

ANALISIS AERODINAMIKA DAN GAYA PADA MOBIL LISTRIK HIMPUNAN TEKNIK MESIN FT UNRAM DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)

Sarah Saravina Salman*, Tri Rachmanto, IGDK Yudhyadi
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: sarahsaravina@gmail.com

ABSTRAK.

Karakteristik aerodinamis kendaraan berhubungan dengan laju atau kecepatan kendaraan, semakin aerodinamis suatu kendaraan maka gerak kendaraan tersebut semakin lancar atau tidak terhambat oleh angin. Jika suatu kendaraan tidak aerodinamis maka akan mengakibatkan kinerja mesin semakin berat dan konsumsi bahan bakar semakin banyak. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi aerodinamis kendaraan adalah dengan memodifikasi kap panel depan mobil. Modifikasi ini dilakukan dengan cara merubah besar sudut kap panel depan mobil menjadi 30°, 35°, 40°, dan 45°. dengan kecepatan mobil mulai dari 20 km/jm, 40 km/jm, 80 km/jm, 120 km/jm, 140 km/jm. Penelitian ini dilakukan pada mobil listrik FT Unram. Metode yang dilakukan adalah komputasi dengan cara membuat desain mobil pada autodesk inventor lalu mengimpor desain ke software AnsysR22 kemudian membuat dan mengatur mesh, memilih solver execution, pengaturan reformat plot dan jumlah iterasi, running dan simulation result. Hasilnya, nilai CD terbesar berada sudut 30° pada kecepatannya 80 km/jam sebesar 0,509. Sementara nilai CD terendah sudut 40° dengan kecepatan 30 km/jam. Semakin kecil CD yang didapat maka bentuk kendaraan dapat dikatakan semakin efisien. Dari penelitian ini CL yang terkecil berada pada modifikasi sudut panel kap mobil 40° dengan kecepatan 40 km/jam sebesar 0,933 sementara yang terbesar diperoleh pada sudut panel kap mobil 45° pada kecepatan 80 km/jam sebesar 1,082.

Keyword: Aerodinamika, Coefficient drag, Drag force, Lift force, CFD.

1. PENDAHULUAN

Aerodinamika adalah cabang ilmu yang mempelajari sifat benda karena pengaruh aliran udara (angin). Pada kendaraan, karakteristik aerodinamis kendaraan berhubungan dengan laju atau kecepatan kendaraan dimana semakin aerodinamis suatu kendaraan maka gerak kendaraan tersebut semakin lancar atau tidak terhambat oleh angin (Wahyudi, 2014). Jika suatu kendaraan tidak aerodinamis maka akan mengakibatkan efisiensi kerja dari mesin akan semakin berat dan konsumsi bahan bakar semakin banyak. Penyebab utama timbulnya gaya aerodinamika adalah distribusi tekanan pada permukaan bodi kendaraan dan distribusi tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan yang menghasilkan gaya angkat (*lift force*), gaya hambat (*drag force*), dan gaya akibat pusaran udara (*turbulence force*), gaya-gaya tersebut berkaitan satu dengan yang lain dalam menciptakan aerodinamis suatu kendaraan (Wirawan, 2018).

Untuk dapat mengatasi berbagai gaya yang timbul akibat gerakan kendaraan dengan arah yang berlawanan terhadap aliran udara, ada beberapa metode yang digunakan yaitu metode teoritis, eksperimental dan simulasi (Sianipar dkk, 2021). Beberapa keunggulan menggunakan metode simulasi secara umum dapat mengurangi biaya operasional dari percobaan, membutuhkan waktu yang singkat dalam membuat produk, kontrol simulasi lebih mudah dalam melakukan perubahan variabel-variabel

kontrol dan penggunaan simulasi dapat memunculkan berbagai alternatif perbaikan yang lebih sulit jika dilakukan dengan eksperimen langsung (Amaluddin dan Haq, 2022)). Adapun *software* analisis yang sering digunakan dalam bidang teknik mesin untuk menganalisis antara lain Ansys dan Autodeks Inventor (Aris dan Firman, 2021).

