan yang potensial jika dibandingkan dengan mobil bermesin pembakaran biasa. Yang paling utama adalah mobil listrik tidak menghasilkan emisi kendaraan bermotor. Selain itu, mobil jenis ini juga mengurangi emisi gas rumah kaca karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil sebagai penggerak utamanya

2.4.2. Mobil Tenaga Surya

Mobil tenaga surya adalah jenis kendaraan listrik yang menggunakan tenaga matahari sebagai sumber energinya. Energi matahari ditangkap dengan *panel cell* surya yang digunakan untuk menggerakkan motor listrik yang berfungsi untuk memutar roda.

2.4.3. Mobil *Fuel Cell*

Fuel cell adalah alat yang mampu menghasilkan listrik arus searah. Alat ini terdiri dari dua buah elektroda, yaitu anoda dan katoda yang dipisahkan oleh sebuah membran *polymer* yang berfungsi sebagai elektrolit. Membran ini sangat tipis, ketebalannya hanya beberapa mikrometer saja. Hidrogen dialirkan ke dalam *fuel cell* yaitu ke bagian anoda, sedang oksigen atau udara dialirkan ke bagian katoda, dengan adanya membran, maka gas hidrogen tidak akan bercampur dengan oksigen. Membran dilapisi oleh platina tipis yang berfungsi sebagai katalisator yang mampu memecah atom hidrogen menjadi elektron dan proton.

Proton mengalir melalui membran, sedang elektron tidak dapat menembus membran, sehingga elektron akan menumpuk pada anoda, sedang pada katoda terjadi penumpukan ion bermuatan positif. Apabila anoda dan katoda dihubungkan dengan sebuah penghantar listrik, maka akan terjadi pengaliran

elektron dari anoda ke katoda, sehingga terdapat arus listrik. Elektron yang mengalir ke katoda akan bereaksi dengan proton dan oksigen pada sisi katoda dan membentuk air. Untuk mengalirkan hidrogen, oksigen atau udara ke dalam *fuel cell*, maka lapisan luar dari *cell* ini dibuat dari lembaran *bipolar* yang diberi kanal-kanal untuk lewatnya gas maupun air pendingin agar temperatur *fuel cell* dapat selalu terkendali. Satu unit *fuel cell* tidak terlalu besar, tebalnya ada yang hanya 2 mm, untuk menghasilkan energi yang cukup, maka beberapa *fuel cell* harus ditumpuk menjadi satu disebut *fuel cell stack*.

Mobil ini menggunakan tenaga hidrogen yang ramah lingkungan. Gas buang hasil pembakaran hidrogen sama sekali tidak mencemari lingkungan. Alasan kedua, karena secara alamiah hidrogen tersedia dalam jumlah besar jadi bisa dimanfaatkan dari generasi ke generasi.

2.4.4. Mobil *Hybrid*

Mobil *hybrid* menggunakan kombinasi dari motor listrik dan pembakaran dimesin, dengan memaksimalkan kekuatan dari kedua sumber daya tersebut disamping saling mengisi kekurangannya. Cara kerja dari mobil *hybrid* adalah mesin listrik dengan prinsip *regenerative* isi ulang (*recharging*) pada saat kendaraan sedang beroperasi, berbeda dengan mobil tenaga listrik penuh, mobil listrik tidak bisa mengisi ulang listriknya, jika listriknya habis, baterai harus di-charge secara khusus dengan waktu 8 hingga 12 jam (untuk teknologi *charger onboard*). Khusus mesin *hybrid*, mesin listriknya bisa mengisi ulang ke baterai dengan memanfaatkan *kinetic energy* saat pengereman (*regenerative brakeing*).

Bahkan sebagian energi mesin dari mesin bensin/solar/*biofuel* (mesin konvensional) saat berjalan listriknya bisa disalurkan untuk mengisi baterai. Dengan sistem operasi seperti ini maka akan terjadi penghematan bahan bakar minyak (BBM). Di Kota Tokyo Jepang, truk dan bus sudah banyak yang memakai tenaga mesin sistem *hybrid* karena dinilai sangat hemat BBM dan mengurangi polusi udara.

Ditengah tingginya harga bahan bakar minyak didunia saat ini, solusi teknologi *hybrid* merupakan satu alternatif yang menarik, khususnya bagi bangsa Indonesia. Pada sektor transportasi selain mengurangi polusi, teknologi *hybrid* juga dapat mengurangi pemakaian bahan bakar hingga separuhnya. Teknologi ini

menggabungkan motor bensin dengan motor listrik dan juga berfungsi sebagai generator untuk mengisi ulang baterai, apabila kita membandingkan kendaraan bermesin hybrid dengan kendaraan bermesin bensin/diesel ada perbedaan yang mencolok yang dapat kita lihat langsung dari kedua jenis mesin kendaraan tersebut, mesin hybrid yang ada pada saat ini adalah mesin elektrik yang memiliki kumparan tembaga di dalamnya, kumparan ini dililitkan ke campuran besi khusus sehingga pada waktu kumparan ini dialiri muatan atau arus listrik, besi tersebut dapat berubah menjadi medan magnet sehingga dapat mempengaruhi perputaran benda lainnya yang terbuat dari besi. (Achmad risa harfit.(2013)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu

3.1.1. Tempat

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

3.1.2. Waktu

Waktu studi tugas sarjana dilakukan setelah mendapatkan persetujuan judul tugas sarjana dari dosen pembimbing, kemudian dilakukan perakitan dan pembuatan tiga jenis prototipe mobil hemat energi

1. Prototipe berwarna merah
2. Prototipe berwarna kuning
3. Prototipe berwarna hijau

kemudian dilakukan pengujian dan pengambilan data.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep
1.	Studi Literatur										
2.	Mempersiapkan Alat Dan Bahan Pengujian										
3.	Pengujian mobil prototipe pada <i>sub sonic wind tunnel</i>										
4.	Rekapitulasi Data Pengujian										
5.	Hasil dan Pembahasan										
6.	Penyelesaian Skripsi										

3.2. Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

3.2.1. Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam pembuatan prototipe terdiri dari:

1. Serat *fiber glass*

Serat fiber glass berfungsi sebagai material komposit untuk pelapis bodi ketiga mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1. Serat fiber glass

2. Resin

Resin berfungsi sebagai bahan perekat serat fiber glass untuk pembuatan bodi mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2. Resin

3. Katalis

Katalis berfungsi sebagai obat pengeras resin pada pembuatan bodi prototipe, Seperti pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3. Katalis

