

SIMULASI ALIRAN INTERNAL PADA PEMIPAAN INLET ENGINE TIGA DIMENSI

Subagyo

UPT-LAGG BPPT Kawasan Puspiptek Gd. 240 Tangerang Selatan 15314

e-mail: subagyo@bppt.go.id

Abstrak. Analisis aliran didalam sistem pemipaan Inlet Engine dapat dilakukan dengan metode eksperimen maupun metode komputasional. Penelitian aliran internal merupakan bagian yang cukup penting dalam sistem pemasok udara kedalam ruang bakar mesin kendaraan wahana darat, laut maupun udara. Makalah ini menganalisa aliran internal dari hasil simulasi yang dilakukan pada sistem pemipaan berbentuk huruf S tiga dimensi dengan penampang lintang berupa lingkaran dengan variasi kapasitas aliran masing-masing sebesar 1.213 kg/detik, 1.4 kg/detik, 4 kg/detik dan 6 kg/detik. Analisis simulasi komputasi dinamika fluida dengan menggunakan software FLUENT. Hasil simulasi menunjukkan variasi kapasitas aliran mempengaruhi Tekanan Total dan bilangan Mach pada Aerodynamic Interface Plane (AIP) sebelum udara masuk menuju mesin.

Kata kunci: Aliran Internal, Pemipaan bentuk S, kapasitas aliran, dan AIP

1. Pendahuluan

Sistem penyedia udara mesin kendaraan wahana darat laut maupun udara dipengaruhi oleh kendala antara lain; kapasitas aliran, bentuk pemipaan, penampang lintang pemipaan. Khusus untuk pesawat udara ditambahkan lagi yakni anti terpantau pada rancangan, rentang terbang bilangan mach, situasi penerbangan, dan kondisi-kondisi khusus lainnya. Pada gambar 1 menunjukkan sistem pemipaan berbentuk S yang sering digunakan sebagai sistem pemasok udara menuju mesin. Makalah ini mengkaji aliran internal didalam pipa berbentuk huruf S pemasok udara tiga dimensi. Aliran udara didalam pipa mempunyai profile kecepatan berupa kurva lengkung akibat adanya viscositas udara.

Analisis profil aliran dapat dilakukan dengan metoda eksperimen maupun komputasional. Sampai saat ini kedua metode selalu digunakan secara bersama-sama, hanya saja metoda eksperimen memerlukan sensor pengamatan yang cukup mahal. Dalam makalah ini akan dibahas Simulasi DFK aliran internal pemipaan berbentuk huruf S untuk mendapatkan pola aliran dan distribusi tekanan serta distribusi bilangan Mach terhadap variasi kapasitas aliran. Penelitian dengan metoda simulasi DFK memberikan ruang yang melengkapi pengkajian dengan menggunakan metoda eksperimental.

2. Metodologi

Dalam melakukan simulasi, model yang dikembangkan idealnya dapat memberikan hasil sesuai dengan yang sebenarnya, sehingga dibutuhkan pemodelan yang tepat. Juga perlu mempertimbangan untuk menjaga keseimbangan antara tingkat ketelitian dan kelengkapan terhadap batasan yang tersedia baik dari segi biaya maupun kompleksitasnya.

Persamaan dasar yang digunakan dalam analisis aliran fluida dengan Dinamika Fluida Komputasi (DFK) adalah persamaan Navier Stokes. Metode penyelesaian persamaan tersebut menggunakan perangkat lunak FLUENT dengan pendekatan *k-omega SST*. Untuk analisis aliran internal didalam pipa S sekitar diasumsikan memenuhi kondisi *compressible* tiga dimensi dan menggunakan metode diskritisasi standard. Untuk mencari distribusi tekanan, metode diskritisasi “*Second Order Upwind*” untuk solusi persamaan momentum, dan metode *coupled* untuk mencari hubungan kopling tekanan dan kecepatan.

