

ANALISIS KARAKTERISTIK BODI DAN CHASSIS PADA PROTOTYPE KENDARAAN LISTRIK

Arya Yudistira Dwinanto, Fadhil Burhanuddin Muhammad
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya ; Jl. Mayjend. Haryono No. 167,
Malang, 65145, Indonesia
Telp. : +62-341-552941; Fax : +62-341-551430
aryatekmesin@gmail.com

Abstract

In the design of electric vehicles prototype, there are many things that must be taken into account and considered to be used completely without danger and failure in materials. In general, they are the design of body, chassis or frame design, the design of the transmission system, the design of the engine (motor), and the design of electrical installations. Vehicle chassis monocoque has a lighter weight compared to the vehicle chassis with a ladder. The weight of the vehicle has a considerable effect on the efficiency of the motor in which the motor work harder. Body vehicle glass fiber and carbon fiber also has a weight that is much different. With the same frame, the vehicle weight is obtained with a machine that utilizes carbon fiber body and fiber glass 43 kgf and 54 kgf. Excess carbon fiber monocoque chassis can be combined to produce the weight of the vehicle 36 kgf.

Keywords: Carbon Fiber ; Monocoque ; Ladder ; Frame ; Fiber Glass ; Weight ; Efficiency

PENDAHULUAN

Kendaraan listrik merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan krisis energi dan lingkungan. Hal ini dikarenakan kendaraan listrik tidak membutuhkan bahan bakar fosil dan tidak menghasilkan polusi seperti halnya kendaraan bermotor. Namun terdapat beberapa kemiripan komponen antara kendaraan listrik dengan kendaraan bermotor, antara lain adalah bodi dan chassis kendaraan.

Karakteristik bodi dapat dipengaruhi material pembentuk bodi walaupun geometri memiliki pengaruh yang tidak begitu besar. Terdapat berbagai macam material pembentuk bodi dan chassis. Pada manufaktur bodi kendaraan dan chassis, material yang digunakan dapat berupa logam dan komposit. Logam sebagai material pada bodi kendaraan dapat kita temui pada kendaraan disekitar kita. Namun, biasanya juga terdapat kendaraan yang memakai material komposit. Komposit memiliki kelebihan dibandingkan dengan logam, yaitu dalam hal massa jenis yang lebih kecil, serta nilai kekerasan yang lebih besar [4]. Massa jenis menentukan bobot bodi sedangkan kekerasan berpengaruh pada kekakuan. Komposit yang menjadi material

pada manufaktur bodi diantaranya adalah *fiber glass* dan *carbon fiber*.

Karakteristik chassis dapat dipengaruhi oleh material dan struktur chassis. Terdapat berbagai struktur chassis, diantaranya adalah *monocoque chassis* dan *ladder structure*. Material chassis dapat berupa logam ataupun komposit. Material komposit pada chassis tidak seperti komposit pada bodi kendaraan yang *reinforcement*-nya berupa fiber, komposit pada chassis lebih pada struktur sebagai *reinforcement*-nya, seperti *foam core structure* dengan struktur chassis berupa *monocoque structure*. Sedangkan material chassis yang berupa logam, biasanya logam yang digunakan dapat berupa aluminium paduan dengan struktur chassis yang dapat berupa *ladder structure*.

Untuk itu perlu dilakukan kajian bodi dan chassis pada kendaraan listrik dengan subjek berupa *prototype* kendaraan listrik dengan harapan dapat mengetahui kelebihan serta kekurangan pada bodi dan chassis dari *prototype-prototype* yang dikaji sehingga dapat dijadikan bahan rujukan dalam perencanaan kendaraan listrik.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini digunakan dua metode dalam pengumpulan data. Adapun metode penelitian yang digunakan ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)

Metode ini digunakan dalam mendapatkan data dengan cara observasi dengan literatur yang digunakan. Kemudian juga dengan membaca sumber-sumber data informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan. Sehingga dengan penelitian kepustakaan ini diperoleh secara teori mengenai permasalahan yang dibahas.

2. Metode Penelitian Lapangan (*Field Research*)

Metode ini digunakan dalam pengumpulan data, dimana penyelidik secara langsung terjun pada proyek penelitian, sedangkan cara lain yang dipakai dalam *Field Research* ini adalah :

- a. *Interview*, metode ini digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mengajukan pertanyaan secara langsung kepada tim kendaraan listrik yang ikut berpartisipasi.
- b. Observasi, yaitu suatu metode dalam memperoleh data, dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya dalam penelitian.
- c. Dokumentasi, yaitu mengumpulkan data menurut metode ini penulis mencatat dari data dokumen yang ada kaitannya dengan kendaraan listrik yang menjadi objek penelitian.