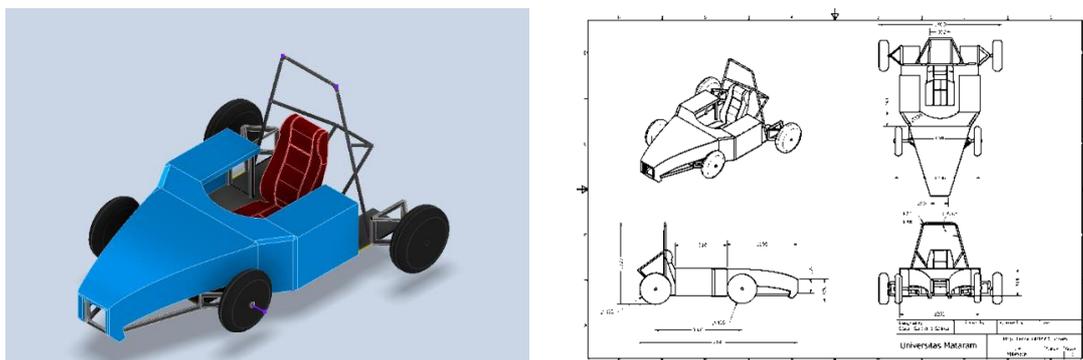
Oleh karena itu perlu adanya suatu pengembangan desain bodi kendaraan dengan cara mendesain ulang bodi kendaraan atau melakukan penambahan aksesoris untuk menghasilkan gaya hambat dan gaya angkat yang lebih kecil karena gaya-gaya ini dapat berpengaruh terhadap efisiensi kerja mesin dan konsumsi bahan bakar (Santoso, 2018).

Salah satu acuan pengembangan suatu mobil adalah pada bentuk bodi. Salah satunya pada bodi pada mobil listrik yang ada di Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Univeritas Mataram (FT Unram). Perkembangan tersebut dimaksudkan untuk mencari bentuk bodi yang lebih aerodinamis sehingga mendapat bodi yang lebih kecil hambatannya. Setiap saat bodi mobil selalu mengalami perubahan, selain untuk menyesuaikan perkembangan zaman namun bodi mobil juga dikembangkan dalam hal tahanannya .

2. METODE

Selain menggunakan metode literatur, penelitian ini juga menggunakan metode komputasi. Metode komputasi merupakan suatu cara untuk menggambarkan karakteristik, tampilan dari suatu sistem nyata. Dalam metode simulasi ini, suatu sistem nyata akan ditirukan secara matematis untuk kemudian ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Penelitian ini melibatkan *software* inventor untuk mendesain kendaraan. Hasil desain kemudian di-import ke *software* ANSYS untuk dilakukan simulasi CFD.

Pada tahap geometri, proyeksi gambar depan kendaraan yang telah di dapatkan di Inventor (lihat Gambar 1), di-*sketch* ulang di laman *spaceclaim* lalu menentukan *boundary condition* (Gambar 2).



Gambar 1. Model Mobil listrik HMM FT Unram



Selanjutnya ialah *meshing*. Proses *meshing* dilakukan pada seluruh domain beserta desain mobil.

Tahapan *meshing* yang dilakukan ialah *global mesh*, *face sizing*, *inflation* dan *bodi sizing*. *Meshing* yang dilakukan menghasilkan 2.853.196. Langkah selanjutnya ialah melakukan setup untuk mempersiapkan komputasi. Ketentuan setup yang digunakan adalah:

- Model aliran: *realizable k-omega*, *enhanced wall function* untuk *near wall treatment*. Penggunaan model aliran ini memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang akurat dan stabil dalam waktu yang relatif cepat.
- Fluida: udara ($\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$), *dynamic viscosity* (μ): $1,789 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$.
- Solution method*: *coupled* untuk *pressure-velocity coupling scheme*, *least squared cell based* untuk *gradient*, standard untuk *pressure*, momentum, *turbulence kinetic energy* dan *turbulence dissipation rate* menggunakan *second order upwind*.
- Kecepatan: 11,11 m/s (40 km/jam)
- Frontal area*: 0,393 m². Nilai *frontal area* didapatkan menggunakan fitur *Projected Areas* pada ANSYS *Workbench* untuk menghitung area yang terpapar oleh aliran udara.
- Komputasi dilakukan sebanyak 1000 iterasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan proses *meshing* bertujuan untuk mendapatkan data simulasi yang akurat. Proses *meshing* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *face sizing*.