2.1 Pemodelan Pemipaan Inlet S Tiga Dimensi (3D)

Pemasok udara kedalam mesin kendaraan baik sebagai kendaraan darat, laut dan udara sangatlah penting. Terlebih untuk pesawat udara yang bergerak dengan enam derajat kebebasan pasokan udara bergantung dari arah aliran udara memberikan pengaruh pada kinerja mesin. Bentuk pemipaan S sebagai salah satu bentuk yang sering digunakan sebagai pemasok udara dikaji dengan cara simulasi. Pemodelan pipa berbentuk S dilakukan dengan software GAMBIT 2.4.6 (*Geometri And Mesh Building Intelligent Toolkit*)

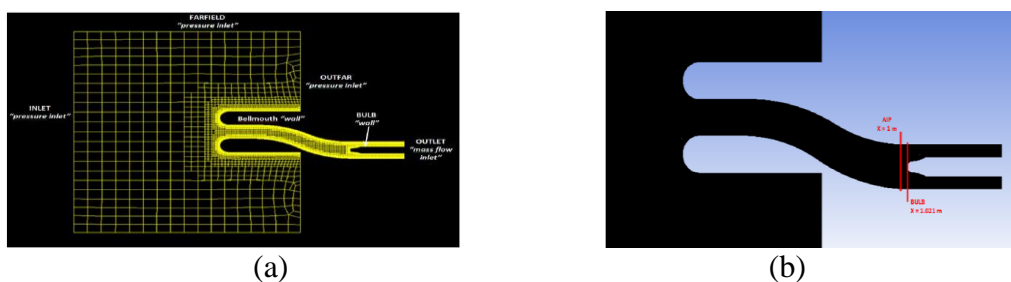
2.2 Domain, Pembuatan Mesh dan Variasi Kapasitas Aliran

Simulasi aliran disekitar pipa bentuk S 3D dilakukan dengan memvariasikan nilai kapasitas aliran. Bentuk domain yang digunakan dalam simulasi seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2, domain komputasi pada bagian inlet diberikan ruangan berbentuk kubus untuk mensimulasikan kondisi lingkungan sekitar sebelum udara tersedot kedalam *inlet* kemudian masuk melalui pipa berbentuk S dan keluar kearah *outlet*.

Domain komputasi ini kemudian didiskretisasi dengan membuat kisi-kisi menjadi suatu *mesh*. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 3 (a), mesh diatur sedemikian rupa sehingga cukup halus di daerah yang dekat dengan dinding di mana besaran-besaran aliran mempunyai gradient yang cukup beragam. Kemudian untuk keperluan mengkaji distribusi kecepatan, tekanan dan bilangan Mach kondisi simulasi dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1: Kondisi Simulasi variasi Kapasitas Alir

No.	Kapasitas Aliran (kg/detik)
1.	1.213
2.	4



Gambar 1: (a) Meshing pada bidang simetri (b) Posisi AIP dan BULB pada bidang simetri pipa S

Kondisi batas yang digunakan dalam simulasi DFK terdiri dari *pressure inlet*, *wall* dan kapasitas aliran *inlet* seperti dapat dilihat pada gambar 3 (a). Gambar 3 (b) menunjukkan posisi dari AIP pipa S dan posisi bulb pada outlet.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil simulasi aliran internal didalam pipa S berupa kontur bilangan Mach, stream line pada irisan longitudinal melalui pusat pipa dan kontur tekanan.

3.1. Kontur Bilangan Mach

Simulasi kapasitas aliran 1.213 kg/detik

Simulasi aliran internal didalam pipa S dalam makalah ini dilakukan dengan variasi kapasitas aliran menggunakan software FLUENT. Hasil simulasi pada kondisi kapasitas aliran 1.213 kg/s dapat dilihat pada gambar 4 (a) dengan sudut serang 0 derajat. Nampak bahwa disekitar inlet nilai bilangan Mach sangat rendah yang ditunjukkan dengan warna biru. Kemudian berangsur angsur udara tersedot kedalam pipa.



Gambar 2: (a) Kontur bilangan Mach kapasitas aliran pada outlet 1.2135 kg/s dan (b) 4 kg/s

Bilangan Mach naik di *inlet bell mouth* ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi biru yang semakin muda. Persis sebelum masuk pipa bilangan Mach adalah 0.05 ditunjukkan dengan warna hijau muda. Bilangan Mach bertambah dengan ditunjukkan oleh warna menjadi kuning menuju warna orange yang memiliki nilai bilangan Mach sebesar 0.1.

