BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Prediksi aliran gas buang dari nosel supersonik menggunakan perangkat lunak *Computation Fluid Dynamics* (CFD) telah menjadi topik yang sangat diminati dalam beberapa tahun terakhir, karena pentingnya untuk pengembangan roket dan mesin jet supersonik [1]. Nosel memainkan peran utama dalam mengontrol aliran gas buang, meningkatkan efisiensi dorongan, dan memastikan stabilitas aliran.

Nosel supersonik adalah komponen kunci dalam berbagai aplikasi propulsi yang dirancang untuk mempercepat gas buang hingga kecepatan supersonik melalui ekspansi dalam bagian divergen nosel. Gas yang masuk dengan kecepatan rendah, tekanan tinggi, dan suhu tinggi akan mengalami percepatan, berubah menjadi gas dengan kecepatan tinggi, tekanan rendah, dan suhu lebih rendah [2].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Belega dkk (2015) [3] membahas pengembangan nosel supersonik dengan menggunakan perangkat lunak CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang menerapkan model turbulen standar (STD) $k - \epsilon$. Penelitian ini menganalisis desain dan aliran pada nosel supersonik roket, dan hasil simulasi yang diperoleh memiliki kesamaan dengan penelitian Rao dkk (2013) [4], yang juga menganalisis aliran pada nosel supersonik roket dengan memvariasikan bilang *Mach* dan rasio tekanan, menggunakan model turbulen STD $k - \epsilon$. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Wu dkk (2016) [5] menunjukkan bahwa perambatan aliran pada dua jenis nosel terowongan angin supersonik dengan menggunakan model turbulen $k - \epsilon$ dan $k - \omega$, menghasilkan hasil yang relatif serupa dengan eksperimen.

Adapun penggunaan model turbulen mempermudah simulasi aliran karena dapat menggantikan kebutuhan untuk membuat peralatan percobaan yang mahal dan memakan waktu lama. Simulasi ini cukup dilakukan menggunakan perangkat keras komputer, sehingga lebih efisien. Akan tetapi, model turbulen standar (STD) $k - \epsilon$ memiliki beberapa kelemahan. Model ini kurang akurat saat digunakan untuk mensimulasikan aliran dengan regangan tinggi, aliran rotasi, atau aliran yang

berkembang penuh pada saluran tanpa dinding. Hal ini menyebabkan hasil simulasi menjadi kurang baik untuk jenis aliran tidak ber dinding [6]. Namun, penelitian tentang model turbulen untuk nosel supersonik masih sedikit diteliti, sehingga peneliti bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan melakukan simulasi numerik untuk menganalisis kinerja model turbulensi.

Simulasi dilakukan menggunakan program CFD *Ansys Fluent*. Aliran knalpot jet dari nosel Putnam dipertimbangkan sebagai aliran gas buang nosel supersonik berdasarkan data eksperimental yang tersedia [7]. Nosel Putnam adalah tipe nosel yang digunakan dalam berbagai penelitian dan pengujian aliran supersonik. Untuk aliran gas buang dari nosel Putnam, tiga model turbulensi *eddy-viscosity* dievaluasi, model $k - \varepsilon$ dua persamaan, model *Shear Stress Transport* (SST) $k - \omega$ dua persamaan [8], dan model *Spalart-Allmaras* (SA) satu-persamaan [9]. Model-model ini digunakan untuk memprediksi aliran turbulen dalam kondisi supersonik.

Penelitian ini menguji model turbulensi yang berbeda. Gas buang dari nosel Putnam mengalir dalam aliran bebas supersonik atau aliran bebas diam. Dalam kondisi ini, aliran bebas mempengaruhi pertumbuhan lapisan pencampuran dan karakteristik lapisan pencampuran mempengaruhi keakuratan perhitungan yang dilakukan dengan berbagai model turbulensi. Pengujian dilakukan untuk menunjukkan perbandingan kinerja ketiga model turbulensi dalam memprediksi aliran gas buang nosel supersonik. Maka dari itu, peneliti ingin melakukan pengujian untuk menunjukkan bahwa prediksi yang akurat dari profil kecepatan lapisan batas di pintu keluar nosel Putnam diperlukan untuk menangkap karakteristik gas buang nosel supersonik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diteliti pada tugas akhir ini berupa persamaan turbulen model diturunkan dengan asumsi yang berbeda-beda karena memungkinkan akan menghasilkan hasil yang berbeda pada model turbulen tersebut. Sehingga diperlukan mencari turbulen model yang cocok untuk kasus yang akan dikerjakan. Pada penelitian ini dilakukan sejumlah turbulen model untuk mendapatkan model yang paling baik pada aliran melewati nosel supersonik.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui ketelitian turbulen model $k - \epsilon$, *Spalart-Allmaras* (SA), dan SST $k - \omega$ dalam menghitung aliran pada nosel supersonik.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah untuk memprediksi secara akurat pembuangan gas pada nosel supersonik melalui beberapa metode turbulensi sebagai langkah awal pengembangan industri penerbangan di masa yang akan datang.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Analisis difokuskan pada distribusi bilangan *Mach* dan tekanan statis di sepanjang nosel “Nozzel 6” dengan *Freestream Mach Number* 2,2, *Reynolds number* $1,86 \times 10^6$, *temperature* konstan 312 K, dan NPR 8,12.
2. Simulasi CFD menggunakan tiga model turbulensi utama, yaitu $k - \epsilon$, *Spalart-Allmaras* (SA), dan SST $k - \omega$, untuk mengevaluasi pola aliran, dengan fokus pada kemiripan prediksi antar model turbulensi.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan proposal penelitian adalah:

1. BAB I Pendahuluan, menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.
2. BAB II Tinjauan Pustaka, menjelaskan teori yang mendukung proposal tugas akhir.
3. BAB III Metodologi, menjelaskan tahapan dalam mencapai tujuan dari proposal tugas akhir.
4. BAB IV Hasil dan Pembahasan, memaparkan dan menganalisis data-data berupa grafik yang didapatkan dari hasil simulasi numerik yang sudah dilakukan.
5. BAB V Penutup, menjelaskan mengenai kesimpulan akhir penelitian.