

Simulasi *Drag Reduction* Pada Model Truk-Kontainer Dengan Penambahan *Side Skirts*

Faris Reynaldi, Ainul Ghurri, dan Anak Agung Adhi Suryawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Peningkatan karakteristik aerodinamik pada kendaraan dapat berkontribusi sebagai salah satu solusi dalam permasalahan tingkat konsumsi bahan bakar dan polusi gas emisi yang berlebih khususnya pada jenis kendaraan berat truk-kontainer. Salah satu bagian dari truk-kontainer yang menjadi penyebab tingginya nilai gaya hambat terletak pada sisi bawah truk-kontainer (*clearance* antara permukaan jalan dan sisi bawah kontainer), karena terjadi aliran udara pada bagian tersebut. Telah banyak studi yang dilakukan guna menentukan cara yang efektif untuk mereduksi hambatan aerodinamik kendaraan khususnya pada truk-kontainer, salah satunya yang digunakan pada penelitian ini adalah penambahan aerodynamic devices berupa *side skirts* dengan variasi pada sudutnya. Tercatat bahwa penambahan *side skirts* dengan sudut 0° dan 15° dapat mereduksi koefisien drag masing-masing hingga 3% dan 1%. Penambahan besar sudut pada *side skirts* dapat berdampak pada penurunan nilai reduksi gaya drag yang terjadi.

Kata Kunci : aerodinamik, emisi, truk-kontainer, *clearance*, *side skirts*, sudut, drag, reduksi

Abstract

An improvement on aerodynamic characteristics of vehicles can contribute as a solution to the problem of fuel consumption levels and excessive emissions of gas emissions, especially in the type of heavy vehicle container trucks. One part of the container trucks which is the cause of the high value of drag is located on the bottom side of the container truck (*clearance* between the surface of the road and the bottom side of the container), due to air flow in that section. Many studies have been conducted to determine an effective way to reduce aerodynamic drag of vehicles especially in container trucks, one of which is used in this study is the addition of aerodynamic devices in the form of *side skirts* with variations in the angle. It is noted that the addition of *side skirts* with angles of 0° and 15° can reduce the drag coefficient to 3% and 1% respectively. Large increase in angle on the *side skirts* can have an impact on the reduction in the value of the drag force reduction that occurs.

Keywords: aerodynamics, emissions, container trucks, *clearance*, *side skirts*, angles, drag, reduction

1. Pendahuluan

Bahan bakar fosil menjadi pusat pertumbuhan dan perdagangan sejak industrialisasi mendominasi perekonomian.

Di banyak aplikasi, energi yang terkandung pada bahan bakar fosil khususnya bahan bakar minyak telah lama mendominasi sektor transportasi. Dalam beberapa tahun terakhir, kekhawatiran telah muncul atas konsekuensi lingkungan akibat emisi dari proses pembakaran bahan bakar serta kekhawatiran atas kapasitas ketersediaan bahan bakar untuk melayani permintaan yang terus meningkat [1].

Peningkatan karakteristik aerodinamik pada kendaraan dapat berkontribusi sebagai salah satu solusi dalam permasalahan tingkat konsumsi bahan bakar dan polusi gas emisi yang berlebih. Dari data yang ada, terindikasi bahwa 27% konsumsi energi di United States digunakan untuk sistem transportasi, dan 60% energi pada sistem transportasi tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan aerodinamik (*aerodynamic drag*) yang muncul [2].

Telah banyak studi yang dilakukan guna menentukan cara yang efektif untuk mereduksi hambatan aerodinamik kendaraan khususnya pada truk-kontainer. Berbagai macam perlengkapan pereduksi gaya hambat (*drag reducing devices*) telah

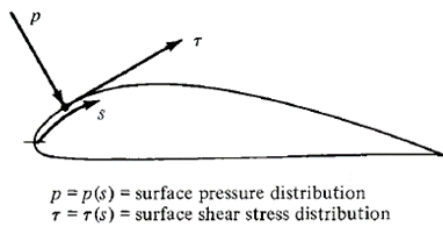
diperkenalkan untuk mengefektifkan reduksi gaya drag pada truk-kontainer, diantaranya adalah penambahan *cab-roof fairing* (CRF), *gap fairing*, *side extenders*, *side skirts*, dan *boat tail* [3].