4. *Mirror glaze*

Mirror glaze berfungsi sebagai pelicin agar benda kerja tidak lengket pada cetakan awal, Seperti pada gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4. *Mirror glaze*

5. Thinner

Thinner berfungsi sebagai bahan campuran cat untuk pengecatan ketiga jenis prototipe, Seperti pada gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.5. Thinner

6. Dempul

Dempul berfungsi sebagai pelapis untuk meratakan bodi hingga sesuai dengan bentuk yang diinginkan, Seperti pada gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 3.6. Dempul

7. Dempul Halus

Dempul halus berfungsi untuk menutupi permukaan yang berpori-pori kecil pada mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.7 dibawah ini:



Gambar 3.7. Dempul Halus

8. Pewarna (pigmen)

Berfungsi sebagai pewarna awal campuran resin untuk pembuatan prototipe, Seperti pada gambar 3.8 dibawah ini:



Gambar 3.8. Pewarna (pigmen)

9. Steorfoam

Steorfoam berfungsi untuk membuat mal cetakan awal ketiga jenis prototipe, Seperti pada gambar 3.9 dibawah ini:



Gambar 3.9. Steorfoam

10. Triplek

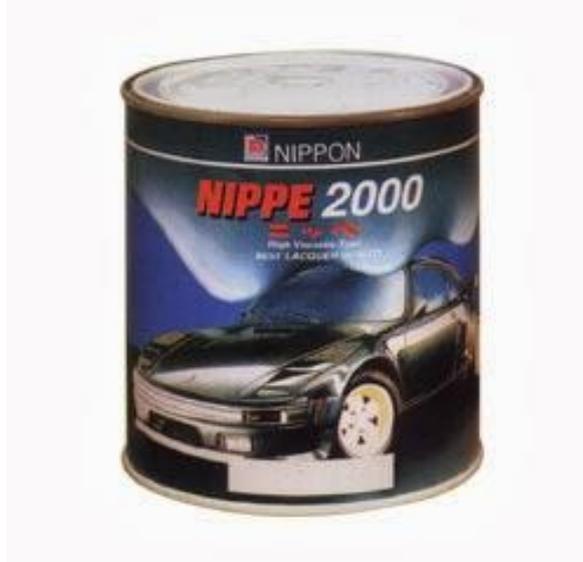
Triplek berfungsi untuk mal dasar pembuatan prototipe steorfoam, Seperti pada gambar 3.10 dibawah ini:



Gambar 3.10. Triplek

11. Cat

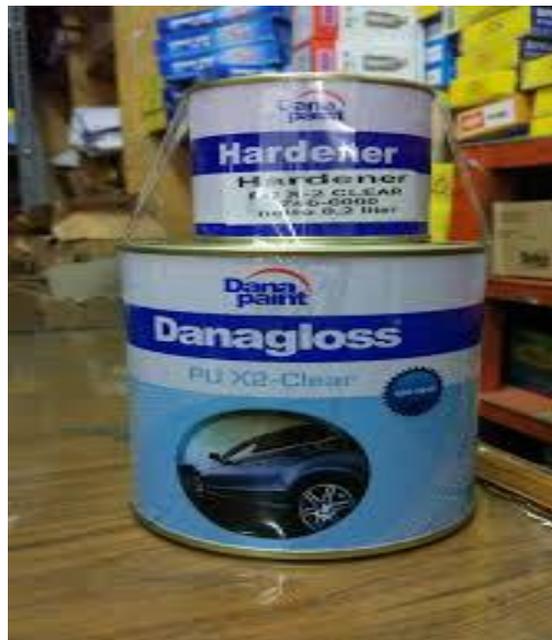
Cat berfungsi untuk bahan pewarna ketiga jenis mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.11 dibawah ini:



Gambar 3.11. Cat

12. Clear (Pernis)

Berfungsi untuk mengeluarkan warna asli dari cet, jadi lebih mengkilat, Seperti pada gambar 3.12 dibawah ini:



Gambar 3.12. Clear (Pernis)

13. *Epoxy*

Epoxy berfungsi untuk pengecatan awal dan agar menutupi pori-pori pada bagian bodi mobil yang akan di cat, Seperti pada gambar 3.13 dibawah ini:



Gambar 3.13. *Epoxy*

14. Pipa Paralon

Berfungsi sebagai tempat cetakan awal pada keempat roda mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.14 dibawah ini:



Gambar 3.14. Pipa Paralon

3.2.2. Alat yang akan digunakan dalam pembuatan prototipe.

1. Mata Gerinda

Mata Gerinda berfungsi untuk memotong, meratakan dan merapikan permukaan mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.15 dibawah ini



Gambar 3.15. Mata Gerinda

2. Gerinda

Gerinda berfungsi untuk menggerinda benda kerja dengan permukaan rata dan lebar serta menyudut, Seperti pada gambar 3.16 dibawah ini:



Gambar 3.16. Gerinda

2. Bor

Bor berfungsi untuk melubangi permukaan bagian roda menjadi oval, Seperti pada gambar 3.17 dibawah ini:



Gambar 3.17. Bor

3. *Hair dryer*

Hairdryer berfungsi untuk memanaskan campuran resin dan katalis supaya cepat mengering serta untuk mempermudah pelekukan bagian bodi tertentu, Seperti pada gambar 3.18 dibawah ini:



Gambar 3.18. *Hair dryer*

4. Amplas

Amplas berfungsi untuk meratakan serta merapikan bagian permukaan yang kurang rapi (tidak rata), Seperti pada gambar 3.19 dibawah ini:



Gambar 3.19. Amplas

5. Kuas

Kuas berfungsi untuk meratakan mirror glass, campuran resin dan katalis pada cetakan, Seperti pada gambar 3.20 dibawah ini:



Gambar 3.20. Kuas

6. Gunting

Gunting untuk memotong serat fiber glass dan memotong bagian-bagian yang kurang rata pada bodi ketiga prototipe, Seperti pada gambar 3.21 dibawah ini:



Gambar 3.21. Gunting

7. Sekrap

Sekrap berfungsi untuk mencampur dempul dengan obat dempul serta untuk meratakan hasil dempulan pada bodi mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.22 dibawah ini:



Gambar 3.22. Sekrap

8. Power supply

Power supply berfungsi untuk membuat kabel tembaga menjadi panas dan kemudian untuk memotong styrofoam menjadi bentuk awal prototipe mobil, Seperti pada gambar 3.23 dibawah ini:



Gambar 3.23. Power supply

8. Kabel Tembaga

Kabel tembaga berfungsi untuk menghantarkan panas agar styrofoam gampang terpotong, Seperti pada gambar 3.24 dibawah ini:



Gambar 3.24. Kabel Tembaga

9. Mata gerinda bulat

Berfungsi untuk merapikan bagian-bagian lengkungan ke empat roda dan bagian-bagian tertentu pada mobil prototipe, Seperti pada gambar 3.25 dibawah ini:



Gambar 3.25. Mata gerinda bulat

10. Gelas Ukur

Berfungsi untuk wadah resin dan sekaligus untuk mengukur seberapa banyak resin yang akan digunakan dalam pembuatan prototipe, Seperti pada gambar 3.26 dibawah ini:



Gambar 3.26. Gelas Ukur

11. Pisau Karter

Pisau Karter berfungsi untuk memotong bagian permukaan atau sudut-sudut tertentu yang susah dijangkau, Seperti pada gambar 3.27 dibawah ini:



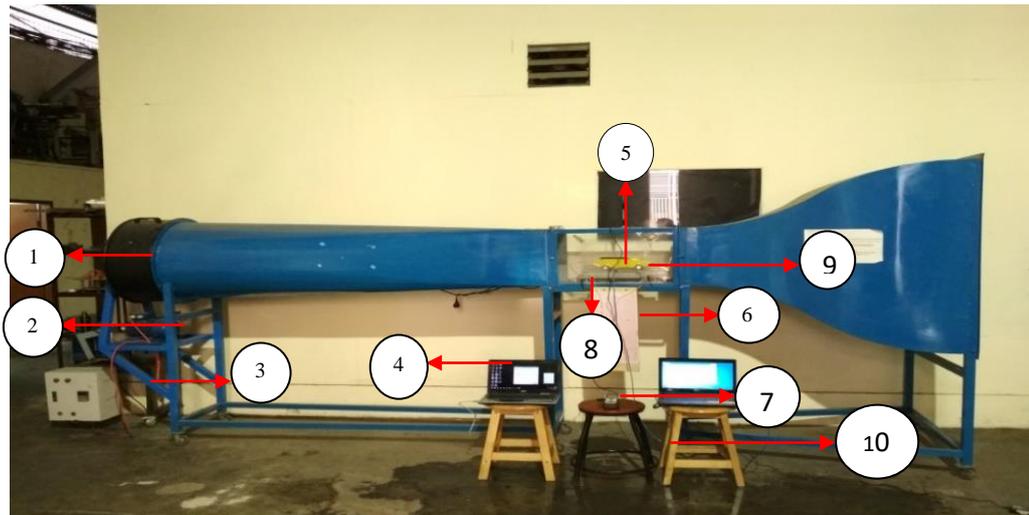
Gambar 3.27. Pisau Karter

3.2.3. Alat penguji

Alat yang digunakan dalam melakukan uji eksperimental adalah sebagai berikut:

1. *Sub Sonic Wind Tunnel.*

Sub Sonic Wind Tunnel adalah peralatan uji yang digunakan untuk menguji ketiga bentuk model prototipe dengan kecepatan angin yang rendah maupun kecepatan angin yang tinggi, dimana objek yang diuji diletakkan dibagian tengah seksi uji, kemudian angin dialirkan dengan menggunakan kipas aksial dengan kecepatan bervariasi, Seperti pada gambar 3.28 dibawah ini:



Gambar 3.28. *Sub Sonic Wind Tunnel*

Keterangan:

1. Kipas
2. Motor Penggerak (Dinamo)
3. Inverter
4. Laptop
5. Prototipe
6. Manometer U
7. *Hot wire anemometer*
8. Papan dudukan prototipe
9. Kabel jamper
10. Kabel USB

2. *Blower* (kipas)

Blower dipasangkan pada bagian belakang *Sub Sonic Wind Tunnel* untuk menghisap udara dari atmosfer dari bagian *Inlet Sub Sonic win Tunnel* ke dalam alat uji untuk mencoba aerodinamika pada prototipe mobil hemat energi, Seperti pada gambar 3.29 dibawah ini:



Gambar 3.29. Kipas

Keterangan:

1. Tipe = *Centrifugal Air Blower 3* “
2. Daya, $P = 370$ W,
3. Tegangan, $V = 220$ V
4. Putaran, $N = 2800$ rpm
5. Kapasitas , $Q = 8,5$ m³/menit

3. Arduino

Arduino berfungsi sebagai pemrograman data untuk pemasangan sensor yang kemudian ditampilkan kedalam komputer, Seperti pada gambar 3.30 dibawah ini:



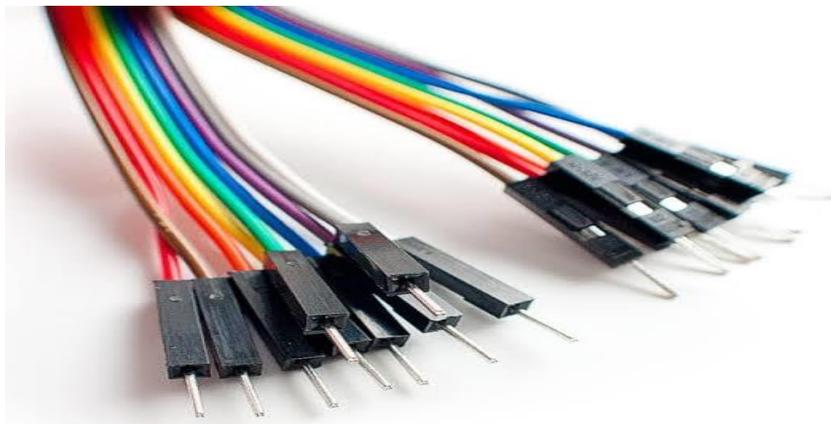
Gambar 3.30. Arduino

Keterangan:

1. Tegangan operasi = 5V
2. Tegangan input = (disarankan) 7-12V
3. Batas tegangan input = 6-20V
4. Pin digital I/O = 14 (di mana 6 pin output)
5. Pin analog input = 6
6. Arus DC per I/O pin = 40 mA
7. Arus DC untuk pin = 3.3V 50 mA
8. Flash memory = 32 KB (AT mega 328)
9. Sram = 2 KB (Atmega328)
10. Eeprom = 1KB (Atmega 328)
11. Clock = 16 MHz

4. Kabel Jamper

Berfungsi untuk menyambungkan komponen elektronik yang satu dengan yang lainnya pada saat pengujian di *sub sonic wind tunnel*, Seperti pada gambar 3.31 dibawah ini:



Gambar 3.31. Kabel Jamper

5. Kabel USB

Kabel USB arduino berfungsi untuk membaca koneksi data ke laptop, Seperti pada gambar 3.32 dibawah ini:



Gambar 3.32. Kabel USB Arduino

4. *Hot wire anemometer*

Hot wire anemometer dipasangkan dibagian atas alat uji *sub sonic wind tunnel*, *Hot wire anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan udara atmosfer yang masuk kedalam alat uji, Seperti pada gambar 3.33 dibawah ini:



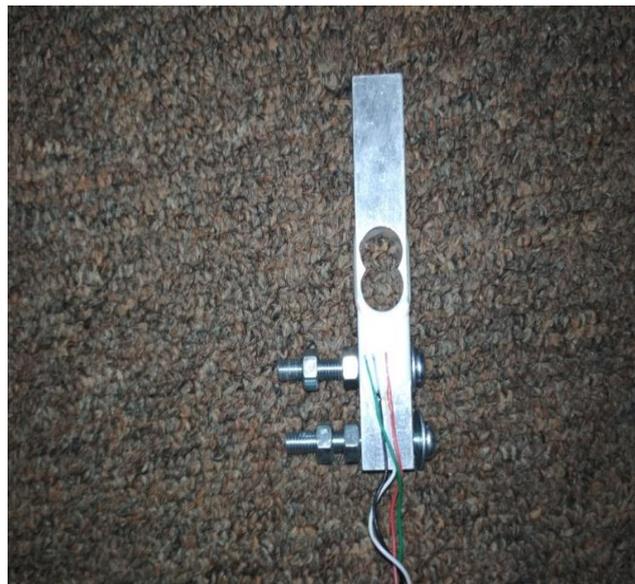
Gambar 3.33. *Hot wire anemometer*

Keterangan:

1. Tipe = *Hot Wire Anemometer 0,1-25M/S*
2. Berat = 1,9 kg
3. SKU = KW0600653
4. Warna = Hitam

5. *Load Cell*

Berfungsi sebagai sebuah alat uji perangkat listrik yang dapat mengubah suatu energi menjadi energi lainnya yang biasa digunakan untuk mengubah suatu gaya menjadi sinyal listrik. perubahan dari satu sistem ke sistem lainnya ini tidak langsung terjadi dalam dua tahap saja tetapi harus melalui tahap-tahap pengaturan mekanikal, kekuatan dan energi dapat merasakan perubahan kondisi dari baik menjadi kurang baik, Seperti pada gambar 3.34 dibawah ini:



Gambar 3.34. *Load Cell*

Keterangan:

1. *Rated load* = 1 kg
1. *Rated output* = 1.0/0,15 mV
3. *Nonlinier* = 0,05% F.s
4. *Hysteresis* = 0,03% F.s
5. *Repeatability* = 0,03% F.s
6. *Creep* = 0,1% F.s

7. *Zero balance* = 0,1000 mV
8. *Input impedance* = 1115/10%
9. *Output impedance* = 1000/10%
10. *Material* = Aluminium
11. *Protection* = IP65

6. Tabung pitot (manometer pipa U)

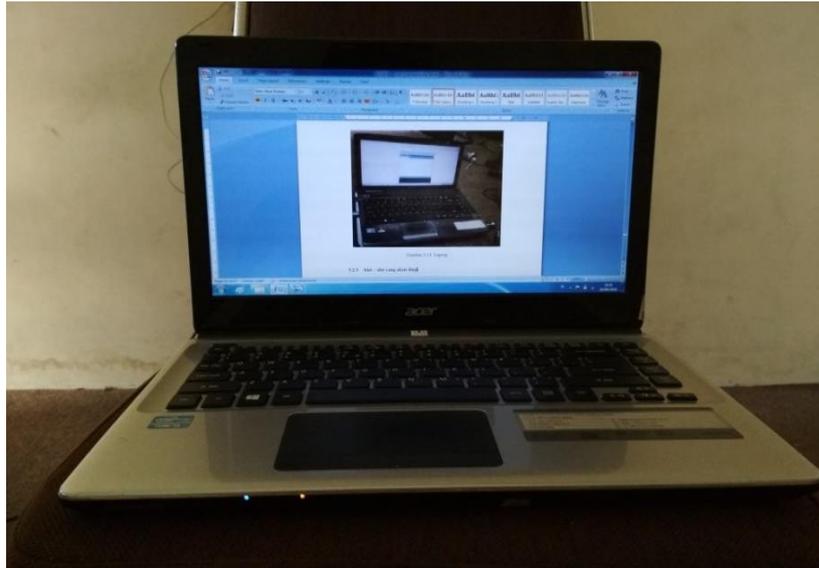
Tabung pitot (manometer pipa U) digunakan untuk mengukur *pressure* udara yang terjadi dalam ruang uji pada saat pengujian berlangsung. Tabung pitot (manometer pipa U) dipasangkan tepat ditengah *sub sonic wind tunnel*, Seperti pada gambar 3.35 dibawah ini:



Gambar 3.35. Tabung pitot (manometer pipa U).

7. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data yang dideteksi oleh program arduino, *load cell* dan *hot wire anemometer*, Seperti pada gambar 3.36 dibawah ini:



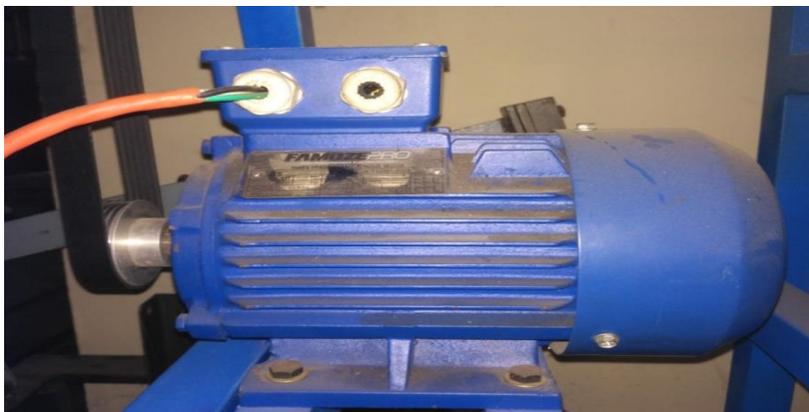
Gambar 3.36. Laptop

Keterangan:

1. Produk = Aspire E1-470
2. OS = Linux
3. Grafis = Intel HD Graphics 4000
4. Memory = 2GB DDR3
5. Layar = 14,0 “ HD (1366 x 768)

8. Dinamo (Motor Penggerak)

Fungsi dinamo adalah merubah energi listrik menjadi energi gerak putar, yang akan memutar kipas dan akan menghasilkan angin, Seperti pada gambar 3.37 dibawah ini:



Gambar 3.37. Dinamo

Keterangan:

1. Type = JB/T10391-2008

9. Inverter

inverter berfungsi sebagaisalah satu alat untuk mengubah arus AC ke DC untuk menyuplay listrik ke dinamo motor dengan arus DC, jadi alat ini aslinya mempunyai multi fungsi, merubah AC ke DC kemudian mengeluarkannya dengan arus AC kembali, Seperti pada gambar 3.38 dibawah ini:



Gambar 3.28. Inverter

10. Dudukan mobil prototipe

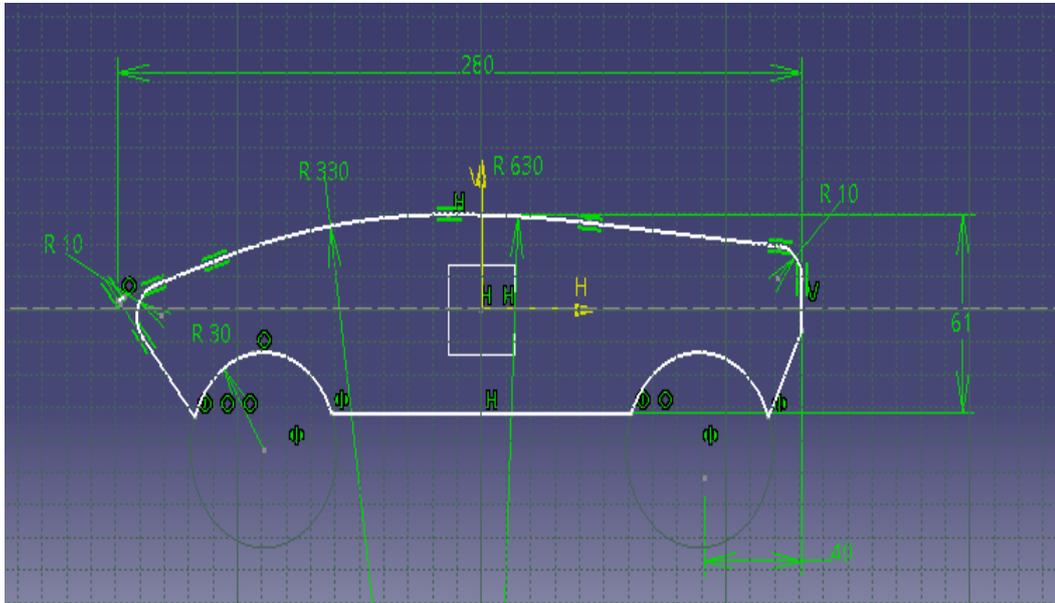
Berfungsi sebagai tempat dudukan mobil prototipe pada saat pengujian berlangsung di bagian tengah seksi uji, Seperti pada gambar 3.39 dibawah ini:



Gambar 3.39. Dudukan mobil prototipe

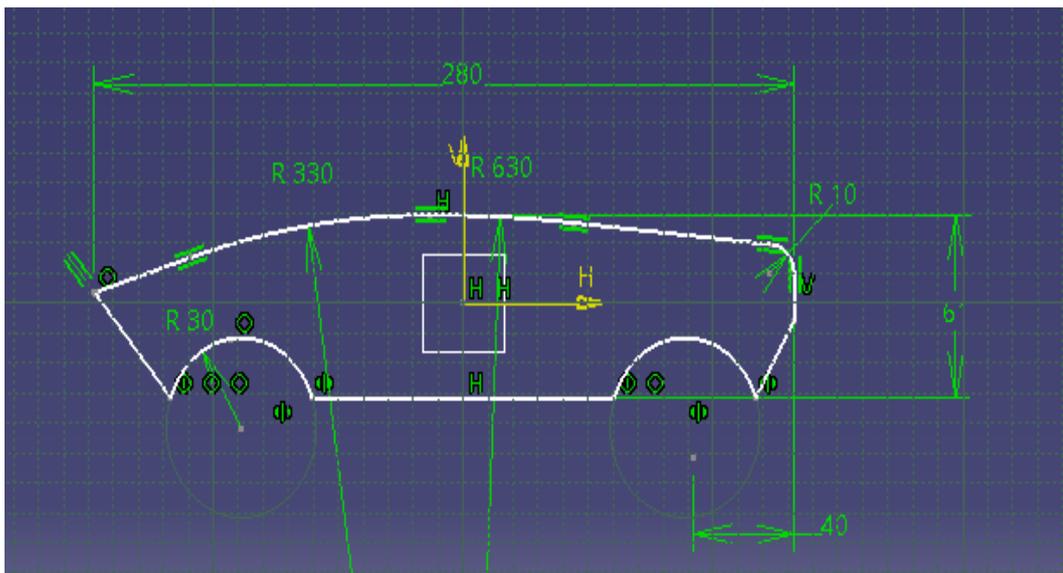
3.3. Dimensi prototipe yang akan diuji

1. Dimensi mobil prototipe berwarna hijau memiliki bagian depan lebih seperti oval dan bagian samping bawah memiliki bentuk yang agak menonjol keluar, Seperti pada gambar 3.40 dibawah ini:



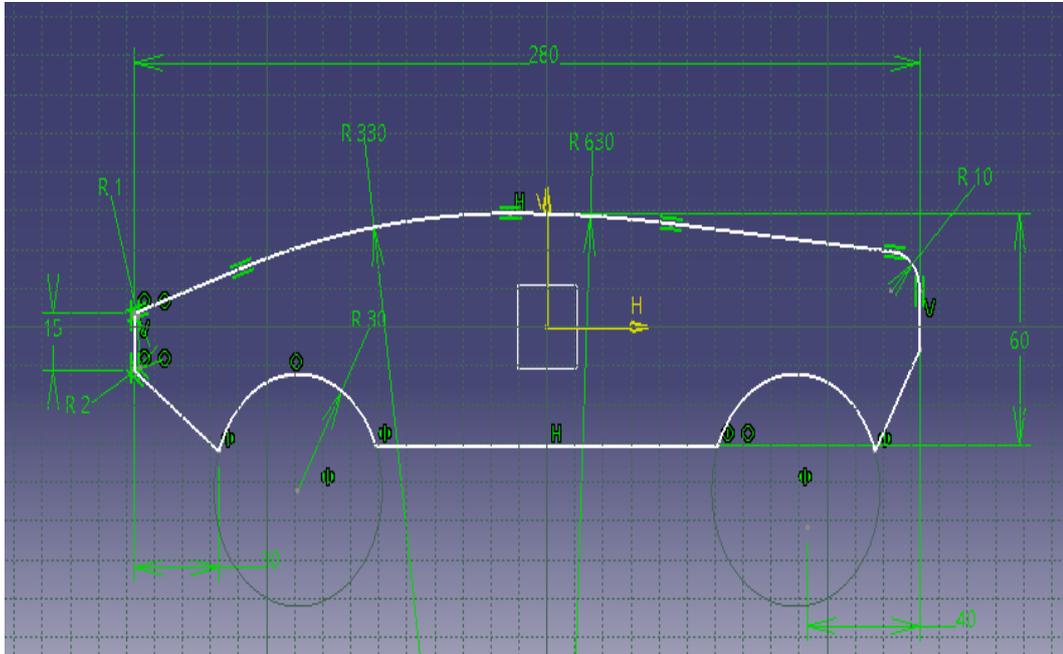
Gambar 3.40. Dimensi prototipe mobil berwarna hijau

