

**EVALUASI DESAIN *BODY* MOBIL *URBAN* UEV-15 TRISULA UNTUK
PENINGKATAN KINERJA DALAM AJANG KONTES MOBIL HEMAT
ENERGI (KMHE 2020) DENGAN MENGGUNAKAN *VALUE ENGINEERING***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik**

Oleh :

GILANG PURNAMA ADI

D 600 160 012

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**EVALUASI DESAIN *BODY* MOBIL *URBAN* UEV-15 TRISULA UNTUK
PENINGKATAN KINERJA DALAM AJANG KONTES MOBIL HEMAT ENERGI (KMHE
2020) DENGAN MENGGUNAKAN *VALUE ENGINEERING***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

GILANG PURNAMA ADI

D 600 160 012

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen

Pembimbing



Hari Prasetyo, S. T., M. T., Ph.D.

NIK. 886

HALAMAN PENGESAHAN

**EVALUASI DESAIN *BODY* MOBIL URBAN UEV-15 TRISULA UNTUK
PENINGKATAN KINERJA DALAM KOMPETIS AJANG KONTES MOBIL HEMAT
ENERGI (KMHE 2020) DENGAN MENGGUNAKAN *VALUE ENGINEERING***

OLEH

GILANG PURNAMA ADI

D 600 160 012




Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jumat. 19 Juni 2020

Dewan Penguji:

Nama	Tanda Tangan
1. Hari Prasetyo, S. T ., M. T ., Ph.D. (Ketua Dewan Penguji)	
2. Ir. Mila Faila Sufa, S. T ., M. T. (Anggota I Dewan Penguji)	
3. Munajat Tri Nugroho, S. T ., M. T ., Ph.D. (Anggota II Dewan Penguji)	

Dekan,



Ir. Sri Sunario, M.T., Ph.D., IPM
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 19 Juni 2020

Penulis



GILANG PURNAMA ADI

D600160012

EVALUASI DESAIN *BODY* MOBIL *URBAN* UEV-15 TRISULA UNTUK PENINGKATAN KINERJA DALAM AJANG KONTES MOBIL HEMAT ENERGI (KMHE 2020) DENGAN MENGGUNAKAN *VALUE ENGINEERING*

Abstrak

Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) merupakan kompetisi yang diadakan oleh DIKTI bertujuan untuk menguji kemampuan merancang dan membangun kendaraan yang aman, irit dan ramah lingkungan (Regulasi Teknik KMHE 2019). Pada KMHE 2019 yang lalu Universitas Muhammadiyah Surakarta ikut berpartisipasi dengan mengirimkan tiga mobil yang salah satunya adalah kategori Urban Concept Motor Listrik dengan nama UEV-15 Trisula. Dalam kompetisi KMHE 2019 yang lalu khususnya Urban Concept UEV-15 Trisula mengalami beberapa kendala salah satunya adalah pada bagian body karena tidak sesuai dengan regulasi teknis yang ada. Dengan metode Value Engineering diharapkan dapat menghasilkan kriteria sebagai dasar mengembangkan dan memilih alternatif desain body; melakukan pengukuran performansi, biaya, dan value terhadap alternatif-alternatif desain; dan memberikan alternatif desain terbaik berdasarkan hasil penilaian kriteria sehingga dapat memperbaiki ketidaksesuaian tersebut kemudian meningkatkan kinerja dan performa di KMHE tahun 2020.

Kata kunci : Body, KMHE, Mobil Listrik, Value Engineering

Abstract

Energy Saving Car Contest (KMHE) is a competition held by DIKTI aimed at testing the ability to design and build vehicles that are safe, economical and environmentally friendly (Technical Regulations for KMHE 2019). In the 2019 KMHE the Muhammadiyah University of Surakarta participated by sending three cars, one of which was the Urban Concept Electric Motor category named UEV-15 Trisula. In the last 2019 KMHE competition, especially the Urban Concept UEV-15 Trident experienced several obstacles, one of which was the body part because it was not in accordance with existing technical regulations. The Value Engineering method is expected to produce criteria as a basis for developing and choosing alternative body designs; measuring the performance, cost, and value of design alternatives; and provide the best design alternative based on the results of the evaluation criteria so that it can correct the discrepancy and then improve the performance and performance of the KMHE in 2020.

Keyword : Body, KMHE, Electric Car, Value Engineering

1. PENDAHULUAN

Era modern seperti sekarang ini tentu sangat erat kaitannya dengan kemajuan teknologi, salah satunya adalah teknologi transportasi. Peranan transportasi dinilai sangat penting untuk kegiatan – kegiatan manusia di berbagai bidang khususnya bidang perekonomian seperti angkutan umum, sarana pengiriman barang, dan lain sebagainya. Seperti pendapat Koto & Asnawi (2016) bahwa fungsi

transportasi untuk umat manusia adalah sebagai sarana mobilitas agar menunjang kehidupan. Transportasi juga merupakan salah satu parameter yang menunjukkan maju/tidaknya suatu wilayah tertentu (Dupont, Hubert, Guidat, & Camargo, 2019).

Seiring berkembangnya zaman, munculnya teknologi transportasi dinilai mulai menimbulkan permasalahan khususnya dalam konsumsi bahan bakar. Salah satu sumber energi saat ini yang diolah dan kemudian sebagian besar negara di dunia memanfaatkannya sebagai bahan bakar kendaraan bermotor adalah energi fosil (minyak dan gas). Pendapat Erdener, Arinan, & Orman (2011) bahwa minyak bumi adalah yang mengalami tingkat penipisan tercepat karena konsumsi yang berlebihan untuk transportasi. Energi dengan bahan bakar fosil juga dinilai menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan sekitar (Holmberg & Erdemir, 2019). Di sisi lain sumber energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Hal tersebut akan menimbulkan permasalahan yaitu krisis energi apabila tidak ditangani dengan segera.

