

EVALUASI PERANCANGAN TEROWONGAN ANGIN LS-LST DENGAN SIMULASI NUMERIK

Teuku Mohd Ichwanul Hakim
Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN
Pos El : ichwanul.hakim@lapan.go.id

Abstrak

Pada tahun 2013, telah dilakukan perancangan konsep terowongan angin berukuran kecil yang memanfaatkan konstruksi yang telah ada sebelumnya. LS-LST (LAPAN Small Low Speed Tunnel) adalah terowongan angin tipe terbuka yang memiliki penampang seksi uji 60 cm x 60 cm dan dirancang memiliki kecepatan maksimum 30 m/s. Perancangan tahap awal dilakukan dengan metoda analitis untuk mendapatkan dimensi dan konfigurasi bagian-bagian terowongan angin seperti ruang penenang, kontraksi dan diffusor berdasarkan dimensi seksi uji dan sasaran untuk mendapatkan kecepatan 30 m/s. Pada tahap ini dilakukan evaluasi rancangan LS-LST dengan menggunakan simulasi numerik untuk memverifikasi hasil rancangan sebelumnya yang menggunakan metode analitis dan memvisualisasi kualitas aliran di dalam seksi uji. Pemodelan dilakukan dengan membuat half model, untuk mempercepat proses perhitungan namun tidak mengurangi tingkat ketelitian. Hasil dari evaluasi ini didapatkan bahwa hasil perancangan sebelumnya telah memenuhi target perancangan dan kualitas aliran yang diperoleh pun secara kualitatif sudah cukup baik.

Kata kunci: terowongan angin, simulasi numerik

Abstract

Conceptual design of a small size wind tunnel which are utilize the existing construction was done in 2013. LS-LST (LAPAN Low Speed Tunnel) is an open loop wind tunnel which has cross section dimension of the test section of 60 cm x 60 cm and designed to have a maximum speed of 30 m/s in test section. First design step was done by analytical method to get a size and dimension of the tunnel parts e.g. settling chamber, contraction and diffuser based on the test section size and the speed target of 30 m/s. In this step, the first concept of LS-LST are evaluated by using numerical simulation to verify and to visualize flow quality inside of the test section. The simulation model are made by half model to increase the calculation process without decrease in precision. The evaluation result shows that the first design was successfully fulfil the design requirement and also qualitatively the flow quality inside the test section is good.

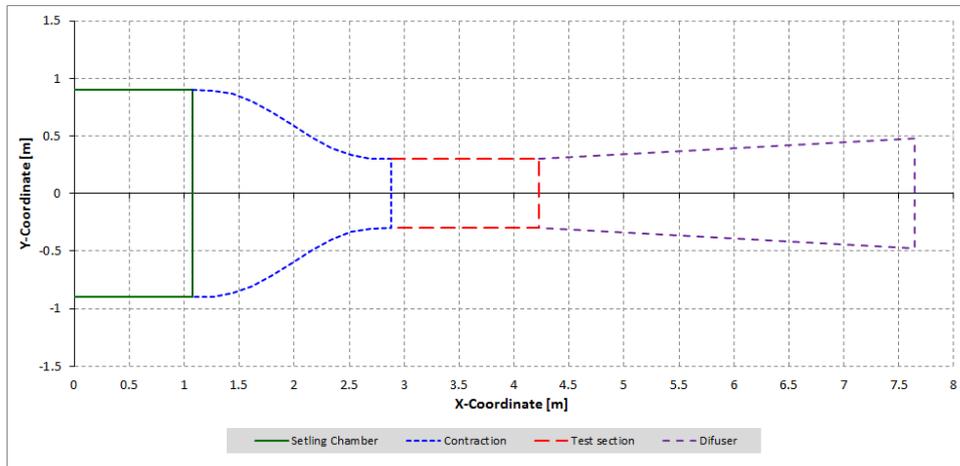
Keyword: wind tunnel, numerical simulation