Salah satu bagian dari truk-kontainer yang menjadi penyebab tingginya nilai gaya hambat terletak pada sisi bawah truk-kontainer (*clearance* antara permukaan jalan dan sisi bawah kontainer), karena terjadi aliran udara pada bagian tersebut. Aliran udara yang melintasi bagian bawah truk-kontainer berkontak secara langsung dengan desain struktur yang sangat kompleks antara lain roda, as roda (*axles*), rangka, dan komponen mekanikal lainnya. Wood [4], menyebutkan bahwa aliran udara pada sisi bawah truk-kontainer berkontribusi menghasilkan setidaknya 30% dari total hambatan aerodinamik. Dari data tersebut, maka penambahan *side skirts* yang berfungsi sebagai penyearah aliran udara di daerah *clearance* kontainer bisa dipertimbangkan sebagai cara untuk mengurangi drag di area tersebut. Untuk itu dalam penelitian ini akan diuji pengaruh penambahan *side skirts* dengan variasi sudut 0° , 15° , 30° , dan 45° terhadap gaya hambat aerodinamik yang terjadi pada model truk-kontainer dengan simulasi CFD.

2. Dasar Teori.

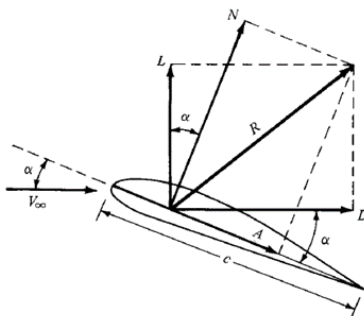
Menurut *The American Heritage Dictionary of The English Language* [5], Aerodynamics adalah ilmu yang mempelajari gerak dinamis gas, terutama interaksi atmosferik terhadap objek yang bergerak relatif di dalam aliran fluida tersebut.

Di setiap kasus dalam studi aerodinamik, gaya aerodinamik pada sebuah geometri disebabkan oleh dua sumber, yaitu distribusi tekanan pada permukaan benda dan distribusi tegangan geser pada permukaan benda. Keduanya, tekanan p dan tegangan geser τ memiliki dimensi gaya per unit area (N/m^2). Seperti pada gambar 1, p bereaksi dengan arah normal terhadap permukaan, dan τ bereaksi dengan arah tangensial terhadap permukaan. Tegangan geser τ menyebabkan aksi hantakan pada permukaan akibat gesekan antara body dengan udara.



Gambar 1. Tekanan dan Gaya Geser Permukaan

Efek dari distribusi tekanan p dan tegangan geser τ yang terintegrasi diseluruh permukaan body adalah resultan dari gaya aerodinamik R dan momen pada body M seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Gaya Aerodinamik pada Airfoil

Dimana terjadi gaya *Drag* (D), *Lift* (L), *Normal* (N), dan *Axial* (A) pada geometri tersebut. Drag adalah gaya berupa hambatan dari aliran pada suatu benda. Drag ini merupakan hambatan dari gesekan suatu benda dan hambatan ini dapat terjadi juga pada dinding pipa tempat mengalirnya fluida [6].

Jika diketahui ρ_∞ dan V_∞ sebagai densitas dan kecepatan pada aliran bebas, maka tekanan dinamis aliran bebas dapat dirumuskan dengan

Dynamic pressure :

$$q_\infty \equiv \frac{1}{2} \rho_\infty V_\infty^2 \quad (1)$$

Tekanan dinamis memiliki satuan layaknya tekanan yaitu N/m^2 . Selanjutnya, jika diketahui S adalah luas area referensi (m^2) dan l adalah panjang referensi (m), maka koefisien gaya drag dapat dirumuskan dengan :

