

BAB I

PENDAHULUAN

1) Latar Belakang

Perkembangan kendaraan hemat energi dan kendaraan hemat energi merupakan bagian penting dari upaya global dalam menekan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi di sektor transportasi. *International Energy Agency (IEA, 2024)* melaporkan bahwa sektor transportasi masih menyumbang lebih dari 20% emisi karbon global, sehingga inovasi teknologi kendaraan berdaya rendah menjadi kebutuhan mendesak. Salah satu pendekatan utama dalam pengembangan kendaraan hemat energi adalah peningkatan efisiensi aerodinamika, mengingat hambatan udara (*aerodynamic drag*) merupakan komponen dominan yang memengaruhi konsumsi energi kendaraan, terutama pada kecepatan menengah hingga tinggi. Penelitian oleh Ahmed dkk., (1984) serta Howell, (2015) menunjukkan bahwa pada kecepatan jelajah hingga kecepatan tinggi, sekitar 50-60% energi kendaraan digunakan untuk mengatasi gaya hambat udara (*aerodynamic drag*). Kondisi tersebut menjadikan upaya penurunan *coefficient drag (Cd)* melalui rekayasa bentuk bodi dan *fairing* kendaraan sebagai faktor krusial dalam perancangan kendaraan hemat energi, khususnya kendaraan listrik yang memiliki keterbatasan kapasitas penyimpanan energi.

Dalam konteks pendidikan vokasi, Politeknik Negeri Bengkalis (Polbeng) secara aktif mengembangkan inovasi kendaraan hemat energi melalui tim mobil listrik dan mobil hemat energi yang berpartisipasi dalam kompetisi nasional seperti Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE). Kendaraan yang dikembangkan oleh POLBENG dirancang dengan konsep efisiensi energi maksimal, Namun, berdasarkan hasil evaluasi performa internal dan observasi lapangan, diketahui bahwa konfigurasi bodi kendaraan masih belum optimal dari aspek aerodinamika akibat desain *fairing* yang relatif sederhana, yang

cenderung menghasilkan nilai *coefficient* hambatan udara yang tinggi. Kondisi tersebut berdampak pada peningkatan konsumsi energi serta penurunan efisiensi jarak jelajah. Tantangan utama yang dihadapi oleh tim pengembang adalah bagaimana merancang dan menganalisis *fairing* yang mampu menekan hambatan udara secara signifikan tanpa mengorbankan stabilitas kendaraan. Oleh karena itu, penelitian berbasis simulasi *aerodinamika (Computational Fluid Dynamics/CFD)* diperlukan untuk memahami pengaruh modifikasi desain *fairing* terhadap nilai *coefficient* hambatan udara pada mobil hemat energi.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengaruh aerodinamika terhadap performa kendaraan listrik dan kendaraan hemat energi, khususnya melalui rekayasa *fairing* untuk menurunkan *coefficient* hambatan udara (*drag*). Howell, (2015) menunjukkan bahwa penerapan *fairing* aerodinamis mampu menurunkan nilai *coefficient drag (Cd)* hingga 15% pada kendaraan listrik tertentu. Hucho (2013) menegaskan bahwa pemanfaatan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* merupakan metode yang efektif dalam menganalisis dan mengoptimalkan desain *fairing*, meskipun kajiannya lebih banyak diterapkan pada kendaraan konvensional. Studi lanjutan oleh Penelitian yang dilakukan oleh Kaluva dkk., (2020) dan Afianto dkk., (2022) menunjukkan bahwa optimasi geometri bodi dan *fairing* kendaraan listrik melalui simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* mampu menurunkan nilai *coefficient drag (Cd)* hingga kisaran 15-25%, tergantung pada konfigurasi desain dan kondisi aliran udara. Hasil tersebut menegaskan bahwa rekayasa *fairing* yang dirancang secara aerodinamis berperan signifikan dalam mengurangi hambatan udara, sehingga berdampak langsung pada peningkatan efisiensi energi dan jarak tempuh kendaraan.

Meskipun demikian, penelitian yang secara spesifik mengkaji dampak rekayasa *fairing* terhadap *coefficient drag* pada kendaraan hemat energi yang dikembangkan oleh institusi pendidikan vokasi masih sangat terbatas. Mayoritas kajian sebelumnya lebih menitikberatkan pada kendaraan listrik komersial atau model kendaraan generik, sehingga belum sepenuhnya

mencerminkan karakteristik unik kendaraan KMHE, yang ditandai oleh dimensi kompak, sasis terbuka, serta konfigurasi bodi yang berbeda. Lebih lanjut, belum teridentifikasi penelitian yang secara mendalam menganalisis variasi nilai *coefficient drag* sebagai akibat dari modifikasi *fairing* melalui simulasi aerodinamika berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* tiga dimensi pada kendaraan hemat energi Politeknik Negeri Bengkalis. Situasi ini mengindikasikan adanya celah penelitian yang perlu diatasi melalui kajian simulasi aerodinamika guna menghasilkan desain *fairing* yang optimal dan praktis, sesuai dengan kebutuhan kendaraan hemat energi Politeknik Negeri Bengkalis.

Penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi berarti terhadap kemajuan kendaraan hemat energi yang efisien di Indonesia, khususnya dalam ranah pendidikan vokasi. Dengan menerapkan metodologi kuantitatif melalui simulasi aerodinamika, penelitian ini diantisipasi menghasilkan prototipe desain *fairing* yang optimal, yang efektif dalam mereduksi *coefficient* hambatan udara pada kendaraan hemat energi secara bermakna. Temuan dari penelitian ini akan memberikan keuntungan praktis bagi kelompok pengembang Politeknik Negeri Bengkalis dalam meningkatkan efisiensi kendaraan hemat energi, serta berperan sebagai acuan ilmiah dalam disiplin rekayasa aerodinamika kendaraan. Dari perspektif akademik, penelitian ini memperluas khazanah literatur terkait penerapan *Computational Fluid Dynamics* pada prototipe kendaraan hemat energi dan mendukung inisiatif pemerintah dalam mencapai transisi energi berkelanjutan (Sustainable Development Goals - SDG 7 dan 13). Oleh karena itu, penelitian ini dijalankan untuk memperkuat inovasi teknologi kendaraan hemat energi yang responsif terhadap tuntutan masa depan.

2) Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh modifikasi desain *fairing* terhadap nilai *coefficient* hambatan udara (C_d) pada kendaraan hemat energi Politeknik Negeri Bengkalis berdasarkan hasil simulasi *aerodinamika* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)*?
2. Bagaimana distribusi aliran udara (pola aliran, tekanan, dan kecepatan) yang terjadi pada permukaan bodi kendaraan sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi *fairing*?
3. Desain *fairing* mana yang memiliki *coefficient drag* yang lebih rendah dari 3 desain yang di simulasikan?

3) Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yang dirumuskan untuk menjawab permasalahan yang diidentifikasi serta mencapai hasil yang terukur secara ilmiah, sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi aliran udara dan distribusi tekanan di sekitar bodi kendaraan hemat energi sebelum dilakukan modifikasi *fairing* untuk memperoleh gambaran performa aerodinamika awal.
2. Melakukan simulasi *aerodinamika (CFD)* untuk memperoleh nilai kuantitatif *coefficient* hambatan udara (C_d) dari masing-masing variasi rancangan *fairing*.
3. Membandingkan hasil simulasi antar variasi rancangan *fairing* guna menentukan bentuk yang paling efisien dalam menurunkan nilai *coefficient* hambatan udara.

4) Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademik: Menyumbangkan kontribusi ilmiah dalam pengembangan literatur mengenai aplikasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk analisis aerodinamika pada kendaraan hemat energi skala prototipe, khususnya dalam lingkungan pendidikan vokasi.
2. Manfaat Praktis: Menyediakan dasar ilmiah bagi tim pengembang mobil hemat energi di Politeknik Negeri Bengkalis untuk memperbaiki rancangan *fairing* kendaraan secara terukur, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan jarak jelajah kendaraan.
3. Manfaat Teknologis: Mendorong implementasi teknologi simulasi *numerik* sebagai alat rekayasa desain kendaraan hemat energi yang efisien dan ramah lingkungan.
4. Manfaat Nasional dan Lingkungan: Mendukung agenda pemerintah dalam percepatan adopsi kendaraan hemat energi dalam transisi energi berkelanjutan (*Sustainable Development Goals 7 dan 13*) melalui pengembangan teknologi lokal yang berdaya saing tinggi serta berorientasi pada efisiensi energi.

5) Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah, terukur, dan selaras dengan tujuan yang ingin dicapai, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Objek penelitian dilakukan pada mobil hemat energi rancangan tim Politeknik Negeri Bengkalis (Polbeng), tipe prototipe (*single seater*) yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Fokus penelitian hanya menganalisis pengaruh rekayasa desain *fairing* terhadap nilai *coefficient drag (Cd)* kendaraan. Aspek lain seperti gaya angkat (*lift*), stabilitas lateral, kenyamanan, dan efisiensi sistem kelistrikan tidak menjadi fokus utama penelitian.
3. Metode analisis dilakukan menggunakan simulasi aerodinamika berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Penelitian ini tidak