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2013 telah dilakukan perancangan sebuah konsep terowongan angin berukuran kecil yang memanfaatkan konstruksi yang telah ada sebelumnya. Terowongan angin ini dinamai sebagai *LAPAN Small Low Speed Tunnel* (LS-LST) karena memiliki ukuran jauh lebih kecil dari terowongan angin subsonik yang ada saat ini (*LAPAN Low Speed Tunnel – LLST*). LS-LST merupakan terowongan angin tipe terbuka yang memiliki penampang seksi uji 60 cm x 60 cm dan dirancang memiliki kecepatan maksimum 30 m/s di seksi uji. Selain untuk memanfaatkan konstruksi terowongan angin yang telah ada, tujuan dirancangnya terowongan angin ini adalah untuk melengkapi terowongan angin LLST untuk keperluan riset instrumentasi dan aliran udara, juga perancangan ini merupakan sarana dalam memahami dan menguasai proses perancangan terowongan angin tipe terbuka [1]. Perancangan tahap awal dilakukan dengan metoda analitis untuk mendapatkan dimensi dan konfigurasi dari bagian-bagian utama terowongan angin seperti ruang penenang (*settling chamber*), kontraksi (*contraction*) dan diffuser. Perancangan tersebut dilakukan dengan mengacu pada dimensi seksi uji terowongan angin dan sasaran untuk mendapatkan kecepatan maksimum 30 m/s.

LS-LST dirancang menggunakan standar terowongan angin untuk aplikasi aeronautik, dimana ketidak seragaman kecepatan rata-rata aliran dan longitudinal turbulence level harus bernilai kurang dari 0.1% dan biasanya memiliki rasio kontraksi sebesar 9 [2] [3]. Menurut P. Bradshaw dan Mehta, kontraksi terowongan angin sangat berpengaruh terhadap pengurangan ketidak seragaman kecepatan dan turbulence level terutama pada komponen aksial, oleh karena itu rasio kontraksi 6 sampai dengan 10 banyak diaplikasi pada rancangan terowongan angin [4]. Untuk memperkecil turbulence level, biasa dipasang honeycomb dan screen beberapa lapis pada bagian settling chamber. Namun pada evaluasi kali ini, efek dari honeycomb dan screen belum dimasukkan dalam perhitungan. Dalam perancangan diffuser, Mehta mengatakan bahwa sudut diffuser untuk conical diffuser harus bernilai antara 5 (untuk flow steadiness) dan 10 (untuk best pressure recovery) [5]. Namun untuk menghindari separasi aliran

pada daerah diffuser, Hernandez menyarankan agar sudut diffuser kurang dari 3.5° dan membuat diffuser sepanjang mungkin. Fungsi utama dari diffuser adalah untuk merecover tekanan static dalam rangka meningkatkan efisiensi terowongan angin atau mengurangi rugi-rugi yang terjadi [6].

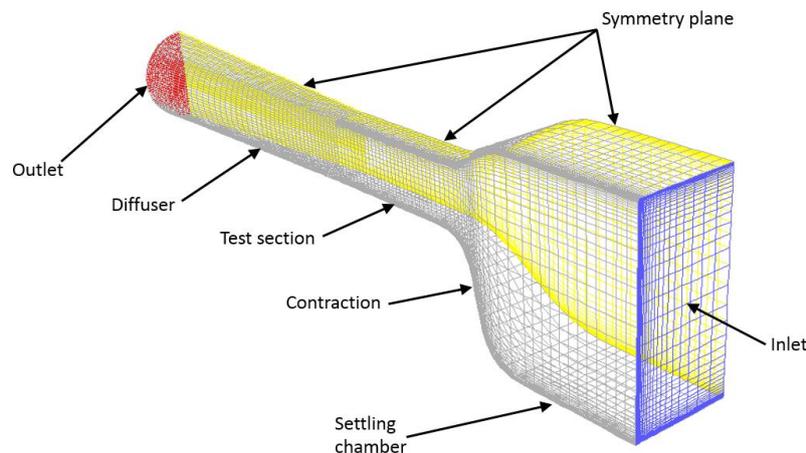


Gambar 8-1 Geometri LS-LST [1]

2. METODOLOGI

Perhitungan dilakukan dengan simulasi numerik CFD (*Computation Fluid Dynamics*) Fluent 6. Pemodelan dilakukan dengan membuat half model untuk mempercepat proses perhitungan tanpa mengurangi ketelitian dalam perhitungan [7].