B. Kerangka Pemikiran

1. Komposit

Menurut Matthews dkk. (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda [1]. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik ini yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit mempunyai sifat dari material konvensional

pada umumnya dari proses pembuatannya melalui percampuran yang tidak homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat.

Kroschwitz dan rekan telah menyatakan bahwa komposit adalah bahan yang terbentuk apabila dua atau lebih komponen yang berlainan digabungkan. Rosato dan di Matitia pula menyatakan bahwa plastik dan bahan-bahan penguat yang biasanya dalam bentuk serat, dimana ada serat pendek, panjang, anyaman pabrik atau lainnya [2].

2. Fiber sebagai penguat (*Fiber composites*)

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

3. *Hybrid fiber composite*

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Pertimbangannya supaya dapat mengeliminir kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya. Jenis fiber yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit antara lain sebagai berikut :

a) *Fiber-glass*

Sifat-sifat *fiber-glass*, yaitu sebagai berikut :

1. Density cukup rendah (sekitar 2,55 g/cc)
2. Tensile strengthnya cukup tinggi (sekitar 1,8 GPa)
3. Biasanya stiffnessnya rendah (70GPa)
4. Stabilitas dimensinya baik
5. Resisten terhadap panas dan dingin

6. Tahan korosi
7. Komposisi umum adalah 50-60% SiO₂ dan paduan lain yaitu Al, Ca, Mg, Na, dan lain-lain.

Keuntungan dari penggunaan fiber-glass yaitu sebagai berikut :

1. Biaya murah
 2. Tahan korosi
 3. Biayanya relatif lebih rendah dari komposit lainnya
 4. Biasanya digunakan untuk piing, tanks, boats, alat-alat olahraga
- Kerugian dari penggunaan fiber-glass yaitu sebagai berikut :
1. Kekuatannya relatif rendah
 2. Elongasi tinggi
 3. Kekuatan dan beratnya sedang (*moderate*)

b) Fiber-carbon

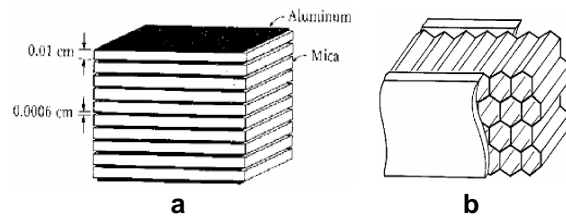
Sifat-sifat *fiber-carbon*, yaitu sebagai berikut :

1. Densitas karbon cukup ringan yaitu sekitar 2,3 g/cc.
2. Struktur grafit yang digunakan untuk membuat fiber berbentuk seperti kristal intan.
3. Mempunyai karakteristik yang ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.
4. Memisahkan bagian yang bukan karbon melalui proses
5. Terdiri dari ± 90% karbon
6. Dapat dibuat bahan turunan : grafit yang kekuatannya dibawah serat karbon
7. Diproduksi dari Polyacrylnitril (PAN), melalui tiga tahap proses, yaitu sebagai berikut :

- Stabilisasi = Peregangan dan oksidasi.
- Karbonisasi = Pemanasan untuk mengurangi O, H, N
- Grafitisasi = Meningkatkan modulus elastisitas.

4. Fiber sebagai struktural (*Structure composites*)

Komposit struktural dibentuk oleh *reinforce-reinforce* yang memiliki bentuk lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur *laminata* dan struktur *sandwich*, ilustrasi dari kedua struktur komposit tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 1. Ilustrasi komposit berdasarkan Strukturnya : a. *Struktur laminata* b. *Sandwich panel*

5. *Foam Core Structure*

6. *Chassis Structure*

a. *Ladder Chassis*

Keuntungan dari *chassis ladder* adalah sebagai berikut:

- Mudah untuk didesain, dibangun, dan dimodifikasi
- Lebih cocok untuk kendaraan berat yang suka off-road dan lebih tahan lama
- Mudah untuk di reparasi bila terjadi tumbukan

Kelemahan dari *chassis ladder* adalah sebagai berikut:

- Lebih berat dibandingkan *chassis* model lainnya
- *Performance*-nya lebih rendah dibandingkan *chassis* model lain
- Efisiensi lebih rendah
- Torsi rendah saat melewati tikungan
- Mudah terguling



Gambar 2. Mobil dengan *chassis ladder*

b. Tipe Rangka *Monocoque*

Chassis ini merupakan satu kesatuan dengan body. Rangka tipe ini sudah tidak menggunakan *chassis* batang lagi, melainkan menggabungkan setiap komponen *body* mobil sehingga dapat menopang mesin, kopling, transmisi, diferensial, dll.