Salah satu upaya pemerintah yang sudah terealisasikan dalam menghadapi krisis energi adalah melalui Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemristekdikti) mengadakan suatu kompetisi tahunan berbasis hemat energi yaitu Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) (Regulasi KMHE 2019). Kompetisi tersebut merupakan sebuah ajang lomba mobil irit tingkat nasional yang diikuti oleh mahasiswa dari seluruh Universitas/ Institut/ Politeknik di seluruh Indonesia dengan persyaratan tertentu yang ditetapkan oleh panitia. Dalam kompetisi ini sangat dibutuhkan kemampuan merancang dan membangun kendaraan yang irit, aman, dan ramah lingkungan.

Menurut Regulasi KMHE (2019) dalam kompetisi terdapat dua kategori perlombaan yaitu *prototype* dan *urban concept* dimana dalam dua kategori tersebut dibagi lagi menjadi empat subkategori berdasarkan sumber penggerakannya yaitu Motor Pembakaran Dalam (MPD) Gasoline, MPD Diesel, MPD Etanol, dan Motor Listrik. Dari keempat subkategori tersebut, motor listriklah yang dinilai paling efisien dan ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber penggerak lain karena tidak menghasilkan emisi beracun ke atmosfer (Wilberforce et al., 2017). Hal inilah yang membangkitkan semangat pemerintah untuk terus berupaya mengembangkan motor listrik agar dapat diimplementasikan ke teknologi transportasi seperti contohnya adalah mobil listrik. Dalam mewujudkan upaya mengatasi kelangkaan sumber energi fosil, pemerintah melibatkan instansi pendidikan khususnya universitas – universitas di Indonesia untuk mulai mengembangkan mobil listrik (Subekti, Hartanto, & Susanti, 2012).

Mobil listrik adalah mobil yang penggerakannya adalah motor listrik dan sumber energinya berasal dari baterai yang energinya dapat disimpan di dalam baterai tersebut. Mobil listrik ini pertama kali diperkenalkan oleh seorang ilmuwan dari Skotlandia bernama Robert Anderson pada tahun 1832 – 1839 (Suyono et al., 1839).

Universitas Muhammadiyah Surakarta menjadi salah satu dari sekian peserta yang berpartisipasi dalam ajang kompetisi KMHE 2019 di kota Malang dengan mengirimkan dua komunitas salah satunya adalah komunitas *Electric Car Research Center* (ECRC). Komunitas ECRC merupakan suatu komunitas yang menjadi wadah bagi mahasiswa untuk melakukan kegiatan riset khususnya dalam pengembangan traksi di bidang elektrik untuk menjawab tantangan energi di masa depan. *Output* yang telah dihasilkan komunitas ECRC adalah dua unit mobil listrik yaitu UEV-15 Trisula dan Ababil EVO II. Komunitas ECRC terdiri dari tiga program studi yaitu Teknik Elektro, Teknik Mesin, dan Teknik Industri dimana ketiga program studi tersebut saling bersinergi dalam merancang dan membuat mobil listrik tersebut.

Dua mobil yang berhasil diciptakan oleh komunitas ECRC yang telah diperkenalkan oleh pihak UMS, diikutsertakan dan dikirimkan ke Malang untuk mengikuti KMHE 2019 di kategori atau kelas yang berbeda yaitu Ababil EVO II kelas *prototype* motor listrik dan mobil UEV-15 Trisula kelas *Urban Concept* Motor Listrik Dalam pelaksanaan kompetisi tersebut hasil yang dicapai belum sesuai dengan target/ tujuan dari tim dan pemberi dana. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Ada faktor dari sistem penggerak, faktor dari *chasis, body*, dan sistem mekanik maupun transmisinya.

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan oleh tim ECRC, terdapat beberapa aspek yang menjadi penyebab capaian pada KMHE 2019 tidak sesuai dengan yang direncanakan. Salah satunya adalah aspek dari *body* dimana beberapa spesifikasi dari *body* tidak sesuai dengan apa yang telah dirancang atau direncanakan sehingga melanggar aturan atau regulasi yang telah ditetapkan. Maka dari itu perlu dilakukan perencanaan perbaikan dan pengembangan pada *body urban* UEV-15 Trisula.