Kemudian udara mengalir beberapa saat melalui saluran lurus nilai bilangan Mach masih bertahan pada nilai sebesar 0.1 tetapi kemudian mengalami penurunan di bagian atas terlebih dahulu kemudian diikuti penurunan dibagian bawah menuju nilai bilangan Mach sebesar 0.08 yang pada gambar 4 (a) ditunjukkan oleh warna kuning.

Simulasi kapasitas aliran 4 kg/detik

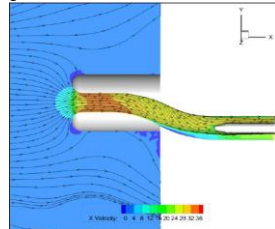
Hasil simulasi pada kondisi kapasitas aliran 4 kg/s dapat dilihat pada gambar 4 (b) dengan sudut serang 0 derajat. Serupa dengan simulasi pada nilai kapasitas aliran sebesar 1.4 kg/detik simulasi menggambarkan keadaan awal udara yang semula diam tersedot kedalam dengan kapasitas aliran sebesar 4 kg/detik. Kemudian berangsur angsur udara tersedot kedalam pipa. Bilangan Mach naik di *inlet bell mouth* ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi biru yang semakin muda. Persis sebelum masuk pipa bilangan Mach adalah 0.05 ditunjukkan dengan warna hijau muda. Bilangan Mach bertambah dengan ditunjukkan oleh warna menjadi kuning menuju warna orange yang memiliki nilai bilangan Mach sebesar 0.1.

Kemudian udara mengalir beberapa saat melalui saluran lurus nilai bilangan Mach masih bertahan pada nilai sebesar 0.1 tetapi kemudian mengalami penurunan di bagian atas terlebih dahulu dan diikuti penurunan dibagian bawah menuju nilai bilangan Mach sebesar 0.08 yang pada gambar 4 (b) ditunjukkan oleh warna kuning.

3.2 *Stream line* aliran didalam pipa S

Pengamatan terhadap aliran didalam pipa S dengan cara membuat plot *stream line* yang terjadi didalam domain komputasi. Nampak dari gambar 5 bahwa udara disekitar inlet masuk hingga $3.5 r_1$ mengalir menuju *inlet*. Kecepatan pada saat tepat memasuki pipa S kurang lebih sebesar 20 m/s. Udara mengalir terus dipercepat ditunjukkan dengan perubahan warna berubah menjadi kuning dan kecepatan mencapai nilai maksimum sebesar 35 m/s ditunjukkan pada gambar 5 dengan warna menjadi orange.

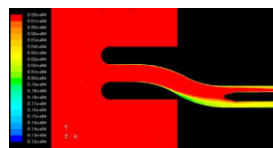
Nampak terjadi separasi aliran yang ditandai dengan kecepatan sangat rendah (warna biru). Aliran *steam line* tidak muncul di daerah tersebut. Selanjutnya aliran menuju ke *outlet* dengan kecepatan di bagian atas kurang lebih menjadi 28 m/s dan dibagian bawah kurang lebih menjadi 24 m/s.



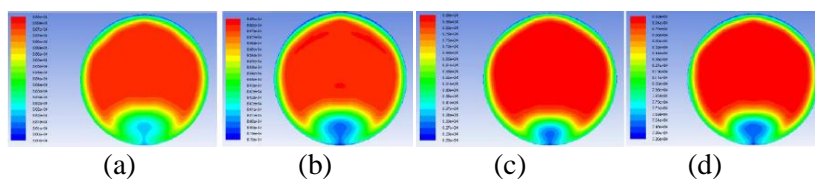
Gambar 3: Stream line pada bidang simetri kapasitas aliran pada outlet 1.2135 kg/s

3.2. Kontur Tekanan Total di bidang Simetri dan AIP

Gambar 6 menunjukkan kontur tekanan total pada bidang simetri untuk kapasitas aliran 1.2135 kg/s, nampak tidak banyak berubah kecuali pada area belokan pertama dibagian bawah setelah adanya separasi terjadi penurunan pada arah *downstream*. Sedangkan pada bagian atas terjadi juga penurunan hanya lebih sedikit jika dibandingkan pada bagian bawah.