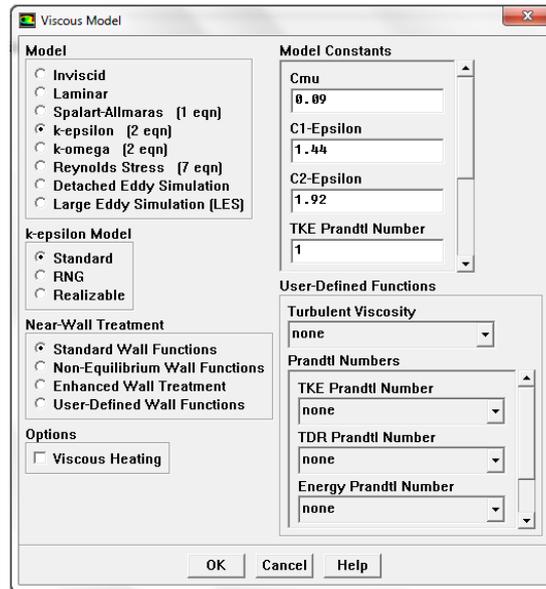
Grid untuk model simulasi dibuat terpisah menjadi dua bagian. Bagian pertama terdiri dari ruang penenang, kontraksi dan seksi uji, bagian kedua adalah bagian diffuser. Hal tersebut dilakukan untuk memudahkan dalam membuat grid terstruktur, terutama untuk bagian diffuser dimana terjadi perubahan profil dari persegi pada bagian seksi uji menjadi lingkaran pada bagian keluaran diffuser. Pada bagian diffuser tersebut, grid dibuat *multi-block* untuk memudahkan pembuatannya [8]. Grid model dan komponen terowongan angin yang disimulasikan ditunjukkan dalam Gambar 2-1. Komponen terowongan angin tersebut dimulai dari ruang penenang, kontraksi, seksi uji dan diffuser. Pada bagian tengah terdapat bidang simetri model, dimana pada bagian terowongan angin yang dihilangkan, karakteristik alirannya sama dengan aliran pada bagian yang dimodelkan. Simulasi dilakukan untuk beberapa model input untuk memverifikasi kecepatan pada bagian inlet dan kecepatan pada bagian seksi uji.



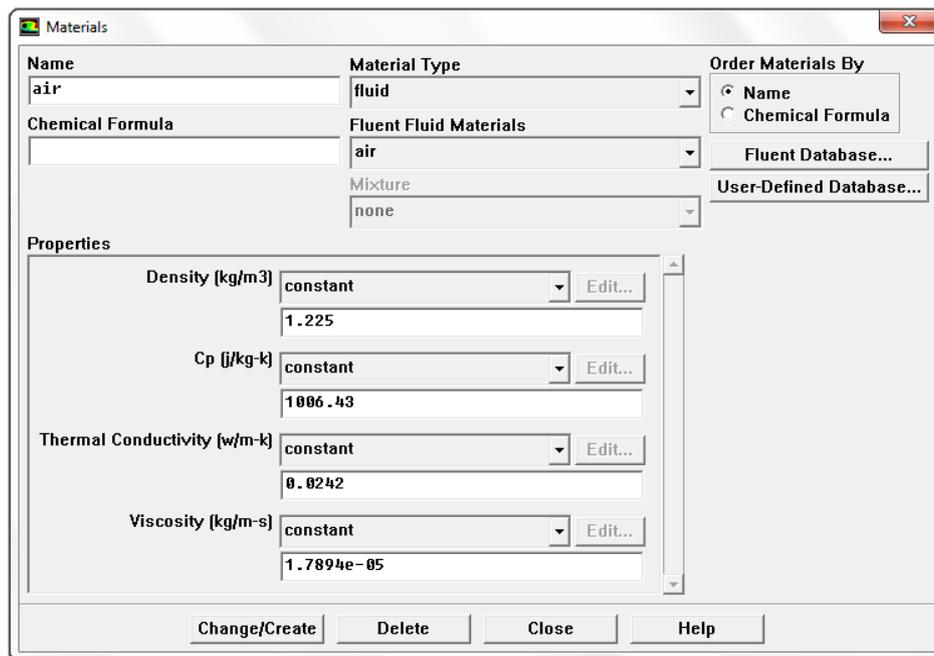
Gambar 2-1 Grid model terowongan angin

Pemodelan aliran di dalam terowongan angin adalah serupa dengan pemodelan aliran di dalam pipa, aliran ini biasa disebut sebagai aliran internal. Permasalahan ini diselesaikan dengan menggunakan steady state dan pressure based solver. Definisi viscous model ditunjukkan pada Gambar 2-2 dimana

standard k-epsilon (2 equation) dipilih untuk menyelesaikan permasalahan aliran yang setimbang [9] [10].