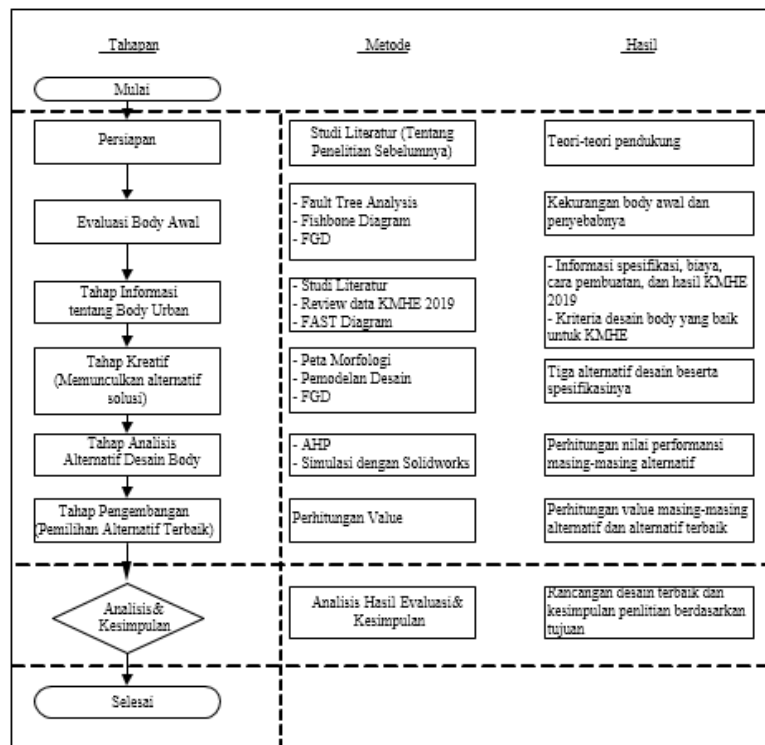
Dalam proses perencanaan dan pengembangan suatu produk tentu harus memperhatikan tahap – tahap penting yang mana akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan. Tahapan – tahapan dalam perencanaan dan pengembangan suatu produk yang pertama adalah pengembangan konsep dimana pada tahap pengembangan konsep ini disesuaikan dengan kebutuhan dari pasar atau *costumer*. Tahapan kedua adalah merancang desain awal dengan sistem bertingkat dimana pada tahap ini spesifikasi fungsional dari masing – masing subsistem produk terdefiniskan dan *flowchart* proses dari pembuatan produk dari awal sampai akhirpun dimunculkan. Tahap ketiga adalah merancang detail dari desain dimana pada tahap ini spesifikasi – spesifikasi geometri dari produk terdefiniskan secara rinci seperti bahan dan dimensi – dimensinya. Tahap keempat adalah pengujian dan perbaikan dimana pada tahap ini pengujian dilakukan dengan melibatkan konstruksi dan rancangan dari desain sehingga evaluasi dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan terhadap kekurangan dari rancangan desain. Tahap kelima atau tahap terakhir adalah produksi *ramp-up* atau dengan kata lain adalah *trial* dengan tujuan melatih tenaga kerja agar terbiasa dengan desain produk yang baru dan tentunya dengan spesifikasi – spesifikasi yang baru pula (Aston, 1992).

Pada tahapan – tahapan perencanaan dan pengembangan produk tentu perancangan desain merupakan tahapan yang sangat penting karena produk yang akan dihasilkan bergantung pada rancangan desain yang sebelumnya dibuat. Kualitas dari suatu produk juga tergantung pada rancangan desain yang dibuat, seberapa detail desain tersebut baik dari segi spesifikasi material maupun dari segi spesifikasi dimensi – dimensi dari rancangan desain. Rancangan desain juga menjawab tentang permasalahan bagaimana produk akan dibuat dan seperti apa bentuk atau rupa dari produk tersebut. Menurut Giesecke et al (1999) proses desain sendiri merupakan suatu proses menggabungkan ide atau gagasan, prinsip – prinsip ilmiah, dan sumber daya untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang ada dengan pendekatan yang terorganisir berdasarkan permasalahan tersebut.

Salah satu metode untuk melakukan perbaikan dan pengembangan produk adalah metode *value engineering*. Dengan metode ini diharapkan dapat menghasilkan kriteria sebagai dasar mengembangkan dan memilih alternatif desain *body*, melakukan pengukuran terhadap alternatif – alternatif desain, dan memberikan alternatif desain terbaik berdasarkan hasil penilaian kriteria dan juga menekan biaya-biaya pada produk sehingga dapat meningkatkan performa dengan biaya seminim mungkin. *Value engineering* merupakan suatu cara untuk mengurangi suatu biaya tanpa mengurangi kualitas, keandalan, kinerja, dan penampilan dari suatu produk atau desain yang dibuat (Vijayan, Thanka Geetha, Nishanth, Tamilarasan, & Vijaya Kumar, 2019). Seperti penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh (Cahyono & Ir. Lantip Trisunarno, 2012) dengan judul “Penerapan Metode *Value Engineering* pada Pengembangan Desain Jamban Sehat dan Ekonomis (Studi Kasus : Pengusaha Sanitasi Jawa Timur) yang bertujuan untuk memberikan usulan perbaikan berupa alternatif desain jamban yang lebih baik dan ekonomis tanpa mengurangi kualitas dari jamban tersebut. Alternatif yang diusulkan sebanyak tiga alternatif desain dimana dari ketiga alternatif tersebut dibandingkan nilai (*value*) berdasarkan perhitungan dan pengolahan data dengan metode *value engineering* dimana alternatif terpilih yang memiliki nilai (*value*) yang paling tinggi. Alternatif ketigalah yang terpilih dengan penghematan biaya sebesar 26% atau Rp. 352.230,00 jika dibandingkan dengan kondisi awal.

2. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan *flowchat* urutan penelitian yang dilakukan dengan penjelasan metode dan luaran pada setiap tahapnya seperti yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data (Tahap Informasi)

Langkah awal dalam suatu penelitian adalah pengumpulan data beserta informasi-informasi yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Pada penelitian ini ada beberapa data dan informasi yang dibutuhkan untuk mendukung proses analisis data dan pembahasan sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Beberapa data yang dibutuhkan antara lain :

- Regulasi Teknis KMHE 2019, khususnya aspek *body urban*
- Data spesifikasi desain awal *body urban*
- Data hasil *test drive* dan hasil capaian KMHE 2019
- Data hasil *benchmarking* dengan tim lain
- Data hasil studi literatur dan *browsing*

Tujuan utama dari tahap ini adalah melakukan kombinasi terhadap beberapa sumber informasi di atas sehingga didapatkan kriteria kebutuhan pelanggan dalam pembuatan *body* mobil yang akan ikut serta dalam ajang KMHE. Berdasarkan hasil FGD didapatkan kriteria kebutuhan pelanggan seperti yang tercantum pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Kriteria Kebutuhan Pelanggan Pembuatan *Body* UEV-15 Trisula