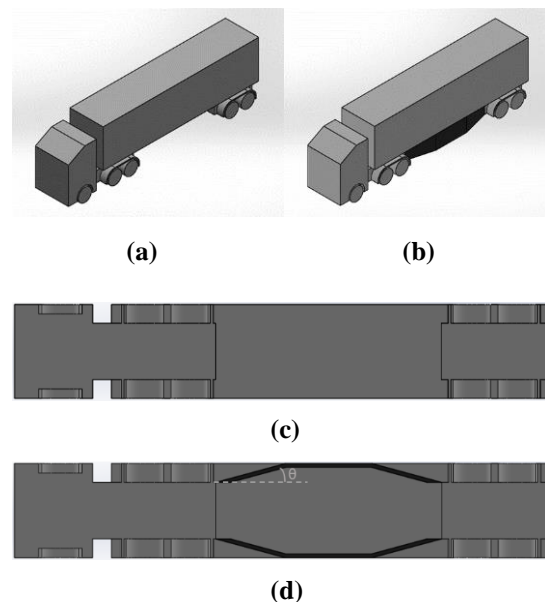
$$C_D \equiv \frac{D}{q_\infty S} \quad (2)$$

Shear stress, τ , ada di setiap titik pada suatu aliran yang terdapat gradien kecepatan. Pada kebanyakan kasus, *shear stress* lokal memiliki efek yang berarti pada aliran ketika gradien kecepatan bernilai besar. Untuk daerah berkecepatan tinggi, gradien kecepatan bernilai relatif kecil, dan efek *friction* tidak memainkan perannya. Pada daerah tipis pada aliran yang berdekatan dengan permukaan benda, gradien kecepatan yang terjadi bernilai besar, sehingga efek *friction* memainkan peran yang berarti.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan proses simulasi CFD dengan menggunakan software ANSYS 16.0. Adapun prosedur penelitian yang digunakan sebagai berikut :

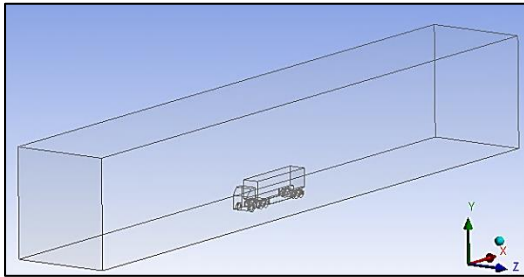
1. Menyiapkan model 3D truk-kontainer dan model *side skirts* yang akan digunakan dengan variasi sudut 0° , 15° , 30° , dan 45° .



Gambar 3. Model 3D Truk-Kontainer (a) Tanpa *Side Skirts*, (b) Dengan *Side Skirts*, (c) Pandangan Bawah Tanpa *Side Skirts*, (d) Pandangan Bawah Dengan *Side Skirts*

Model truk yang digunakan berbasis pada Truk komersial Trago Xcient, Hyundai dengan skala 1:50.

- Mengimport model truk-kontainer ke Ansys Fluent dan langsung melakukan proses enclosure untuk menentukan daerah batas relative penelitian terhadap model uji.



Gambar 4. Hasil Import dan Enclosure Model Truk-Kontainer

- Melakukan proses meshing, dimana pada proses ini menggunakan *Auto Generate Mesh* dengan beberapa perubahan level pada submenu *Sizing*.
- Menentukan model *viscous* yang akan digunakan, yaitu *standard k-epsilon*, dimana pada pengujian, variasi kecepatan relative udara V_{∞} disetting dari 22-28 m/s dengan rentang Reynolds number $3,39 \times 10^5 \leq Re \leq 4,28 \times 10^5$.
- Menentukan *Boundary Conditions* dimana pada bidang *velocity-inlet* diinput kecepatan dengan variasi 22 m/s, 25 m/s, dan 28 m/s. Sedangkan pada bidang *pressure-outlet* diinput 0 Pa (gauge).
- Melakukan proses perhitungan iterasi, dimana nilai konvergensi disetting hingga $10e-04$.
- Melakukan *checking report* untuk mengetahui besar gaya drag dan koefisien drag yang dialami oleh model truk-kontainer.

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian secara simulasi yang telah dilakukan maka didapatkan hasil berupa besar drag coefficient total yang dialami model-model truk-kontainer terhadap variasi kecepatan yang diberikan.