Gambar 2-2 Seting viscous model



Gambar 2-3 Seting material untuk model simulasi menggunakan standar ISA

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan untuk beberapa kondisi kecepatan untuk membandingkan kondisi input dengan kondisi kecepatan di seksi uji. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan, tabel perbandingan ditunjukkan pada

Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Perbandingan kecepatan inlet dan kecepatan seksi uji

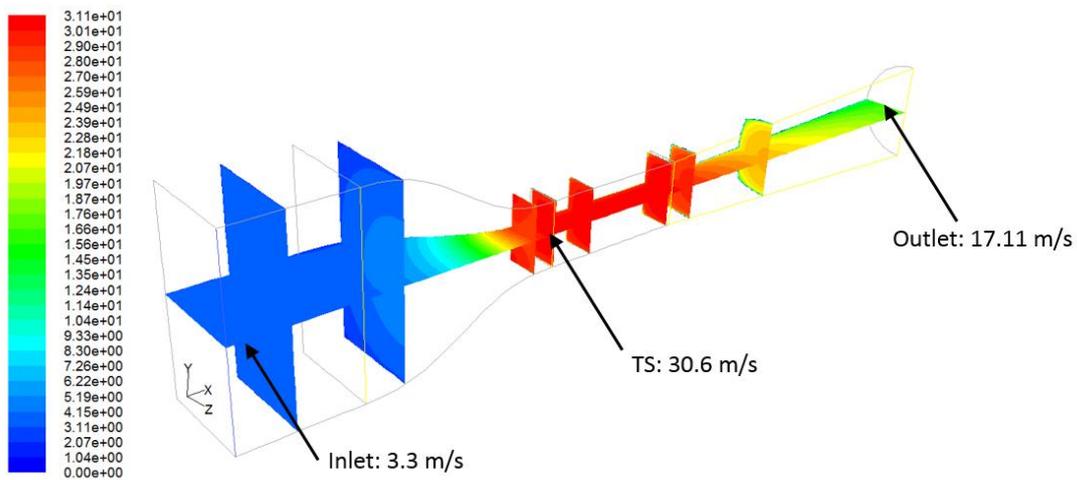
Airspeed (m/s)	
Theoretical	Simulation

Inlet	Test section	Inlet	Test section
0.556	5	0.555	5.19
1.111	10	1.111	10.26
2.222	20	2.222	20.43
3.333	30	3.333	30.59

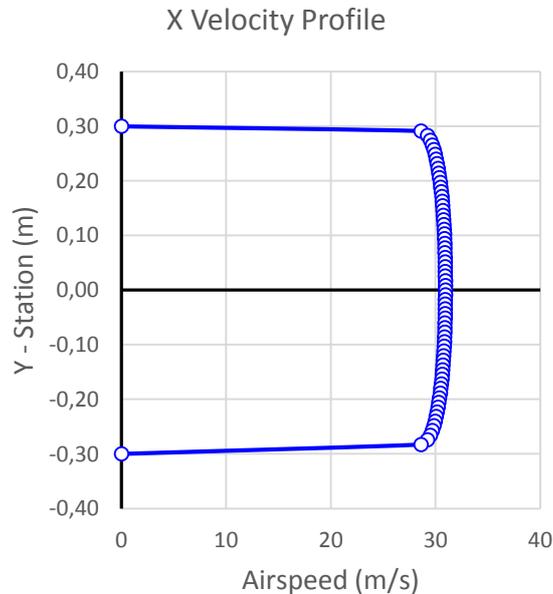
Pada

Tabel 3-3 terlihat bahwa hasil simulasi sudah dapat dikatakan memiliki nilai yang sama dengan hasil perhitungan, dengan nilai error kurang dari 4%. Hal ini menunjukkan bahwa dari sisi kecepatan di seksi uji, hasil perhitungan sudah terverifikasi dengan baik.