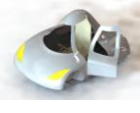
No	Kriteria Kebutuhan Pelanggan
1	Dimensi Massa
2	Style
3	Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah
4	Kemudahan Pengemudi untuk Keluar Masuk Mobil
5	Kemudahan dalam Proses Pembuatan
6	Jangkauan Pandangan Pengemudi
7	Nilai Gaya Drag
8	Biaya Pembuatan Body

3.2 Tahap Kreatif

Tahap kreatif ini merupakan tahap dimana bertujuan untuk pengembangan bentuk maupun konsep desain sehingga beberapa alternatif desain dapat dimunculkan. Dalam mengembangkan bentuk maupun konsep desain, informasi-informasi yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya bisa dijadikan referensi dan pertimbangan untuk membantu dalam proses tahap ini.. Pada tahap ini, peneliti dituntut untuk berkreasi dengan melakukan kombinasi antara beberapa bentuk dan konsep desain dengan baik agar alternatif desain yang dimunculkan merupakan alternatif-alternatif yang terbaik.

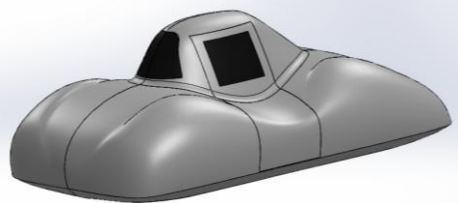
Metode yang digunakan pada tahap ini adalah FGD (*Focused Group Discussion*) dengan tim internal. FGD diperlukan untuk mendiskusikan kombinasi antara bentuk dan konsep desain, bagaimana kombinasi yang baik antara bentuk desain dengan konsep desain agar menghasilkan alternatif yang baik. FGD juga diperlukan agar masukan-masukan dan inspirasi yang diperoleh semakin banyak. Selain dengan internal tim, melakukan pendekatan-pendekatan kepada *expert* terkait dengan mendiskusikan kombinasi antara bentuk dan konsep desain, bagaimana kombinasi yang baik antara bentuk desain dengan konsep desain juga sangat diperlukan. Hal ini mengingat bahwa masukan dari *expert* membantu dalam menghasilkan alternatif desain terbaik berdasarkan ilmu teori dan pengalaman yang dimilikinya. Dengan melakukan konsultasi dan diskusi terhadap *expert* diharapkan dapat meningkatkan kepercayaan diri terhadap hasil desain yang dirancang. Selain metode FGD, dalam melakukan kombinasi antara bentuk dan konsep desain metode yang digunakan adalah Peta Morfologi. Dengan metode Peta Morfologi akan memudahkan ketika melakukan kombinasi. Hasil dari FGD dengan melakukan pendekatan menggunakan metode peta morfologi didapatkan tiga alternatif desain dengan spesifikasinya seperti yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Alternatif Desain FGD dengan Metode Peta Morfologi

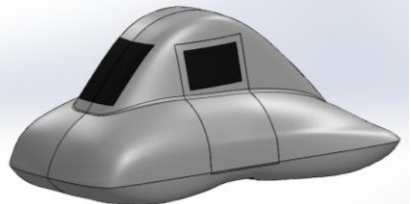
Konsep Desain	Bentuk Desain	Material	Konsep Pintu	Konsep Assembly	Proses Pembuatan
Alternatif 1	 Semar Urban UGM	 Fiberglass	 Pembukaan Depan	 Klip Bumper	 Manual Molding
Alternatif 2	 Nogeni ITSTema 1	 Fiberglass	 Pembukaan Atas	 Klip Bumper	 Manual Molding
Alternatif 3	 ITSTeam Sapuaringin	 Fiberglass	 Pembukaan Depan	 Klip Bumper	 Manual Molding

Setelah memunculkan alternatif desain, tahap selanjutnya adalah memodelkannya ke bentuk tiga dimensi menggunakan *software Solidworks 2016* kemudian menetapkan spesifikasinya. Hasil pemodelan tiga dimensi masing-masing alternatif tertera pada Tabel 3., Tabel 4., Tabel 5., dan Tabel 6.


Tabel 3. Desain 3D *Body* Awal UEV-15 Trisula Beserta Spesifikasinya

Konsep Desain	Spesifikasi	Desain Tiga Dimensi
Dimensi Massa (kg)	54,26	
Dimensi P x L x T x H (mm)	2350x1380x997x4	
Material	Fiber Glass	
Nilai Gaya Drag	44,53 N	
Konsep Pintu	Terbuka ke Arah Atas	
Konsep Assembly	Baut Pengunci	
Metode Pembuatan	Manual Molding	
Total Biaya Pembuatan	Rp 13.500.000	

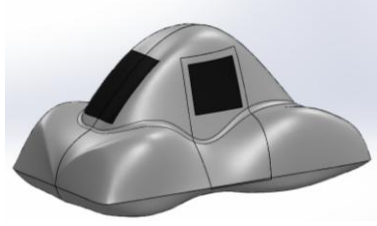
Tabel 4. Desain 3D *Body* Alternatif 1 Trisula Beserta Spesifikasinya

Konsep Desain	Spesifikasi	Desain Tiga Dimensi
Dimensi Massa (kg)	29,38 kg	
Dimensi P x L x T x H (mm)	2300x1300x1200x1,5	
Material	Fiber Glass	
Nilai Gaya Drag	25,30 N	
Konsep Pintu	Terbuka ke Arah Depan	
Konsep Assembly	Klip Bumper	
Metode Pembuatan	Manual Molding	
Total Biaya Pembuatan	Rp 10.742.870	