2. Dimensi mobil prototipe berwarna merah memiliki bentuk bagian depan lebih runcing dibanding mobil berwarna merah dan kuning dan pada samping dibuat agak menonjol di bagian bawah, Seperti pada gambar 3.41 dibawah ini:



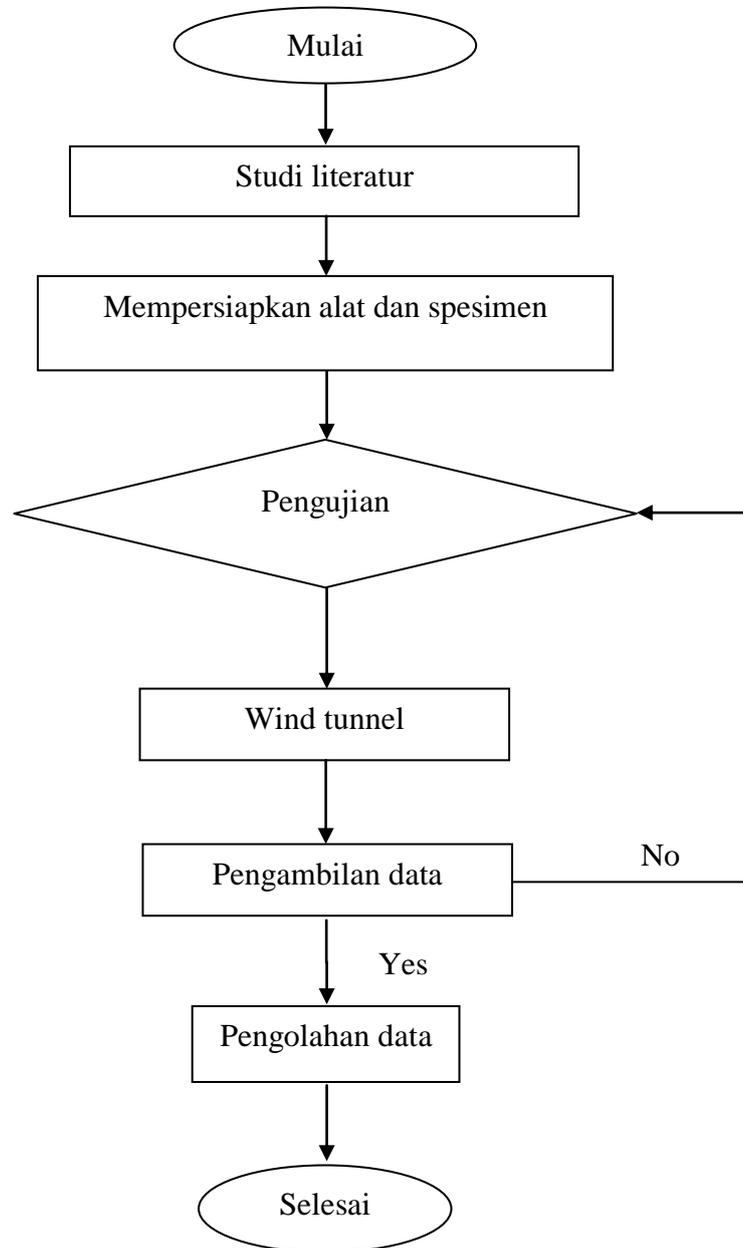
Gambar 3.41. Dimensi prototipe mobil berwarna merah

3. Dimensi mobil prototipe berwarna kuning memiliki bagian depan lebih petak dan memiliki sirip di bagian atas pada bentuk mobil dan memiliki tonjolan dibagian samping bawah bodi, Seperti pada gambar 3.42 dibawah ini:



Gambar 3.42. Dimensi prototipe mobil berwarna kuning

3.4. Diagram Alir Analisa



Gambar 3.43. Diagram alir analisa

3.5. Prosedur Pengujian

3.5.1. Mempersiapkan Alat dan Spesimen

Langkah awal yang harus dilakukan untuk melakukan pengujian adalah menyiapkan semua rangkaian peralatan yang digunakan dalam pengujian, Setelah itu mempersiapkan yang akan digunakan dalam pengujian yaitu tiga buah spesimen mobil prototipe, kemudian rangkai satu persatu semua bagian alat pengujian, setelah semua alat sudah dirangkai dan sudah sesuai prosedur pengujian barulah pengujian bisa dilakukan.

3.5.2. Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan pada wind tunnel untuk mengetahui aerodinamika pada titik-titik tertentu dari model tersebut yang pada akhirnya melahirkan sebuah kesimpulan layak atau tidaknya suatu proyek yang akan dibangun, kemudian pengujian dilakukan menggunakan mobil prototipe dengan tiga spesimen:

1. Mobil prototipe berwarna merah
2. Mobil prototipe berwarna kuning
3. Mobil prototipe berwarna hijau

dan akan di uji di *wind tunnel*, Setelah semua pengujian dengan kecepatan angin masing-masing selesai, maka langkah selanjutnya mengolah data yang kita ambil dari setiap pengujian yang di lakukan.

3.5.3. Pengambilan Data

Setelah melakukan pengujian, maka kita akan mendapatkan hasil pengujian berupa data yang terinput ke komputer, data tersebut harus sesuai dengan pengujiannya masing-masing, apabila hasil pengujian berupa data tersebut tidak sesuai atau tidak cocok maka kita harus mengulang kembali pengujian tersebut.

3.5.4. Pengolahan Data

Setelah melakukan pengujian sebanyak enam kali, kita akan mendapat data yang benar dari setiap pengujian yang dilakukan, kemudian data tersebut kita hitung dengan rumus yang digunakan dalam pengujian.