Sebelum ke proses setup dilakukan proses *meshing* sebanyak enam kali dengan jumlah *node* yang berbeda mulai dari 248.019, 413.941, 1.461.404, 1.777.560, 2.218.055 sampai 2.853.196 *mesh*. Hasil *node* ini didapatkan dengan cara mengatur ukuran *mesh*. Semakin kecil ukuran *mesh* maka jumlah *node* yang dihasilkan akan semakin banyak. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan jumlah elemen *mesh* yang hasilnya sama atau mendekati. Semakin besar jumlah elemen sizenya, maka hasil penelitian akan lebih akurat. Sehingga jika *Coefisient Drag* (CD) ataupun *lift* yang didapatkan tidak mengalami banyak perubahan yang signifikan, maka hasil penelitian dapat dikatakan konvergen. Sebagai sampel pada penelitian ini diambil hubungan antara jumlah elemen *mesh* dengan nilai CD seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh jumlah elemen *mesh* terhadap nilai CD.

No	Node	CD
1	248.019	0,528
2	413.941	0,516
3	1.461.404	0,511
4	1.777.560	0,478
5	2.218.055	0,505
6	2.853.196	0,505

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara jumlah elemen *mesh* dengan nilai CD dari 6 kali percobaan. Terlihat bahwa nilai CD dengan jumlah elemen *mesh* 2.218.055 yaitu 0,505 memiliki nilai CD yang sama dengan jumlah *elemen mesh* 2.218.055.

Oleh karena dalam menggunakan simulasi, penelitian ini menggunakan *face size* sebesar 0,008 karena dianggap menghasilkan hasil penelitian yang konvergen dan lebih akurat.

Bilangan Reynolds (Re) digunakan untuk menentukan sifat pokok aliran, apakah aliran tersebut laminar, transisi atau turbulen serta letaknya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen berbanding dengan laminar (Jalaluddin dkk, 2019).

Jenis-Jenis aliran terbagi menjadi tiga menurut Jalaluddin dkk (2019) yakni aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai Re kurang dari 2000. Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran turbulen mempunyai nilai Re antara 2000 sampai dengan 4000. Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar di mana nilai Re lebih besar dari 4000.



Gambar 3. Penentuan jumlah elemen *mesh*.

Tabel 2. Data hasil simulasi dari bodi yang dimodifikasi dengan modifikasi perubahan sudut kap mobil depan

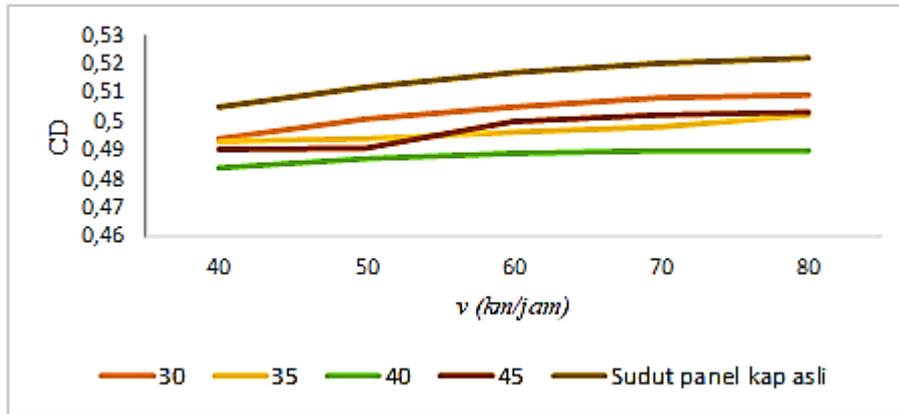
v km/jam	Re	Sudut Kap Depan Mobil											
		30°			35°			40°			45°		
		CD	FD	CL	CD	FD	CL	CD	FD	CL	CD	FD	CL
	382.27												
40	1	0,494	14,706	0,933	0,493	14,669	0,931	0,484	8	0,949	0,4903	14,480	1,010
	477.83												
50	9	0,501	23,29	0,946	0,494	23,039	0,963	0,487	8	0,985	0,4908	20,270	1,033
	573.40												
60	7	0,505	33,783	0,953	0,496	33,075	0,994	0,489	9	1,004	0,500	30,209	1,056
	668.97												
70	5	0,508	46,234	0,974	0,498	45,698	0,996	0,489	4	1,015	0,502	40,511	1,063
	764.54												
80	3	0,509	60,595	0,993	0,502	59,241	1,037	0,490	7	1,023	5,038	60,377	1,082