Tabel 5. Desain 3D *Body* Alternatif 2 Trisula Beserta Spesifikasinya

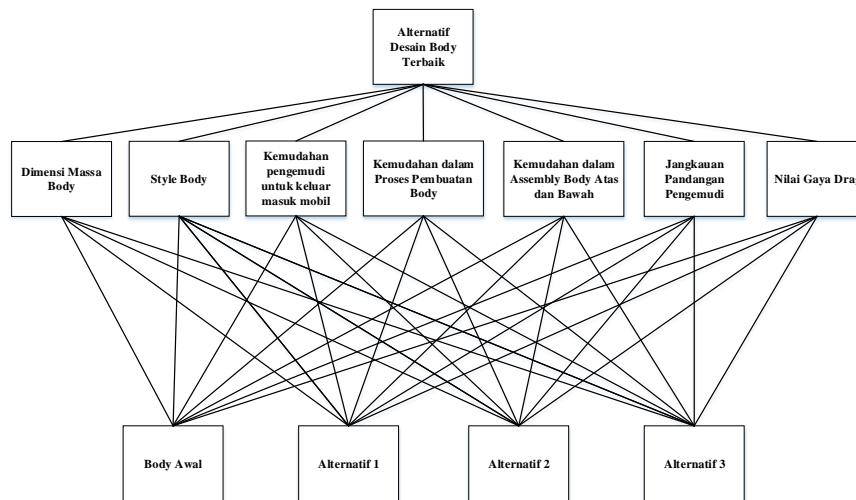
Konsep Desain	Spesifikasi	Desain Tiga Dimensi
Dimensi Massa (kg)	32,85	
Dimensi P x L x T (mm)	2350x1380x1100x1,5	
Material	Fiber Glass	
Nilai Gaya Drag	33,53 N	
Konsep Pintu	Terbuka ke Arah Depan	
Konsep Assembly	Klip Bumper	
Metode Pembuatan	Manual Molding	
Total Biaya Pembuatan	Rp 10.742.870	

Tabel 6. Desain 3D *Body* Alternatif 3 Trisula Beserta Spesifikasinya

Konsep Desain	Spesifikasi	Desain Tiga Dimensi
Dimensi Massa (kg)	32,34	
Dimensi P x L x T (mm)	2350x1380x1200x1,5	
Material	Fiber Glass	
Nilai Gaya Drag	35,38 N	
Konsep Pintu	Terbuka ke Arah Depan	
Konsep Assembly	Klip Bumper	
Metode Pembuatan	Manual Molding	
Total Biaya Pembuatan	Rp 10.062.870	

3.3 Tahap Analisis

Setelah beberapa alternatif dimunculkan pada tahap sebelumnya, tahap selanjutnya adalah tahap analisis dimana pada tahap ini dilakukan analisis data yang telah diolah pada tahap sebelumnya. Dengan melakukan analisis terhadap beberapa alternatif tersebut didapatkan beberapa alternatif terbaik dari sekian banyak alternatif yang dikembangkan dengan pertimbangan beberapa faktor yang telah ditentukan sebelumnya. Tahap analisis ini dilakukan dengan melakukan diskusi atau FGD bersama tim internal yang terlibat langsung dalam ajang KMHE 2019 dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Hasil penyusunan pohon AHP tertera pada Gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2. Pohon Hierarki AHP

Langkah pertama dalam pengukuran performansi AHP adalah melakukan pemberian skor pada matriks komparasi. Matriks komparasi merupakan matriks yang menunjukkan hubungan kuantitatif berdasarkan tingkat kepentingan antara indikator satu dengan indikator lainnya. Misalnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3., artinya indikator **Dimensi Massa** diyakini **5 kali lebih penting** dibandingkan dengan indikator **Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah**. Pembacaannya adalah “baris ke-n ... kali lebih penting dibandingkan kolom ke-n”.

	Dimensi Massa	Style	Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah	Kemudahan Pengemudi untuk Keluar Masuk Mobil	Kemudahan dalam Proses Pembuatan	Jangkauan Pandangan Pengemudi	Nilai Gaya Drag
Dimensi Massa		5	3	1/3	1/3	1/3	1
Style	1/5		1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah	1/3	5		1	1/3	1	3
Kemudahan Pengemudi untuk Keluar Masuk Mobil	3	5	1		1	1	3
Kemudahan dalam Proses Pembuatan	3	5	3	1		1	3
Jangkauan Pandangan Pengemudi	3	5	1	1	1		3
Nilai Gaya Drag	1	5	1/3	1/3	1/3	1/3	

Gambar 3. Scoring Matriks Komparasi Pengukuran Performansi AHP

Setelah *scoring* matriks komparasi pengukuran performansi AHP selesai, selanjutnya diubah ke dalam bentuk matriks dengan angka desimal seperti yang tercantum pada Gambar 4. di bawah ini

$$A = \begin{pmatrix} 1,00 & 5,00 & 3,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 1,00 \\ 0,20 & 1,00 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,33 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 0,33 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 1,00 & 5,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 1,00 \end{pmatrix}$$

Gambar 4. Matriks Komparasi Hasil Scoring AHP

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi pada matriks A (Gambar 5.). Tujuan normalisasi ini adalah untuk menghilangkan redudensi data atau pengulangan data dan memastikan data sudah berada pada posisi tabel yang tepat. Cara melakukan normalisasi matriks adalah dengan **melakukan penjumlahan pada setiap kolom** kemudian **melaukan pembagian pada setiap data** dengan hasil penjumlahan pada **kolom yang sama**. Hasil dari normalisasi matriks A tersaji pada Gambar 6. di bawah ini.