Keuntungan dari rangka ini adalah:

- Bobot paling ringan
 - *Handling* lebih lembut
 - *Ground clearance* lebih rendah
- Kekurangan dari rangka ini adalah:
- Sangat sulit diperbaiki
 - Sulit untuk dilakukan perombakan



Gambar 3. Mobil dengan *chassis monocoque*

C. Tabel-tabel

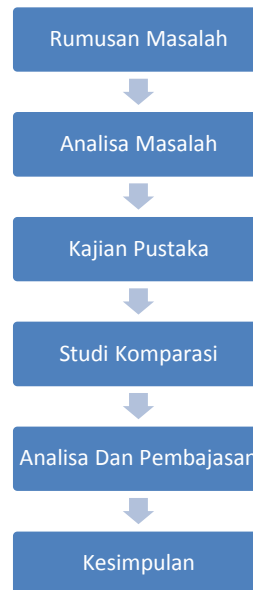
Tabel 1. Tabel Perbandingan Properti Komposit

	Material	lbs/ft ³	gm/cm ³	psi x 10 ⁶	Gpa	%
Fibers	E glass (24 or WR)	162,4	2,6	10,5	72,45	4,8
	Carbon-PAN	109,7	1,76	33-57	227-393	0,38-2
Laminates	Polyester hand lay up	96	1,54	1,4	9,66	n/a
	Carbon Epoxy	97	1,55	8,7	60	n/a
Metals	Aluminium 6061	169,3	2,71	10	69	10

Tabel 2. Kelebihan Versus Kekurangan

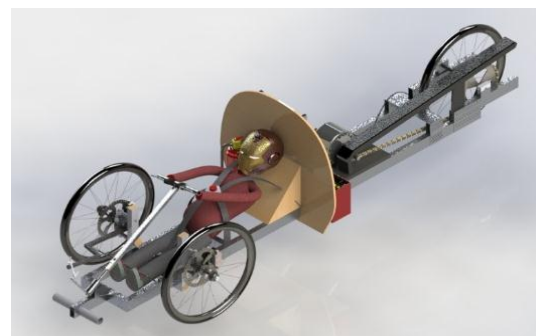
Fiber	Kelebihan	Kekurangan
Fiber-glass	1. Kekuatan tinggi 2. Relatif murah	Kurang elastis
Fiber-carbon	1. Lebih kuat dibandingkan fiber-glass 2. Stiffness(kuat+keras) besar 3. Koefisien pemuaian kecil 4. Menahan getaran	1. Agak getas 2. Nilai peregangan kurang 3. Agak mahal

D. *Flowchart* Penelitian

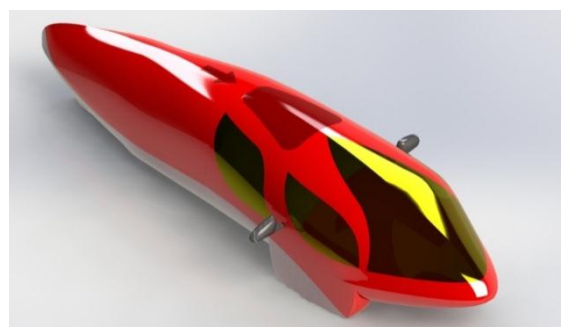


E. Spesifikasi Subjek Penelitian

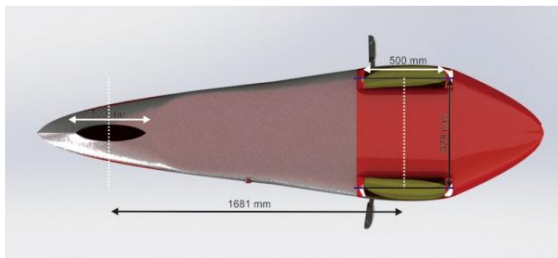
1. Aristo EV 3



Gambar 4. Aristo EV-3 tampak isometri



Gambar 5. Body Aristo Evo 3 tampak isometri



Gambar 6. Track width, wheelbase dan diameter roda

a. Dimensi

- Track width = 629 mm
- Compartment Engine = 254,8 mm x 287 mm
- Wheel Base = 1681 mm
- Roll Bar = 290583.5 mm²
- Body Length = 3000 mm
- Body Height = 689,5 mm

b. Vehicle Detail

- Vehicle name : Aristo Evo – III
- Vehicle type : Prototype Diesel
- Built by : Apatte – 62 Universitas Brawijaya
- Body : Glass Fiber Reinforcement Plastic
- Chassis : Alumunium Ladder
- Dimension : 300 cm x 81,5 cm 68,95 cm
- Power Source : Battery LiFePO4 cells
- Weight : 54 kg
- Transmission Rasio : Single transmission