Pada Tabel 2 dapat dilihat nilai gaya hambat (FD) dan Re berubah terhadap perubahan kecepatan yang mana jenis aliran *incompressible*, densitas dan viskositas fluidanya konstan. Semua bilangan Re yang didapat dari perhitungan bernilai $Re \geq 4.000$ dengan nilai maksimum pada kecepatan 22 m/s yaitu 764.543,040 maka dari itu jenis aliran dalam domain simulasi diasumsikan sebagai aliran turbulen, yang dimana ini menggunakan jenis aliran K-omega SST.

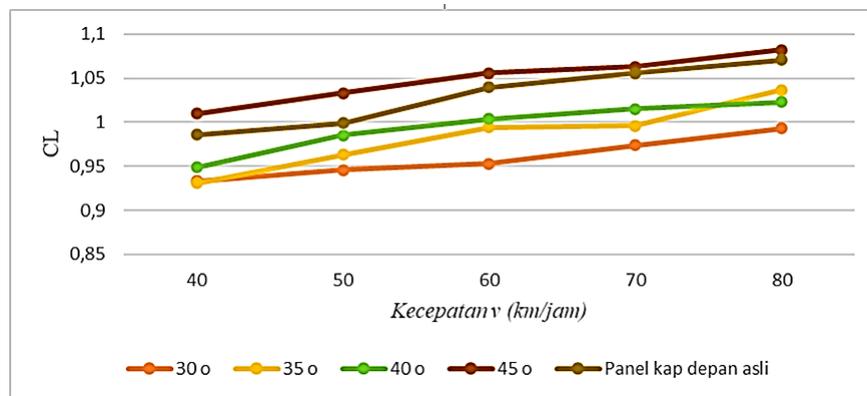
Menurut hasil analisa data yang didapat, nilai CD (lihat Gambar 4) menjadi semakin besar ketika sudut panel kap depan bodi mobil berada di sudut 45° dibandingkan dengan sudut yang lain, Adapun yang terbesar berada pada kecepatan 80 km/jam sebesar 0,509. Sementara untuk nilai CD terkecil berada pada sudut 40° yang dicapai pada kecepatan 40 km/jam sebesar 0,484. Ini adalah sebuah gaya perlawanan yang dilakukan oleh udara terhadap semua benda yang bergerak. Ketika sebuah mobil bergerak, maka mobil tersebut akan mendapatkan gaya perlawanan dari udara. Akibatnya tahanan udara yang terjadi akan berdampak pada kecepatan (v) mobil dan kinerja mesin itu sendiri.

Sehingga semakin besar v mobil maka gaya yang diperlukan untuk mengangkat badan mobil juga semakin besar. Pada akhirnya gaya yang besar menuntut konsumsi bahan bakar kendaraan yang lebih banyak pula.

Bentuk kontur permukaan mobil yang seperti *airfoil* mempengaruhi nilai *coefficient lift* (CL) tersebut terutama pada terutama saat mobil berada dalam v tinggi (lihat Gambar 5). Saat mobil berakselerasi, udara bergerak lebih cepat di sekitarnya dan mendapatkan gaya vertikal yang mengangkatnya dari tanah. Ketika gaya angkat meningkat, mobil mencapai titik di mana gaya gravitasi ditiadakan dan ujung mobil terangkat. Pada saat itu udara yang bergerak terhalang di depannya dan tidak bergerak naik. Sehingga semakin tinggi v mobil maka nilai CL juga semakin meningkat.