$$A = \begin{pmatrix} 1,00 & 5,00 & 3,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 1,00 \\ 0,20 & 1,00 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,33 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 0,33 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 1,00 & 5,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 1,00 \end{pmatrix}$$

Hasil Penjumlahan

11,53	31,00	9,53	4,87	4,20	4,87	14,20
-------	-------	------	------	------	------	-------

Gambar 5. Normalisasi Matriks A

$$A' = \begin{pmatrix} 0,09 & 0,16 & 0,31 & 0,07 & 0,08 & 0,07 & 0,07 \\ 0,02 & 0,03 & 0,02 & 0,04 & 0,05 & 0,04 & 0,01 \\ 0,03 & 0,16 & 0,10 & 0,21 & 0,08 & 0,21 & 0,21 \\ 0,26 & 0,16 & 0,10 & 0,21 & 0,24 & 0,21 & 0,21 \\ 0,26 & 0,16 & 0,31 & 0,21 & 0,24 & 0,21 & 0,21 \\ 0,26 & 0,16 & 0,10 & 0,21 & 0,24 & 0,21 & 0,21 \\ 0,09 & 0,16 & 0,03 & 0,07 & 0,08 & 0,07 & 0,07 \end{pmatrix}$$

Hasil Penjumlahan

1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
------	------	------	------	------	------	------

Gambar 6. Hasil Normalisasi Matriks A Menjadi A'

Selanjutnya adalah menjumlahkan masing-masing kolom pada matriks hasil normalisasi sehingga menjadi Matriks A', dimana hasil penjumlahan dari setiap kolom harus bernilai **1 (satu)** seperti pada Gambar 8. karena normalisasi merupakan hasil dari proporsi setiap kolom. Selain penjumlahkan setiap

kolom, dilakukan juga penjumlahan setiap baris untuk langkah awal menentukan bobot dari masing-masing indikator seperti pada Gambar 7. juga.

PERHITUNGAN PENJUMLAHAN BARIS								Penjumlahan
$A' =$	0,09	0,16	0,31	0,07	0,08	0,07	0,07	0,85
	0,02	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,01	0,21
	0,03	0,16	0,10	0,21	0,08	0,21	0,21	1,00
	0,26	0,16	0,10	0,21	0,24	0,21	0,21	1,39
	0,26	0,16	0,31	0,21	0,24	0,21	0,21	1,60
	0,26	0,16	0,10	0,21	0,24	0,21	0,21	1,39
	0,09	0,16	0,03	0,07	0,08	0,07	0,07	0,57
	Hasil Penjumlahan	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Gambar 7. Hasil Penjumlahan Kolom dan Baris pada Matriks A'

Setelah didapatkan hasil penjumlahan pada setiap baris matriks A' , selanjutnya adalah melakukan normalisasi terhadap hasil penjumlahan tersebut sehingga menjadi bobot pada masing-masing indikator pengukuran seperti yang tertera pada Tabel 7. di bawah

Tabel 7. Hasil Pembobotan Indikator Pengukuran Performansi

Selection Kriteria	Weighting Values	
Dimensi Massa	0,12	12%
Style	0,03	3%
Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah	0,14	14%
Kemudahan Pengemudi untuk Keluar Masuk Mobil	0,20	20%
Kemudahan dalam Proses Pembuatan	0,23	23%
Jangkauan Pandangan Pengemudi	0,20	20%
Nilai Gaya Drag	0,08	8%
Total	1,00	100%

Sebelum berlanjut ke tahap berikutnya, hasil pembobotan indikator perlu dilakukan uji konsistensi. Untuk melakukan uji konsistensi data, langkah pertama adalah mengalikan matriks “A” dengan bobot indikator yang dinyatakan dalam matriks “w” sehingga dihasilkan matriks “Aw” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Selanjutnya mencari matriks lambda dengan membagi angka pada matriks “Aw” dengan matriks “w” sesuai dengan urutan baris angka yang ada di dalam matriks sehingga menghasilkan matriks lambda “ λ ” seperti pada Gambar 9.

$$A = \begin{pmatrix} 1,00 & 5,00 & 3,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 1,00 \\ 0,20 & 1,00 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,33 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 0,33 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 3,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 3,00 & 5,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 3,00 \\ 1,00 & 5,00 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 0,33 & 1,00 \end{pmatrix} \times w = \begin{pmatrix} 0,12 \\ 0,03 \\ 0,14 \\ 0,20 \\ 0,23 \\ 0,20 \\ 0,08 \end{pmatrix}$$

Gambar 8. Perkalian Matriks A dengan Matriks w

$$Axw = \begin{pmatrix} 0,99 \\ 0,22 \\ 1,05 \\ 1,53 \\ 1,81 \\ 1,53 \\ 0,61 \end{pmatrix} \div \begin{pmatrix} 0,12 \\ 0,03 \\ 0,14 \\ 0,20 \\ 0,23 \\ 0,20 \\ 0,08 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8,17 \\ 7,33 \\ 7,39 \\ 7,71 \\ 7,95 \\ 7,71 \\ 7,51 \end{pmatrix} \lambda$$

Gambar 9. Penentuan Matriks Lambda

Selanjutnya adalah menentukan rata-rata angka yang ada pada matriks lambda. Setelah didapatkan nilai rata-rata dari lambda yaitu 7,68, selanjutnya menghitung nilai *CI* dengan persamaan (1) berikut dan didapatkan nilai *CI* sebesar 0,11

$$CI = \frac{\lambda_{AVG} - n}{n-1} \quad (1)$$

Setelah didapatkan nilai *CI* maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *CR* dengan persamaan (2) berikut.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Dengan ketentuan nilai *RI* berdasarkan Tabel 8. berikut sehingga dihasilnya nilai *CR* seperti pada Gambar 4.22 berikut