Gambar 4: Kontur tekanan total pada bidang simetri kapasitas aliran pada outlet 1.2135 kg/s



Gambar 5: Kontur tekanan total pada posisi AIP berturut-turut dengan kapasitas aliran (a) 1.2135 kg/s (b) 1.4 kg/s (c) 4 kg/s (d) 6 kg/s

Agar memperoleh gambaran kondisi distribusi tekanan total yang menyeluruh perhatikan juga pada gambar 7. Gambar 7 menunjukkan kontur tekanan total pada bidang AIP berturut-turut untuk kapasitas aliran (a) 1.2135 kg/s (b) 1.4 kg/s (c) 4 kg/s dan (d) 6 kg/s. Kontur tekanan pada umumnya turun dibagian dinding pipa akibat adanya gesekan udara dengan dinding pipa.

3.3. Kontur bilangan Mach di Outlet

Selanjutnya bagaimana efek dari variasi kapasitas aliran pada kontur bilangan Mach? Pengaruh variasi kapasitas aliran dapat dilihat pada gambar 8. Gambar 8 menunjukkan kontur bilangan Mach pada kapasitas aliran masing-masing adalah (a) 1.2135 kg/s (b) 1.4 kg/s (c) 4 kg/s dan (d) 6 kg/s. Gesekan udara pada dinding menyebabkan kecepatan udara dekat dinding lebih rendah sehingga kontur bilangan Mach di dinding lebih rendah. Nampak pada keempat variasi kapasitas aliran pada gambar 8 (a), (b), (c) maupun (d). Kontur nilai bilangan Mach pada gambar 8 (a), (b), (c) dan (d) hampir sama hanya nilainya agak berbeda hal ini disebabkan bahwa aliran yang terjadi merupakan aliran *subsonic* sehingga tidak banyak berbeda.

4. Kesimpulan

Pemasok udara pada mesin pada umumnya perlu melalui pemipaan karena posisi mesin biasanya ada pada bagian yang tidak langsung terhubung dengan udara bebas. Pada makalah ini penulis mensimulasikan aliran internal pipa berbentuk S sebagai bentuk dasar yang banyak digunakan.

Kontur tekanan pada bidang simetri menunjukkan bahwa tekanan total mengalami sedikit penurunan namun ada distorsi di aliran bagian bawah. Distorsi di bidang AIP dari penangkapan penglihatan menunjukkan distorsi yang terjadi tidak lebih dari 25% terhadap semua variasi kapasitas aliran baik pada kapasitas aliran 1.2135 kg/s dan 4 kg/s.

Pada saat awal udara diam tersedot kedalam pipa berbentuk S mengalami percepatan hingga nilainya mencapai 20 m/s dan pada saat udara menemui belokan terjadi penurunan. Selanjutnya akibat terjadi separasi di aliran bagian bawah menyebabkan turunnya kecepatan udara. Secara keseluruhan kontur bilangan Mach mengikuti pola perubahan kecepatan. Pengamatan di bidang AIP juga demikian. Distorsi juga tampak memiliki pola serupa dengan kontur kecepatan.

Daftar pustaka

- Choudhury, D. , (1993). Introduction to the Renormalization Group Method and Turbulence Modeling, Fluent Technical Memorandum TM-107, Lebanon.
- Fluent Inc, FLUENT, (2006). User's Guide, Centerra Resource Park 10 Cavendish Court, Lebanon.
- Seddon, J., and Goldsmith, E. L., (1999). Inlet Aerodynamics, Blackwell Science, Boston, MA.
- Steven R. Wellbom, Theodore H. Okiishi and Bruce A. Reichert, (1993). A Study of the Compressible Flow Through a Diffusing S-Duct, NASA TM 106411.

Subagyo, (2013). Fasilitas Uji Terowongan Angin Kecepatan Rendah Indonesia, Jurnal Energi dan Manufaktur, vol. 6 no.1.