3.6. Prosedur Pengujian

Prosedur yang dilakukan dalam melakukan pengujian prototipe mobil hemat energi adalah prototipe MHE yang diletakkan diinstrumentasi pengujian, setelah itu instrumentasi serta prototipe diletakkan ditengah wind tunnel kemudian kipas dihembuskan dengan kecepatan bervariasi, kemudian dari hasil pengujian di dapat FD (gaya seret), data FD (gaya seret) terlampir dalam bentuk excel plx-daq. Prosedur lengkap pengujian dapat di lihat pada bagian dibawah ini :

1. Mempersiapkan alat dan bahan untuk pengujian.
2. Mempersiapkan spesimen yaitu prototipemobil hemat energi sebanyak 3 mobil.
3. Menyediakan arduino yang telah terpasang pada software.
4. Memasangudukan prototipe mobil ke *wind tunnel* yang akan di uji.
5. Memasang alat kecepatan angin (anemometer) pada *wine tunnel*.
6. Menghidupkan kipas dan mengatur kecepatan dengan kecepatan 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s pada inverter dan sekaligus melihat data dari arduino, *load cell* dan anemometer pada prototipemobil yang di uji pada ketiga spesimen mobil prototipe.
7. Mengatur kecepatan pada kipas *wind tunnel* agar melihat hasil yang berbeda-beda.
8. Matikan kipas dan melihat data dari arduino dan mencatat semua hasil data yang ada.
9. Mengeluarkan spesimen dari dalam *wind tunnel*.
10. Melihat semua hasil data yang telah di uji.

3.7. Rancangan alat penelitian

Rancangan mobil hemat energi (prototipe) yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan atas perhitungan awal secara teoritis dan memiliki dimensi yang sesuai dengan variabel yang diharapkan. Perhitungan tersebut dapat diuraikan dengan data-data asumsi yang dipilih dan ditetapkan. Untuk hasil perhitungan awal mobil hemat energi dilakukan secara manual dan bantuan *software* yang dikembangkan untuk menghitung perancangan dan hasil penelitian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan Mobil Prototipe

Setelah dilakukan proses pembuatan mobil hemat energi dengan menggunakan bahan komposit hasil pencetakan mobil hemat energi dapat dilihat, Seperti pada gambar 4.1, 4.2, 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.1. Hasil pembuatan mobil prototipe warna merah



Gambar 4.2. Hasil pembuatan mobil prototipe warna kuning



Gambar 4.3. Hasil pembuatan mobil prototipe warna hijau

4.2. Hasil Data Pengujian

Setelah melakukan pengujian, adapun data yang dapat diambil dari hasil pengujian ini yang sesuai dengan pembahasan dari tujuan pengujian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

4.2.1. Data Hasil Pengujian Mobil Kuning

Setelah dilakukan pengujian aerodinamis pada mobil kuning dengan variasi angin yang berbeda dan selanjutnya pengolahan data dan dihitung pada persamaan 2.1, didapat semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien gesek yang terjadi semakin rendah hal itu dapat dilihat pada kecepatan 2 m/s koefisien gesek yang terjadi pada mobil kuning sebesar 0,1594007, pada kecepatan 4 m/s koefisien gesek sebesar 0,06871233, pada kecepatan 6 m/s koefisien gesek sebesar 0,02780749, pada kecepatan 8 m/s koefisien gesek sebesar 0,017322914, pada kecepatan 10 m/s koefisien gesek sebesar 0,013129615, pada kecepatan 12 m/s koefisien gesek sebesar 0,00983174. Hasil data koefisien gesek mobil berwarna kuning dapat dilihat pada tabel 4.1 dan Gambar 4.1 grafik hasil koefisien gesek mobil mobil kuning dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4.1. Hasil Pengujian koefisien Gesek mobil kuning

FD (kg)	0,0018779	0,003238	0,0029484	0,0032653	0,003867	0,0041698
A (m ²)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
ρ (kg/m ³)	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781
U_{∞}	2	4	6	8	10	12
U_{∞}^2	4	16	36	64	100	144
2*G.c	2	2	2	2	2	2
CD	0,1594007	0,06871233	0,02780749	0,017322914	0,013129615	0,00983174

4.2.2. Data Hasil Pengujian Mobil Hijau Setelah dilakukan pengujian aerodinamis pada mobil kuning dengan variasi angin yang berbeda dan selanjutnya pengolahan data dan dihitung pada persamaan 2.1, didapat semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien gesek yang terjadi semakin rendah hal itu dapat dilihat pada kecepatan 2 m/s koefisien gesek yang terjadi pada mobil kuning sebesar 0,0149649, pada kecepatan 4 m/s koefisien gesek sebesar 0,00468268, pada kecepatan 6 m/s koefisien gesek sebesar 0,00516473, pada kecepatan 8 m/s koefisien gesek sebesar 0,002394771, pada kecepatan 10 m/s koefisien gesek sebesar 0,001906109, pada kecepatan 12 m/s koefisien gesek sebesar 0,00144523. Hasil data koefisien gesek dapat dilihat pada tabel 4.2 hasil pengujian koefisien gesek mobil hijau dan Gambar 4.2 grafik hasil koefisien mobil hijau dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4.2. Hasil Pengujian koefisien Gesek mobil hijau