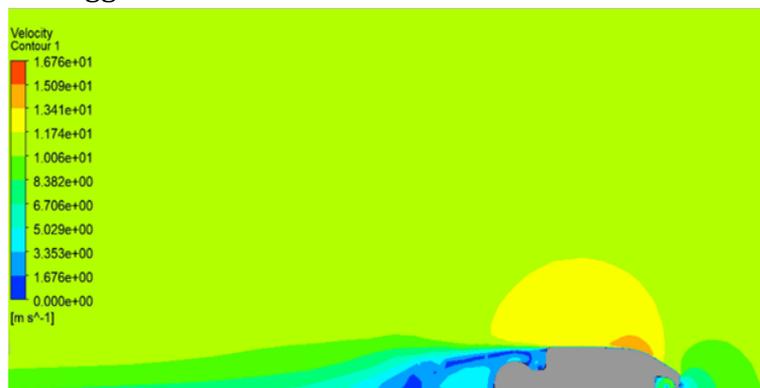
Gambar 4. Hubungan v mobil dengan CD.



Gambar 5. Hubungan v mobil dengan CL.

Dalam kontur dapat dilihat area bagian atas bodi kontur berwarna merah (lihat Gambar 6).

Hal ini menunjukkan bahwa aliran udara yang melewati bagian bawah mobil semakin tinggi karena terjadi penyempitan ruang antara bodi bawah dengan lapisan datar, pada bagian atas bodi terjadi kecepatan udara yang tinggi. Hal ini dikarenakan pengaruh dari ketinggian bodi.



Gambar 6. Kontur kecepatan pada bodi mobil



Gambar 7. Kontur tekanan pada bodi mobil

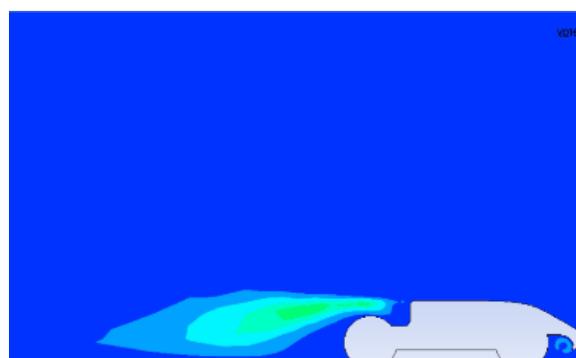
Nilai v udara tertinggi sebesar 16,76 m/s yang berada di bagian depan mobil sementara v udara terendah sebesar 0 m/s yang berada di bagian belakang mobil. Sehingga perbedaan v udara akan sangat mempengaruhi nilai v udara saat melewati bodi. Selain itu, kontur yang berwarna gelap di sekitar atas kendaraan menandakan tingginya kecepatan sehingga menyebabkan rendahnya tekanan pada atas mobil. Hal ini membuat kendaraan mendapatkan gaya angkat yang bernilai positif.

Pada Gambar 7 dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan tekanan pada bagian depan kendaraan pada titik stagnasi (kontur berwarna merah) dan bagian belakang kendaraan pada titik separasi (kontur berwarna biru) menyebabkan *pressure drag* sehingga gaya drag meningkat.

Selain itu pada bagian belakang mobil (samping kiri) dapat diketahui bahwa aliran pada bagian belakang mobil mengalami fenomena separasi yang menyebabkan gaya hambat bertambah. Aliran udara pada bagian belakang kendaraan memiliki kecepatan udara yang didominasi oleh kontur berwarna hijau.

Hal ini menandakan v aliran udara pada bagian bawah kendaraan sudah lebih seragam akibat perbaikan bentuk sudut tajam pada sisi bawah kendaraan.