Tabel 8. Nilai Tetapan RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	1	1	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Jika hasil $CR < 0,1$ maka data dalam matriks dinyatakan konsisten dan jika nilai $CR > 1$ maka data dalam matriks dinyatakan tidak konsisten dan harus mengulangi dari step awal. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai *CR* sebesar **0,09** sehingga dapat disimpulkan bahwa data dinyatakan konsisten dan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian skor dari tiga alternatif solusi desain *body* dan *body* awal yang telah dirancang desain tiga dimensinya. Pemberian skor mulai dari skor terendah yaitu 1 dan skor tertinggi yaitu 10. Kemudian skor tersebut dilakukan normalisasi seperti yang terdapat pada Tabel 9. Setelah dilakukan normalisasi kemudian dilakukan perhitungan performansi dari ketiga alternatif

desain maupun *body* awal seperti yang terdapat pada Tabel 10. dengan mempertimbangkan bobot indikator dan skor yang telah diberikan sebelumnya.

Tabel 9. Penilaian Skor dan Normalisasi Data Terhadap Alternatif Desain *Body* UEV-15 Trisula

	Dimensi Massa	Normalisasi	Style	Normalisasi	Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah	Normalisasi	Kemudahan Pengemudi untuk Keluar Masuk Mobil	Normalisasi	Kemudahan dalam Proses Pembuatan	Normalisasi	Jangkauan Pandangan Pengemudi	Normalisasi	Nilai Gaya Drag	Normalisasi
Body Awal	3,00	0,15	5,00	0,23	3,00	0,13	3,00	0,13	5,00	0,28	5,00	0,28	1,00	0,08
Alternatif Desain 1	7,00	0,35	7,00	0,32	7,00	0,29	7,00	0,29	5,00	0,28	5,00	0,28	5,00	0,42
Alternatif Desain 2	5,00	0,25	7,00	0,32	7,00	0,29	7,00	0,29	3,00	0,17	3,00	0,17	3,00	0,25
Alternatif Desain 3	5,00	0,25	3,00	0,14	7,00	0,29	7,00	0,29	5,00	0,28	5,00	0,28	3,00	0,25
Total	20,00	1,00	22,00	1,00	24,00	1,00	24,00	1,00	18,00	1,00	18,00	1,00	12,00	1,00

Tabel 10. Perhitungan Performansi Desain

	Dimensi Massa	Style	Kemudahan Assembly Body Atas dan Bawah	Kemudahan Pengemudi untuk Keluar Masuk Mobil	Kemudahan dalam Proses Pembuatan	Jangkauan Pandangan Pengemudi	Nilai Gaya Drag	Skor Akhir
Weighting Values	0,12	0,03	0,14	0,20	0,23	0,20	0,08	
Body Awal	0,15	0,23	0,13	0,13	0,28	0,28	0,08	0,19
Alternatif Desain 1	0,35	0,32	0,29	0,29	0,28	0,28	0,42	0,30
Alternatif Desain 2	0,25	0,32	0,29	0,29	0,17	0,17	0,25	0,23
Alternatif Desain 3	0,25	0,14	0,29	0,29	0,28	0,28	0,25	0,27

Berdasarkan hasil perhitungan performansi didapatkan nilai performansi alternatif desain 1 sebesar, alternatif desain 2 sebesar, dan alternatif desain 3 sebesar dimana nilai performansi tertinggi adalah alternatif desain ... dan nilai performansi terendah adalah alternatif desain 1 Setelah dilakukan perhitungan performansi pada masing-masing desain selanjutnya adalah melakukan perhitungan *value* pada semua desain yang melibatkan aspek biaya. Perhitungan *value* tersebut dilakukan pada tahap berikutnya yaitu tahap pengembangan.

3.4 Tahap Pengembangan

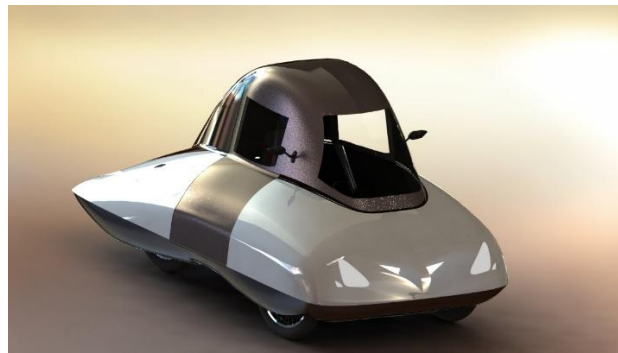
Melakukan analisis data terhadap beberapa alternatif dengan mempertimbangkan aspek biaya sehingga dapat diketahui alternatif yang memiliki nilai atau *value* yang paling tinggi dengan mempertimbangkan beberapa kriteria tertentu merupakan tahap sebelumnya yaitu tahap analisis. Tahap berikutnya atau pada tahap ini adalah tahap pengembangan dimana pada tahap ini bertujuan untuk memilih salah satu alternatif yang paling baik diantara beberapa alternatif terbaik yang telah dihitung dan dilakukan pengolahan data sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan nilai dengan rumus *value engineering* dan alternatif yang dipilih adalah alternatif yang memiliki perhitungan nilai yang paling tinggi di antara alternatif lainnya.

Hasil perhitungan *value* disajikan dalam Tabel 11. dimana nilai biaya dari masing-masing desain dilakukan normalisasi terlebih dahulu. Kemudian melakukan perhitungan *value* dengan melakukan pembagian antara hasil perhitungan performansi masing-masing desain dengan hasil normalisasi dari biaya desain tersebut.