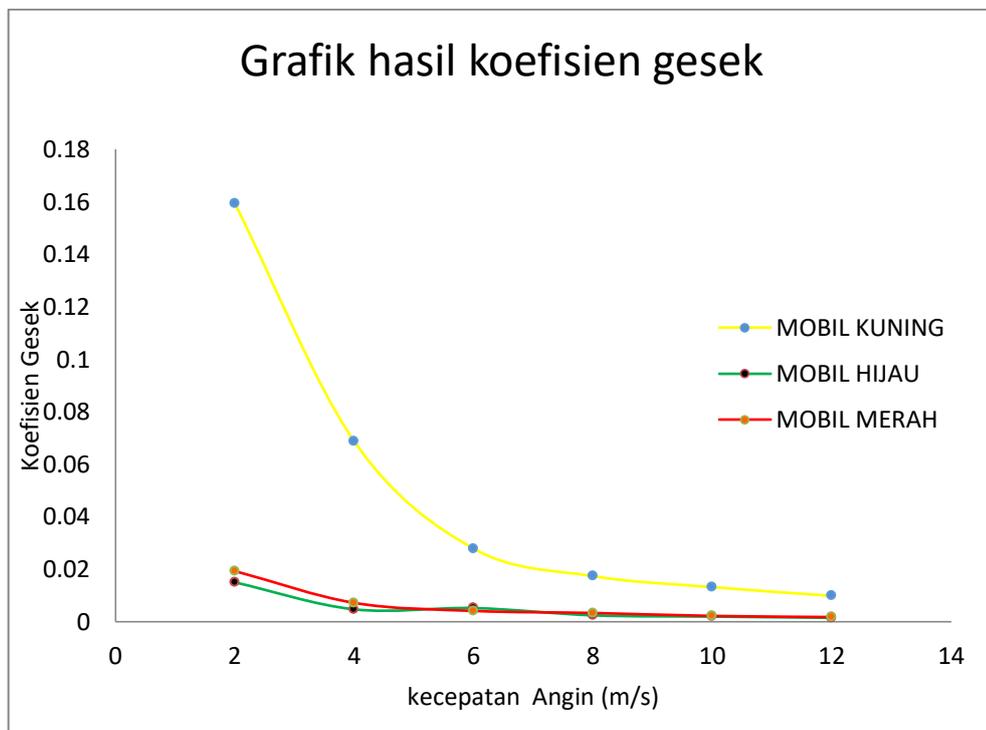
FD (kg)	0,0022214	0,0027804	0,0068999	0,0056877	0,0070736	0,0077231
A (m ²)	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
ρ (kg/m ³)	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781
U_{∞}	2	4	6	8	10	12
U_{∞}^2	4	16	36	64	100	144
2*G.c	2	2	2	2	2	2
CD	0,0149649	0,00468268	0,00516473	0,002394771	0,001906109	0,00144523

4.2.3. Data Hasil Pengujian Mobil Merah

Setelah dilakukan pengujian aerodinamis pada mobil kuning dengan variasi angin yang berbeda dan selanjutnya pengolahan data dan dihitung pada persamaan 2.1, didapat semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien gesek yang terjadi semakin rendah hal itu dapat dilihat pada kecepatan 2 m/s koefisien gesek yang terjadi pada mobil kuning sebesar 0,0192631, pada kecepatan 4 m/s koefisien gesek sebesar 0,00714398, pada kecepatan 6 m/s koefisien gesek sebesar 0,00408379, pada kecepatan 8 m/s koefisien gesek sebesar 0,003290061, pada kecepatan 10 m/s koefisien gesek sebesar 0,002176975, pada kecepatan 12 m/s koefisien gesek sebesar 0,0017411. Hasil data koefisien gesek dapat dilihat pada Tabel 4.3 hasil pengujian koefisien gesek mobil merah dan Gambar 4.3 Grafik hasil koefisien gesek mobil merah dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4.3. Hasil Pengujian koefisien Gesek Merah

FD (kg)	0,002224	0,0032992	0,0042434	0,0060776	0,0062835	0,0072366
A (m ²)	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
ρ (kg/m ³)	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781	1,1781
U_{∞}	2	4	6	8	10	12
U_{∞}^2	4	16	36	64	100	144
2*G.c	2	2	2	2	2	2
CD	0,0192631	0,00714398	0,00408379	0,003290061	0,002176975	0,0017411



Gambar 4.4. Grafik hasil koefisien gesek

Dari gambar grafik 4.4 dapat dilihat bahwa kecepatan angin mempengaruhi koefisien gesek, dimana semakin tinggi kecepatan angin maka semakin rendah koefisien gesek. Hal ini dapat dilihat pada kecepatan angin 2 m/s diperoleh hasil koefisien gesek pada mobil prototipe kuning adalah 0,1594007, mobil prototipe merah adalah 0,0192631 dan pada mobil prototipe hijau adalah

0,0149649. Sedangkan pada kecepatan angin 12 m/s koefisien geseknya turun menjadi 0,00983174 pada mobil prototipe kuning, 0,0017411 mobil prototipe merah dan 0,00144523 pada mobil prototipe hijau.

Perbedaan koefisien gesek dari ketiga jenis prototipe terlihat jelas terdapat pada prototipe kuning yang menghasilkan koefisien gesek paling tinggi dibandingkan dengan prototipe mobil lain. Sedangkan koefisien gesek terendah adalah prototipe mobil hijau seperti ditunjukkan pada gambar 4.4. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan desain bagian depan dari prototipe kuning kurang aerodinamis dibandingkan dengan yang lain dan rancangan desain bagian depan prototipe hijau merupakan rancangan desain bagian depan yang paling baik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tugas sarjana yang telah dilakukan penulis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien gesek semakin rendah, pada mobil kuning dengan kecepatan 2 m/s koefisien gesek yang terjadi pada mobil kuning sebesar 0,1594007, pada kecepatan 4 m/s koefisien gesek sebesar 0,06871233, pada kecepatan 6 m/s koefisien gesek sebesar 0,02780749, pada kecepatan 8 m/s koefisien gesek sebesar 0,017322914, pada kecepatan 10 m/s koefisien gesek sebesar 0,013129615, pada kecepatan 12 m/s koefisien gesek sebesar 0,00983174.
2. Prototipe mobil hijau memiliki koefisien gesek paling rendah dibanding dengan mobil merah dan kuning dengan nilai koefisien gesek sebesar 0,00144523. Sehingga mobil prototipe mobil warna hijau memiliki aerodinamis yang paling baik diantara mobil lainnya.

5.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya agar desain prototipe mobil hemat energi semakin beragam.
2. Sebaiknya pada saat pengujian koefisien gesek dengan menggunakan *Sub Sonic Wind Tunnel* dilakukan di ruangan tertutup agar udara atmosfer tidak mengganggu proses pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad Risa, H. (2013) *Kajian Mobil Hybrid Dan Kebutuhannya Di Indonesia*. Laporan Tesis, Jakarta: Program Pasca Sarjana, Bidang Peminatan Manajemen Sistem Manufactur, Universitas Guna Darma.

Joshua Sam Jon S^b, M.S.K, Tony Suryo Utomo, (2017), *Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Residual-Sat Dengan menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

J.P. Holman, E. Jasjfi, (1991), *Perpindahan Kalor Edisi Ke 6*. Jakarta : Erlangga.

Nurul Huda, (2016), *Analisa Aerodinamika Pada Mobil Bayu Surya Menggunakan CFD Pada Software Ansys 15,0*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.

(<http://www.pengertianmenurutparaahli.com/pengertian-koefisien-gesek/>)

(<http://zocara.blogspot.com/2016/02/pengertian-gaya-merupakan-suatu.html#ixzz5hxGlbqYj>)