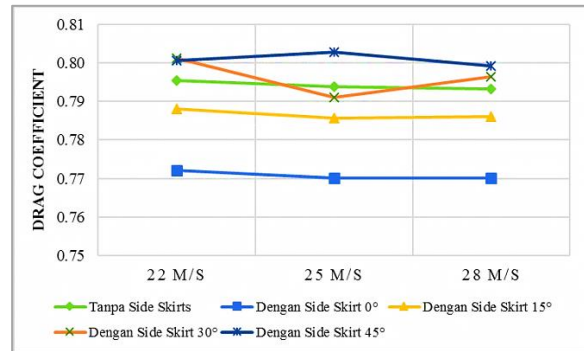
4.1 Hasil Pengujian Simulasi

Tabel 1. Nilai *Drag Coefficient* Tiap Model

No	Jenis Model	Drag Coefficient		
		22 m/s	25 m/s	28 m/s
1	Tanpa side skirt	0.7955	0.7938	0.7933
2	Dengan side skirt 0°	0.7721	0.7702	0.7702
3	Dengan side skirt 15°	0.7880	0.7856	0.7860
4	Dengan side skirt 30°	0.8012	0.7911	0.7963
5	Dengan side skirt 45°	0.8005	0.8027	0.7992

Grafik *Drag Coefficient* memperlihatkan trend yang relatif konstan, setiap jenis model truk-kontainer memiliki nilai CD yang hampir sama di setiap variasi kecepatan. Model truk-kontainer tanpa side skirts memiliki nilai CD sebesar 0.7938 sedangkan model truk-kontainer dengan side skirts sudut 0° memiliki

nilai CD sebesar 0.7702 sehingga drag reduction rate maksimum yang dapat diperoleh mencapai 0.0236 atau sebesar 3% pada kecepatan 25 m/s.



Gambar 5. Grafik *Drag Coefficient* Hasil Simulasi

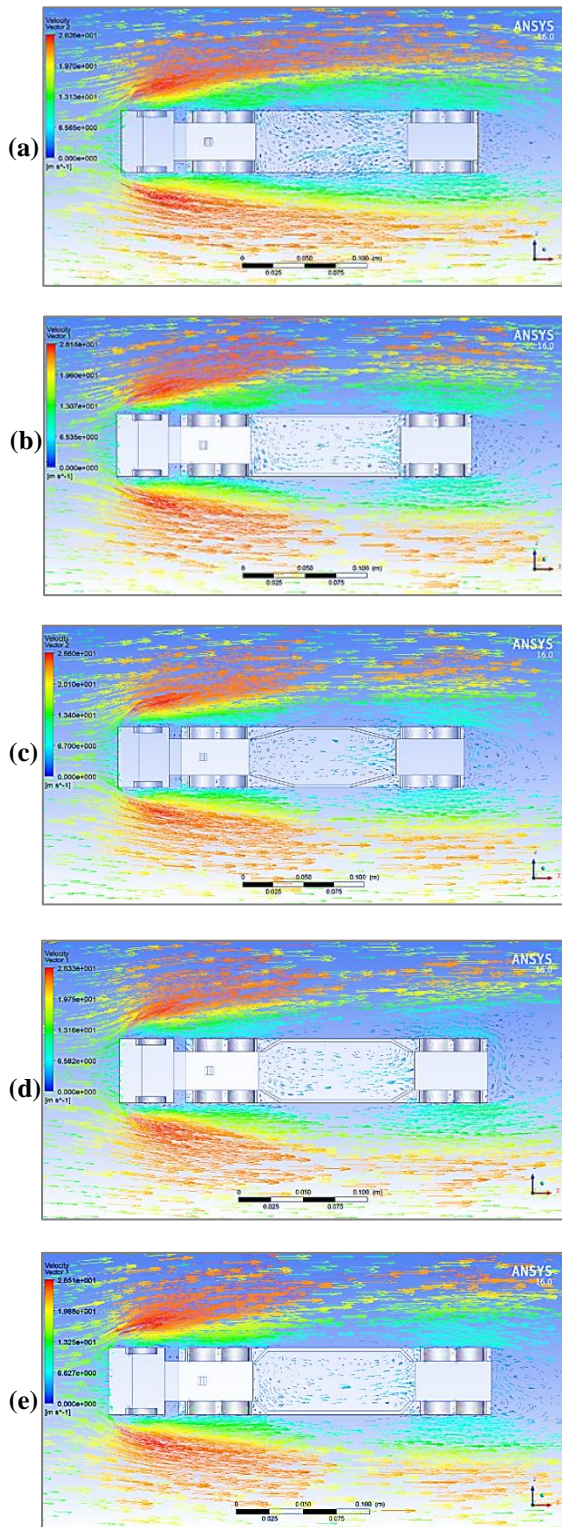
Model side skirts sudut 15° memiliki *drag reduction rate* maksimum sebesar 0.0082 atau sebesar 1% yang dapat dicapai pada kecepatan 25 m/s. Trend yang unik terjadi pada model side skirts sudut 30° dimana pada kecepatan 22 m/s dan 28 m/s terjadi peningkatan nilai CD masing-masing sebesar 0.0057 dan 0.0030, sedangkan pada kecepatan 25 m/s model side skirts sudut 30° memberikan kontribusi yang baik dengan capaian drag *reduction rate* sebesar 0.0027. Model side skirts sudut 45° tidak dapat memberikan efek drag reduction pada setiap variasi kecepatan karena terjadi peningkatan nilai CD, nilai CD maksimum yang dicapai sebesar 0.8027 pada kecepatan 25 m/s.