Tabel 11. Perhitungan *Value*

	Hasil Performansi	Biaya	Normalisasi Biaya	Value
Body Awal	0,19	Rp13.500.000	0,30	0,64
Alternatif Desain 1	0,30	Rp10.742.870	0,24	1,27
Alternatif Desain 2	0,23	Rp10.742.870	0,24	0,97
Alternatif Desain 3	0,27	Rp10.062.870	0,22	1,22
Total		Rp45.048.610	1,0	

Berdasarkan hasil perhitungan *value* didapatkan hasil perhitungan *value* pada *body* awal sebesar 0,50190548, alternatif desain 1 sebesar 1,449094233, alternatif desain 2 sebesar 1,100668484, dan alternatif desain 3 sebesar 1,387785364 dimana *value* tertinggi adalah alternatif desain 1 sehingga alternatif desain yang terpilih merupakan alternatif desain 1 (Gambar 10.)



Gambar 10. Alternatif Desain Terpilih

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini tentang usulan desain *body* UEV-15 TRISULA dengan metode *value engineering* dapat ditarik kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Beberapa kriteria yang dihasilkan pada tahap informasi dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti Regulasi Teknis KMHE 2019, hasil evaluasi *body* UEV-15 TRISULA, dan hasil studi literatur yaitu dimensi massa, *style body*, kemudahan *assembly body* atas dan bawah, kemudahan pengemudi untuk keluar masuk mobil, kemudahan dalam proses pembuatan, jangkauan pandangan pengemudi, nilai gaya *drag*, dan biaya pembuatan *body*.
2. Berdasarkan hasil perhitungan performansi dan *value* pada *body* awal sebesar 0,19 dan 0,64; alternatif desain 1 sebesar 0,30 dan 1,27; alternatif desain 2 sebesar 0,23 dan 0,97; dan alternatif desain 3 sebesar 0,27 dan 1,22.
3. *Value* tertinggi adalah alternatif desain 1 sehingga alternatif desain yang terpilih merupakan alternatif desain 1.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang diberikan oleh peneliti sebagai berikut :

1. Penelitian berikutnya diharapkan dapat melakukan komparasi jenis material dan proses pembuatan *body* yang bervariasi.
2. Penelitian berikutnya diharapkan dapat menghasilkan *body* yang lebih baik lagi

Daftar Pustaka

- Aston, W. J. (1992). Product design and development. In Biosensors and Bioelectronics (Vol. 7). [https://doi.org/10.1016/0956-5663\(92\)90013-D](https://doi.org/10.1016/0956-5663(92)90013-D)
- Cahyono, M. J. N., & Ir. Lantip Trisunarno, M. (2012). Penerapan Metode Value Engineering Pada Pengembangan Desain Jamban Sehat dan Ekonomis (Studi Kasus : Pengusaha Sanitasi Jawa Timur). Jurnal Tehnik Its, 1, 506–509.
- Dell' Isola, Alphose J,1975, *Value Engineering in the Contruction Industry*, VanNostand Reinhold, New York.
- Dupont, L., Hubert, J., Guidat, C., & Camargo, M. (2019). Understanding user representations, a new development path for supporting Smart City policy: Evaluation of the electric car use in Lorraine Region. *Technological Forecasting and Social Change*, 142(June), 333–346. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.10.027>
- Erdener, H., Arinan, A., & Orman, S. (2011). Future fossil fuel alternative; Di-methyle ether (DME) A review. *International Journal of Renewable Energy Research*, 1(4), 252–258. <https://doi.org/10.20508/ijrer.95502>
- Holmberg, K., & Erdemir, A. (2019). The impact of tribology on energy use and CO2 emission globally and in combustion engine and electric cars. *Tribology International*, 135(March), 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.03.024>
- https://www.researchgate.net/figure/Particles-flow-and-trajectories-results-obtained-by-using-Solidworks-Flow-Simulation-on_fig4_308954647 diakses pada 25 Desember 2019 pada pukul 10:40 WIB
- Koto, A., & Asnawi, M. (2016). Analisis Tingkat Kepuasan Konsumen Terhadap Kualitas Jasa Angkutan Bus Trans Metro Pekanbaru. 1, 83–90.
- Suyono, Agus & Arsana, I Made. (2013). Rancangan Bangun Sistem Kemudi Manual pada Mobil Listrik Garuda Unesa. Agus Suyono I Made Arsana. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*. 187–195.

- Nuruddin, M., & Andesta, D. (2008). Pemilihan Mesin Welding Otomatis Dengan Penerapan Value Engineering Dan Analitical Hierarchy Process. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 11(1), 74-85.
- Putra, Dimas S D. (2019). Rancangan Bangun Pengendali Motor DC Tanpa Sikat pada Kendaraan Listrik Konsep Urban. Skripsi Mahasiswa S1 Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahmadianto, A. U., Widyanto, S. A. (2015). Rancangan Bangun Body Mobil Tipe Urban Concept. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin*. 3(2). 85-92.
- Regulasi Teknis Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2019
- Stanton, Riset Pemasaran dan Perilaku Konsumen. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama dan Jakarta Business Research Center, 2000.
- Subekti, R. A., Hartanto, A., & Susanti, V. (2012). Direction and Policies Needed to Support Hybrid Electric Car Research. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.14203/j.mev.2012.v3.1-8>
- Vijayan, R., Thanka Geetha, T., Nishanth, B., Tamilarasan, M., & Vijaya Kumar, V. (2019). Value engineering and value analysis of rear air spring bracket. *Materials Today: Proceedings*, 16, 1075–1082. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.198>
- Wilberforce, T., El-Hassan, Z., Khatib, F. N., Al Makky, A., Baroutaji, A., Carton, J. G., & Olabi, A. G. (2017). Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(40), 25695–25734. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.07.054>