2. Aristo EV 1



Gambar 7. Aristo EV-1

a. Dimensi

- Track width = 641 mm
- Compartment Engine = 250,4 mm x 277 mm
- Wheel Base = 1711 mm
- Roll Bar = 295144.2 mm²

- Body Length = 3100 mm
 - Body Height = 690,6 mm
- b. Vehicle Detail
- Vehicle name : Aristo Evo – I
 - Vehicle type : Prototype Listrik
 - Built by : Apatte – 62 Universitas Brawijaya
 - Body : CarbonFiber Reinforcement Plastic
 - Chassis : Alumunium Ladder
 - Dimension : 310 cm x 81,5 cm 69,06 cm
 - Power Source : Battery LiFePO4 cells
 - Weight : 43 kg
 - Transmission Rasio : Single transmission

3. Keris R-VII



Gambar 8. Bodi Keris R-VII Tampak Isometri



Gambar 9. Chassis Keris R-VII Tampak Isometri

a. Dimensi

- Track width = 560 mm
- Compartment Engine = 230 mm x 252 mm

- Wheel Base = 1320 mm
- Roll Bar = 237751.8 mm²
- Body Length = 2800 mm
- Body Height = 550 mm

b. *Vehicle Detail*

- Vehicle name : Keris R-VII
- Vehicle type : Prototype Listrik
- Built by : Nakoela Hore Universitas Indonesia
- Body : Carbon Fiber
- Chassis : Monocoque (Foam Core)
- Dimension : 280 cm x 81,5 cm x 55 cm
- Power Source : Battery LiFePO4 cells
- Weight : 42 kg
- Transmission Rasio : Single transmission

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel – tabel di bawah, terdapat parameter-parameter yang akan dibandingkan, antara lain material serta struktur bodi dan sasis, berat prototype, serta pencapaian jarak tempuh per kWh.

Dari ketiga parameter tersebut, yang akan dijadikan acuan adalah pencapaian jarak tempuh per kWh, sedangkan material serta struktur bodi dan sasis dijadikan dasaran yang nantinya memiliki hubungan sebab akibat dengan pencapaian jarak tempuh per kWh.

Tabel 4. Perbandingan Prototype

Nama Prototype	Dimensi	Bodi dan sasis	Berat (kg)	Pencapaian (kWh)
Aristo Ev-3	300 cm x 81,5 cm x 68,95 cm	Bodi : Glass Fiber Reinforcement Plastic Chassis : Aluminium Ladder	54	274
Aristo Ev-1	310 cm x 81,5 cm x 69,06 cm	Bodi : Carbon Fiber Reinforcement Plastic Chassis : Aluminium Ladder	43	324
Keris R-VII	280 cm x 81,5 cm x 55 cm	Body : Carbon Fiber Chassis : Foam Core	42	345

Material pembentuk bodi dari ketiga prototype berupa carbon fiber dan glass fiber. Prototype yang memakai glass fiber pada prototypenya adalah Aristo Ev-3 sedangkan prototype Aristo Ev-1 dan Keris R-VII menggunakan carbon fiber sebagai material pembentuk bodi.

Tabel 5. Kelebihan dan Kekurangan Struktur Chassis

Jenis Struktur Chassis	Kelebihan	Kekurangan
Ladder Structure	Mudah untuk didesain, dibangun, dan dimodifikasi	Lebih berat dibandingkan chassis model lainnya
	Lebih cocok untuk kendaraan berat yang suka off-road dan lebih tahan lama	<i>Performance</i> -nya lebih rendah dibandingkan chassis model lain
	Mudah untuk di reparasi bila terjadi tumbukan	Efisiensi lebih rendah Torsi rendah saat melewati tikungan
Monocoque Structure	Bobot paling ringan	Mudah terguling Sangat sulit diperbaiki
	<i>Handling</i> lebih lembut <i>Ground clearance</i> lebih rendah	Sulit untuk dilakukan perombakan

1. *Analisa chassis prototype*

Pada bagian sasis, prototype Aristo Ev-1 dan Aristo Ev-3 menggunakan Ladder Chassis dengan material Aluminium sedangkan Keris R-VII menggunakan struktur sasis monocoque dengan menggunakan material foam core.