Selain data yang diperoleh dari proses simulasi, didapatkan pula hasil visualisasi 3D untuk menjelaskan fenomena yang terjadi pada model truk-kontainer. Dari pemodelan 3D yang telah dilakukan, didapatkan hasil visualisasi distribusi tekanan dan kecepatan.

Pada gambar 6 (a) yaitu hasil simulasi model truk-kontainer referensi, terjadi aliran udara acak yang membentuk vortex akibat masuknya aliran udara samping truk yang masuk ke bagian dalam clearance kontainer, hal ini menyebabkan terjadinya tambahan gaya drag pada konstruksi roda belakang truk-kontainer. Penambahan side skirts dapat berkontribusi untuk mencegah masuknya aliran udara di sekitar kontainer ke bagian dalam clearance.

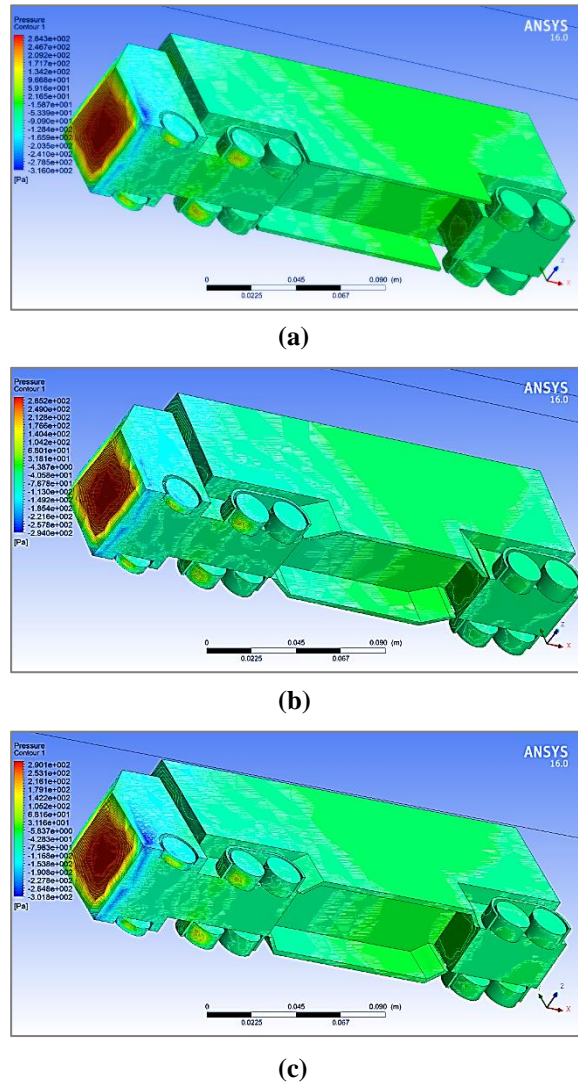
Hasil yang positif didapatkan dari pengujian model truk-kontainer dengan penambahan side skirts sudut 0° dan 15° (gambar 6 (b) dan 6 (c)) dimana kedua model tersebut dapat mencegah terjadinya vortex pada bagian dalam clearance kontainer. Begitu pula yang terjadi pada model truk-kontainer dengan penambahan side skirts sudut 30° dan 45° (gambar 6 (d) dan 6 (e)), namun penambahan sudut pada side skirts berpotensi merusak bentuk streamline pada sisi samping model truk-kontainer, seperti yang terlihat di gambar 6 (d), separasi terjadi sesaat setelah aliran udara berkontak dengan bagian depan side skirts. Hal

