

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Moda transportasi umum berupa kereta api telah menjadi pilihan utama dalam meningkatkan mobilitas masyarakat di berbagai negara, termasuk Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), pengguna kereta api di Indonesia mengalami peningkatan signifikan, khususnya dengan hadirnya teknologi baru seperti Kereta Cepat Indonesia–China (KCIC) atau dikenal sebagai "WHOOSH". Selain memberikan efisiensi dalam perjalanan, kehadiran kereta cepat juga menghasilkan dampak lingkungan seperti efek aerodinamis, kebisingan, serta getaran yang mempengaruhi bangunan sekitarnya.

Kebisingan dan getaran yang dihasilkan oleh kereta termasuk kereta cepat dapat mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan manusia, terutama di lingkungan permukiman dekat rel (Suryani, 2015). Tingkat kebisingan dan tekanan udara meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan kereta api, menghasilkan efek aerodinamis berupa aliran turbulen yang dapat mempengaruhi struktur bangunan di sekitar rel. Studi oleh Gilbert et al. (2013) menunjukkan bahwa tekanan aerodinamis yang dihasilkan oleh kereta api berkecepatan tinggi dapat menyebabkan beban siklik pada struktur di dekat rel, terutama di area terbuka dan ruang terbatas seperti terowongan pendek dan dinding vertikal.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Chen et al. (2024), menunjukkan bahwa dampak aerodinamis dari kereta api berkecepatan tinggi dapat menyebabkan gangguan struktural seperti getaran bangunan, retakan kecil, hingga gangguan akustik yang menurunkan tingkat kenyamanan masyarakat. Studi tersebut menggunakan simulasi numerik *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk menilai dampak aerodinamis terhadap bangunan, dengan hasil menunjukkan bahwa jarak bangunan terhadap rel dan kecepatan aliran angin merupakan faktor utama yang mempengaruhi dampak tersebut. Chen et al. (2021) melakukan investigasi numerik terhadap efek aerodinamis yang

disebabkan oleh kereta api berkecepatan tinggi pada bangunan di sekitarnya, menemukan bahwa tekanan aerodinamis meningkat secara signifikan dengan bertambahnya kecepatan kereta.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji dampak aerodinamis kereta api berkecepatan tinggi terhadap lingkungan sekitarnya, terutama terkait kebisingan, tekanan aerodinamis, dan getaran pada bangunan di dekat rel dengan pendekatan simulasi numerik CFD. Namun demikian, sebagian besar studi tersebut masih berfokus pada kondisi umum seperti pengaruh kecepatan kereta terhadap tekanan aerodinamis secara global, variasi jarak bangunan secara makro, atau kondisi lingkungan tertentu seperti terowongan panjang dan area terbuka. Penelitian yang secara spesifik menginvestigasi interaksi aerodinamis antara kereta cepat dengan dinding bangunan pada jarak relatif tertentu, khususnya dengan rasio jarak kereta dengan dinding bangunan ($\frac{S}{H}$) yang tetap,

Secara umum, rasio jarak antara kereta dan dinding dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{S}{H} = 650 \text{ mm} / 336 \text{ mm} = 1,9345 \dots\dots\dots (1.1)$$

dengan:

S = jarak antara sumbu tengah kereta dan dinding bangunan (mm);

H = lebar karakteristik kereta (mm).

masih sangat terbatas. Selain itu, kajian yang mengaitkan variasi kecepatan operasional kereta cepat Indonesia–China (WHOOSH) dengan distribusi koefisien tekanan, gaya hambat (*drag*), serta karakteristik pola aliran udara di celah sempit antara kereta dan bangunan belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih terfokus untuk mengisi celah tersebut guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dampak aerodinamis kereta cepat terhadap bangunan di sekitarnya, khususnya sebagai dasar penentuan jarak aman dan perencanaan tata ruang di sepanjang jalur kereta api berkecepatan tinggi di Indonesia.

Penelitian ini secara khusus mengevaluasi dampak aerodinamis dari kecepatan KCIC "WHOOSH" terhadap dinding bangunan yang berjarak rasio $\frac{S}{H} = 1,9345$, yaitu rasio jarak antara pusat kereta (S) dan dinding bangunan terhadap lebar kereta (H), sehingga diperoleh jarak antara kereta (S) 650 mm, dan lebar kereta (H) 336 mm. Metode penelitian menggunakan simulasi CFD dengan variasi kecepatan aliran angin sebesar 70 m/s, 83 m/s, dan 97 m/s. Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi karakteristik aerodinamis pada bangunan akibat pengaruh aliran angin dari kereta cepat serta merekomendasikan jarak aman yang ideal antara bangunan dengan jalur kereta api berkecepatan tinggi.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap distribusi koefisien tekanan dan gaya hambat (*drag*) yang terjadi pada ruang antara pusat rel dan dinding bangunan.
2. Mengkaji karakteristik serta pola aliran udara yang terbentuk di celah antara kereta cepat dan dinding bangunan.

1.3 Rumusan Masalah

Hadirnya kereta cepat Indonesia–Cina (Whoosh) membawa kemajuan besar dalam transportasi, namun operasinya pada kecepatan tinggi menimbulkan tantangan aerodinamika antara kereta dan bangunan di sekitar rel. Perubahan kecepatan aliran udara dapat memicu distribusi tekanan dan gaya hambat (*drag*) yang berpengaruh pada konsumsi energi serta beban pada struktur bangunan. Selain itu, variasi kecepatan turut membentuk pola aliran udara di celah kereta dan dinding bangunan yang menentukan tingkat interaksi aerodinamiknya. Kajian ini penting untuk memahami pengaruh kecepatan terhadap tekanan, *drag*, dan karakteristik aliran, sehingga dapat mendukung keamanan, efisiensi energi, dan ketahanan infrastruktur kereta cepat di Indonesia.

1. Bagaimana pengaruh peningkatan kecepatan aliran angin terhadap distribusi koefisien tekanan serta gaya *drag* yang terjadi di antara kereta cepat dan dinding bangunan dengan jarak relatif tertentu ($\frac{S}{H} = 1,9345$)?
2. Bagaimana karakteristik pola aliran udara yang terbentuk di celah antara kereta cepat dan dinding bangunan akibat variasi kecepatan aliran?

1.5 Batas Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian numerik ini dilakukan dalam bentuk simulasi tiga dimensi (2D) dengan asumsi aliran tunak (*steady flow*) serta tidak termampatkan (*incompressible flow*).
2. Model kereta api disederhanakan guna mempermudah proses simulasi sekaligus mempercepat waktu komputasi.
3. Analisis hanya difokuskan pada aliran satu arah dengan kecepatan angin yang dianggap konstan.
4. Variasi kecepatan angin yang digunakan adalah 70 m/s, 83 m/s, dan 97 m/s, sesuai dengan kecepatan operasional kereta cepat Indonesia–Cina.
5. Dalam simulasi, kereta diasumsikan berada pada kondisi diam, sehingga kecepatan relatif udara terhadap kereta sama dengan kecepatan kereta itu sendiri.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan saran terkait kecepatan operasional kereta cepat saat melintas di kawasan pemukiman.
2. Menjelaskan keterkaitan antara variasi kecepatan aliran udara dengan jarak antara rel kereta dan bangunan di sekitarnya.