Kontur di Gambar 8 merupakan fenomena turbulensi yang terjadi pada bidang plane xy dengan diberbagai v mobil dan variasi sudut 30° dengan $v = 40$ km/jam, yang di



Gambar 8. Kontur distribusi turbulensi variasi sudut 30° dengan $v = 40$ km/jam.

mana terjadi sirkulasi udara pada bagian belakang bodi. Turbulen tertinggi dialami pada bagian belakang mobil dengan besar turbulen $19,27 \text{ m}^2/\text{s}^2$ sementara yang terkecil adalah $1,02 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}^2$. Turbulensi terjadi karena adanya ketidakaturan aliran udara yang terjadi di sekitar bodi. Adanya perbedaan tekanan serta kecepatan aliran udara yang melewati bagian bawah dan bagian atas bodi menyebabkan aliran udara yang tidak teratur dan memutar saat melewati bagian belakang bodi. Semakin besar kontur *wake* maka akan semakin tinggi nilai turbulensi yang dihasilkan. Pertambahan *wake* yang semakin besar berarti separasi aliran yang terjadi lebih cepat. Semakin besar kontur *wake* yang dihasilkan dan semakin tinggi nilai *turbulence kinetic energy* yang terjadi maka akan semakin besar gaya hambat yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa besarnya turbulensi yang terjadi berbanding lurus dengan FD yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Perubahan sudut pada panel kap mobil dengan variasi 35° , 40° dan 45° dapat mempengaruhi aerodinamika pada mobil listrik HMM FT unram. Nilai CD terkecil berada pada sudut 40° dengan $v = 40 \text{ km/jam}$ sebesar 0,484 . Semakin kecil CD yang didapat maka bentuk kendaraan dapat dikatakan semakin efisien dengan nilai FD 14,398 N. Sementara nilai CL terbesar berada pada modifikasi sudut panel kap mobil 45° pada $v = 80 \text{ km/jam}$ sebesar 1,82. Nilai CL yang besar dapat mempengaruhi pergerakan kendaran ketika melaju menjadi kurang stabil. Nilai CL yang terkecil berada pada modifikasi sudut panel kap mobil 35° dengan $v = 30 \text{ km/jam}$ sebesar 0,931. Nilai CL dapat dikatakan efisien jika angka yang didapat mendekati 0. Hal ini dikarenakan pergerakan mobil lebih stabil dan gesekan yang terjadi antara mobil dan tanah dapat berkurang.

Variasi v dari penelitian ini sangat berpengaruh dengan perubahan nilai CD, CL, dan FD. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai CL pada mobil mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kecepatan begitu juga dengan nilai CD. Semakin tinggi v pada mobil maka akan semakin tinggi CL pada mobil, hal ini disebabkan karena perbedaan laju aliran. Artinya v udara pada permukaan bagian atas lebih cepat dibanding v udara pada permukaan bagian bawah. Karena kecepatannya lebih cepat maka tekanannya lebih kecil dari pada tekanan udara yang melewati permukaan bagian bawah. Dengan modifikasi sudut pada panel kap mobil dapat meminimalisir besarnya CL pada mobil sehingga mobil masih tetap stabil pada saat dikendarai.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Amaluddin, M. dan Haq, N. (2022). Analisis Koefisien Hambatan Pada Desain Bodi Kendaraan Tipe Concept Car Menggunakan Perangkat Lunak CFD FLUENT. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology*, 1(1), 28-33.
2. Aris, T, dan Firman, A. (2021). Analisis Material Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan Software Autodesk Inventor, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 23-30.
3. Jalaluddin, Akmal, S., Nasrul ZA, Ishak. (2019). Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop Pada Pipa L Menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD), *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97-108

4. Santoso, D.D. (2018). Aerodinamika pada Modifikasi Bodi Kendaraan Angkutan Pedesaan, Mesin Otomotif. Politeknik TEDC Bandung, 12(2), 112-122
5. Sianipar, R. M., Hiendro, A., dan Wicaksono, R. A. (2021). Simulasi Aerodinamika Bodi Mobil Listrik Fakultas Teknik Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN), 2(2), 1-8.
6. Wahyudi, Gatut R, Haris M. (2014). Pengaruh Bentuk Pengarah Angin (DeCLector) Terhadap Karakteristik Aerodinamis Kendaraan Niaga (TRUCK), Jurnal ROTOR, 7(1), 2-9.
7. Wirawan, Made, & IGNK Yudhyadi. (2018). Yayang Aswari, Analisis Aerodinamika Mobil Listrik "Mandalika EV" menggunakan software autodesk computational Fluid dynamic (cFD) 2016, Dinamika Teknik Mesin, 3(3), 23-27.