yang sama juga terjadi pada gambar 6 (e) dimana proses separasi terjadi lebih awal dibandingkan dengan model truk referensi sehingga terjadi peningkatan gaya drag.



Gambar 6. Visualisasi Distribusi Kecepatan pada Model Truk (a) Referensi, (b) Side Skirts 0°, (c) Sides Skirt 15°, (d) Side Skirts 30°, (e) Side Skirts 45°

Pernyataan mengenai penambahan sudut pada side skirts berpotensi merusak bentuk streamline pada sisi samping model truk-kontainer juga dapat didukung oleh visualisasi distribusi tekanan (*pressure contour*) yang tercantum pada gambar 4.6. Pada gambar 4.6 (c), (d), dan (e) terlihat bahwa penambahan sudut pada side skirts menyebabkan distribusi tekanan pada sisi samping truk-kontainer menjadi tidak merata.



Gambar 7. Visualisasi Distribusi Tekanan pada Model Truk (a) Side Skirts 0°, (b) Side Skirts 30°, (c) Side Skirts 45°

Terjadi penurunan tekanan pada sisi samping bagian belakang (area berwarna hijau toska), dimana terjadi peluasan area bertekanan rendah ketika sudut side skirts bertambah. Area bertekanan rendah ini mengindikasikan terjadinya proses separasi aliran udara, semakin luas area bertekanan rendah, maka proses separasi akan lebih cepat terjadi.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan *aerodynamic devices*

berupa side skirts dapat berfungsi sebagai pencegah masuknya aliran udara luar ke bagian dalam *clearance* model truk-kontainer, sehingga mampu mereduksi gaya drag yang terjadi pada sektor konstruksi roda belakang model truk-kontainer dimana model dengan penambahan side skirts sudut 0° mampu memberikan reduksi gaya drag terbesar hingga 3% pada kecepatan 25 m/s.

Variasi sudut pada side skirts berpengaruh terhadap streamline aliran pada sisi samping model-truk kontainer, dimana peningkatan besar sudut side skirts dapat berpotensi mempercepat proses separasi aliran pada sisi samping model-truk kontainer yang akan berimbas pada peningkatan nilai gaya drag yang dialami.

Daftar Pustaka

- [1] Owen, Nick A., Oliver R. Inderwildi, David A. King, 2010, *The Status of Conventional World Oil Reserves – Hype or Cause for Concern?*. Energy Policy Pap. Vol. 38, pp. 4743–4749.
- [2] Wood, Richard M., 2003, *Aerodynamic Drag and Drag Reduction: Energy and Energy Savings*. AIAA Pap. 2003-0209.
- [3] Kim, J. Jae, Jeongju Kim, Sang Joon Lee, 2019, *Considerable Drag Reduction and Fuel Saving of A Tractor-Trailer Using Additive Aerodynamic Devices*, Elsevier Pap. 191 pp. 54-62.
- [4] Wood, Richard M., 2003, *Aerodynamic Drag and Drag Reduction: Energy and Energy Savings*. AIAA Pap. 2003-0209.
- [5] Parton, James, 1969, *The American Heritage Dictionary of the English Language*, First Edition, Houghton Mifflin, Boston, USA.
- [6] Anderson, Jr., Jhon D., 2010, *Fundamentals of Aerodynamics*, Fifth Edition, McGraw-Hill, New York, USA.



Faris Reynaldi menyelesaikan studi di SMA Negeri 1 Singaraja pada tahun 2016, kemudian melanjutkan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2016 dan menyelesaikannya pada tahun 2020.

Bidang penelitian yang dilakukan adalah mengenai Pengaruh Penambahan *Aerodynamic Devices* terhadap *Drag Coefficient* Kendaraan.