Pada Gambar 3-1 ditunjukkan profil kecepatan pada beberapa bagian seksi uji. Disana ditunjukkan pada tiga bagian, yaitu inlet, seksi uji dan outlet. Kecepatan pada bagian seksi uji dan outlet sedikit lebih besar dari hasil perhitungan. Namun demikian, perbedaan tersebut masih dapat diterima.



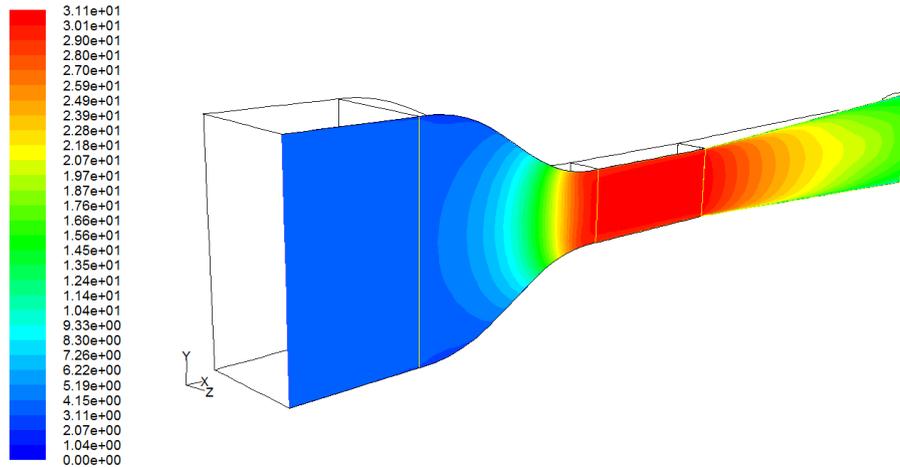
Gambar 3-1 Profil kecepatan pada beberapa lokasi terowongan angin



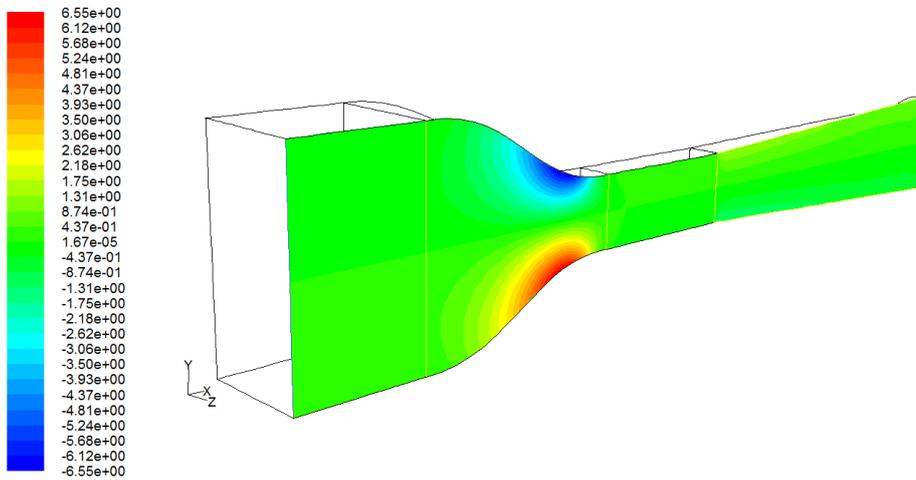
Gambar 3-2 Profil kecepatan pada sumbu X sepanjang sumbu Y pada lokasi 3 m dari inlet

Gambar 3-2 menunjukkan profil kecepatan pada sumbu X sepanjang sumbu Y pada lokasi 3 meter dari inlet. Pada grafik terlihat bahwa efek dinding terlihat jelas, namun tidak termodelkan dengan baik karena jarak grid pada daerah dinding masih kurang rapat. Profil kecepatan yang masih berbentuk