Berdasarkan dasar teori, maka Aristo Ev-1 dan Aristo Ev-3 memiliki sifat bobot paling berat diantara jenis struktur sasis lain (hal ini sesuai dengan data pada tabel 4.) *performance*-nya lebih rendah dibandingkan

chassis model lain, efisiensi lebih rendah, torsi rendah saat melewati tikungan, mudah terguling sedangkan Keris R-VII memiliki sifat bobot paling ringan (hal ini sesuai dengan data pada tabel 4), *handling* lebih lembut, *ground clearance* lebih rendah (hal ini sesuai dengan data pada tabel 4), sangat sulit diperbaiki, sulit untuk dilakukan perombakan.

Tabel 6. Kelebihan dan Kekurangan Material Bodi

Kelebihan	Jenis Material Bodi	
	Fiber Glass	Carbon Fiber
Biaya murah	√	-
Tahan korosi	√	√
Biayanya relatif lebih rendah dari komposit lainnya	√	-
Mempunyai karakteristik yang ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.	√	√√
Dapat dibuat bahan turunan : grafit yang kekuatannya dibawah serat karbon	-	√
Densitas	√	√√

Skala Penilaian :

- √ : Cukup
- √√ : Baik
- √√√ : Sangat Baik

Analisa material body prototype

Berdasarkan Tabel. 3, kita dapat melihat nilai properti tiap komposit. Glass fiber (S class), memiliki nilai massa jenis 2,49 gr/cm³, kekuatan tarik 4589 Mpa, dan elongasi maksimal 5,7 % sedangkan carbon fiber memiliki massa jenis 1,76 gr/cm³, kekuatan

tarik 2415-4830 Mpa, dan elongasi maksimal 0.38-2.0 %.

Carbon fiber memiliki nilai massa jenis yang lebih rendah dari glass fiber sehingga menjadikan carbon fiber memiliki berat yang lebih ringan dari glass fiber. Hal ini dapat dibuktikan dengan lebih ringannya berat prototype Aristo Ev-1 dan Keris R-VII dibandingkan dengan Aristo Ev-3. Bodi pada prototype Aristo Ev-1 dan Keris R-VII memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan dengan Aristo Ev-3 yang menggunakan glass fiber sebagai material pembentuk bodi. Nilai elongasi pada prototype Aristo Ev-1 dan Keris R-VII lebih rendah dari Aristo Ev-3 sehingga menjadikan prototype Aristo Ev-1 dan Keris R-VII memiliki struktur bodi yang lebih kaku dan keras.

2. Analisa akhir

Berdasarkan analisa sebelumnya, dari ketiga prototype, prototype dengan beban terbesar adalah Aristo Ev-3, sedangkan yang paling ringan adalah Keris R-VII.

Berdasarkan tabel 4, nilai jarak tempuh pada masing masing prototype adalah Aristo Ev-1 324 km/kWh, Aristo Ev-3 274 km/kWh, sedangkan Keris R-VII 345 km/kWh.

Hal ini sesuai dengan dasar teori, dimana beban kendaraan mempengaruhi konsumsi listrik pada motor listrik dan konsumsi listrik akan mempengaruhi jarak tempuh. Semakin berat beban kendaraan, maka konsumsi daya listrik yang dibutuhkan akan semakin besar, begitu juga sebaliknya sehingga jika konsumsi daya listrik semakin besar, maka jarak tempuh yang didapat akan semakin pendek.

KESIMPULAN

1. Bodi dan sasis memiliki kontribusi penting dalam menentukan beban pada prototype.
2. Dari ketiga prototype, prototype dengan beban terbesar adalah Aristo Ev-3, kemudian Aristo Ev-1 dan yang paling ringan adalah Keris R-VII.
3. Prototype dengan beban terberat, memiliki nilai konsumsi bahan bakar terendah, begitu juga sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Matthews, F.L., Rawlings, RD., 1993, Composite Material Engineering And Science, Imperial College Of Science, Technology And Medicine, London, UK.
- [2] M. M. Schwartz, 1984. Composite Materials Handbook. New York : McGraw-. Hill Inc.
- [3] Courtney, TH., 1999, Mechanical Behavior Of Material, Mc Graw, Hill International Engineering, Material Science/Metallurgy Series.
- [4] Van Vlack, LH., 1994, terjemahan Japrie, S. Ilmu dan Teknologi Bahan, E-disi kelima, Erlangga, Jakarta.