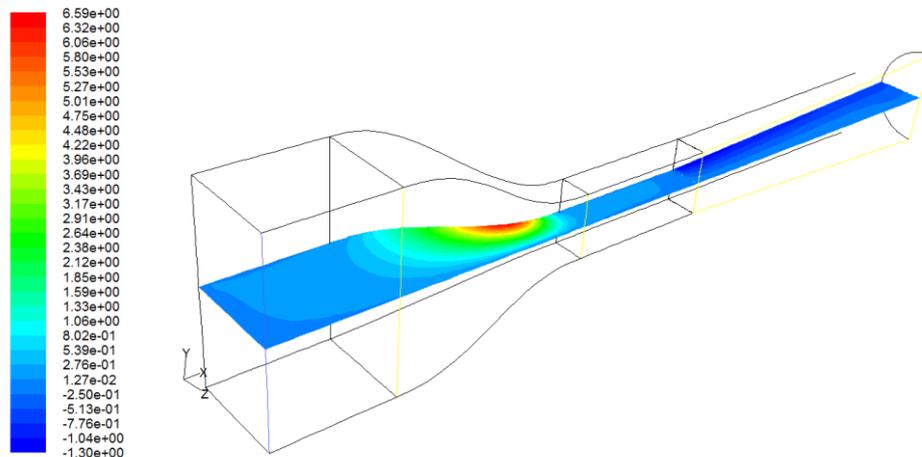
melengkung dan kurang seragam sepanjang sumbu Y, dapat terjadi akibat belum terpasangnya honeycomb dan screen. Namun demikian secara umum kecepatan rata-rata tercapai 30 m/s.



Gambar 3-3 Profil kecepatan pada sumbu X pada bidang simetri



Gambar 3-4 Profil kecepatan pada sumbu Y pada bidang simetri



Gambar 3-5 Profil kecepatan pada sumbu Z pada bidang simetri arah Y

Profil kecepatan pada sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z seperti ditunjukkan pada Gambar 3-3, Gambar 3-4 dan Gambar 3-5 sesuai dengan apa yang seharusnya terjadi. Pada daerah seksi uji tidak terlihat penyimpangan aliran yang cukup signifikan baik pada arah Y maupun pada arah Z. Begitu juga pada daerah diffuser tidak terlihat adanya separasi aliran pada kedua bidang.

4. KESIMPULAN

Dari hasil dari evaluasi yang telah dilakukan, didapatkan bahwa geometri terowongan angin hasil dari perancangan awal telah memenuhi target perancangan, baik pada kecepatan yang ditargetkan sebesar 30 m/s maupun pada kualitas aliran secara umum. Dengan demikian maka proses perancangan dapat dilanjutkan ke tingkat yang lebih detail untuk mendapatkan pengaruh dari variabel-variabel lain yang sangat berpengaruh pada akurasi hasil rancangan.

Pada proses selanjutnya diperlukan perhitungan atau simulasi yang memasukan efek honeycomb dan screen serta simulasi dengan grid yang lebih baik.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan, bahwa seluruh isi makalah ini menjadi tanggungjawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) T. M. I. Hakim, "*Preliminary Design of LAPAN Low Speed Tunnel (LS-LST)*" in *ISAST 2013/SIPTEKGAN XVII*, Tangerang, 2013.
- 2) M. G. Hernandez and et al, "*Design Methodology for a Quick and Low-Cost Wind Tunnel*" in *Wind Tunnel Designs and Their Diverse Engineering Applications*, InTech, 2013.
- 3) A. Pope, H. William and J. Rae , *Low Speed Wind Tunnel Testing*, Second edition ed., 1984.
- 4) R. D. Mehta and P. Bradshaw, "*Design Rules For Small Low-Speed Wind Tunnels*", *Aero Journal (Royal Aeronautical Society)*, p. 73, 1979.
- 5) R. D. Mehta, "*The Aerodynamic Design of Blower Tunnel With Wide Angle Diffuser*", *Progr. Aerospace Science*, vol. 18, p. 59, 1977.
- 6) B. Goldberg and T. Carlone, "*Building a Wind Tunnel: It will blow your mind*", University of Florida, , May 2008.
- 7) A. F. Sudarma, "*Simulation of Laminar and Turbulent Flow Inside a Pipe*", King Saud University, Riyadh, 2013.
- 8) Fluent, "*Manual Gambit*", Fluent. Inc, 2003.
- 9) Fluent, "*Tutorial Fluent 6.1*", 2003.
- 10) T. Karthik, "*Turbulence Models and their Applications*", IIT Madras, 2011.