

**TUGAS AKHIR  
BIDANG KONVERSI ENERGI**

**PENGUKURAN TEGANGAN GESER DINDING  
AIRFOIL DENGAN *COMPUTATIONAL PRESTON  
TUBE METHOD 3 ( CPM3 )***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Tahap Sarjana**

**Oleh :**

**PUTRA YOKI  
NBP: 02 171 072**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG, 2007**

## **ABSTRAK**

*CPM3 adalah suatu alat untuk mengukur tegangan geser aliran pada permukaan benda. Alat ini dibuat, diuji dan di kalibrasi untuk menentukan tegangan geser aliran pada lapisan batas. Tegangan geser merupakan fungsi beda tekanan antara tabung dengan tekanan statik yang diukur dengan manometer. Alat ini terdiri dari tiga tabung berdiameter berbeda dan diuji di terowongan angin dengan kecepatan antara 3 – 15 m/s yang dipasang sejajar dengan permukaan sayap. Sebagai standar kalibrasi digunakan pitot rake yang terdiri dari susunan tabung kecil dengan diameter yang sama dan dipasang tegak lurus terhadap permukaan sayap. Dari pengujian didapatkan perbandingan antara tegangan geser dan perbedaan tekanan yang menunjukkan hubungan polynomial serta hubungan koefisien gesek dengan bilangan Reynolds yang menunjukkan posisi pengukuran berada di daerah laminar. Dapat disimpulkan bahwa alat ini telah diuji dan dapat mengukur tegangan geser dinding aliran lapisan batas yang menunjukkan hubungan polynomial dengan perbedaan tekanan.*

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Minimalisasi gaya seret pada permukaan kendaraan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Gaya seret didekati dengan memeriksa tegangan geser pada dinding. Tegangan geser akan semakin besar jika kondisi aliran pada permukaan tidak stabil. Ketidakstabilan aliran timbul karena adanya gelombang-gangguan (*wave - disturbance*) yang terjadi pada saat aliran tersebut mengalami kenaikan bilangan Reynolds.

Salah satu alat ukur yang digunakan untuk menentukan tegangan geser tersebut berupa *CPM3* yang dioperasikan dengan sebuah manometer *digital*. Untuk membuktikan sensitifitasnya sensor ini digunakan *Pitot rake* sebagai standar kalibrasi.

#### 1.2 Perumusan Masalah

*CPM3* dan *Pitot rake* digunakan untuk pengujian pada *airfoil* di dalam terowongan angin dengan variasi kecepatan aliran dengan mengatur *panel control* frekwensi pada terowongan angin. Pengujian dilakukan dengan meninjau kondisi statik. Pengukuran distribusi kecepatan dilakukan pada permukaan *airfoil* dengan menggunakan kedua sensor sekaligus.

#### 1.3 Tujuan

1. Mendisain dan membuat *CPM3* sebagai alat ukur.
2. Mengetahui, memahami dan menerapkan cara pengukuran dengan *CPM3* dan *Pitot rake*.
3. Dapat membuat kalibrasi *CPM3* dan *Pitot rake* untuk menentukan tegangan geser dinding.

#### **1.4 Manfaat**

1. Mengetahui besarnya tegangan geser dinding *airfoil* dari pengujian dengan berbagai kecepatan udara.
2. Mengetahui besarnya koefisien gesek pada *airfoil* dari pengujian dengan berbagai kecepatan udara.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri atas:

BAB 1 Pendahuluan, berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB 2 Tinjauan Pustaka, berisikan teori lapisan batas pada plat datar, gelombang gangguan, kawat panas dan kontrol aliran pada aliran lapisan batas.

BAB 3 Metodologi, berisikan perangkat pengujian, prosedur pengujian, skema alat pengujian dan, prosedur pengolahan data.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan, berisikan analisa dari hasil pengujian yang dilakukan serta pembahasan terhadap hasil yang telah dianalisa.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran, berisikan tentang kesimpulan terhadap seluruh kegiatan tugas akhir dan saran terhadap perkembangan dan perbaikan tugas akhir selanjutnya.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan di terowongan angin (*wind tunnel*) pada frekwensi pengujian 11 – 39 Hz dalam kisaran kecepatan angin 3 – 15 m/s dan sudut serang *airfoil*  $-5^\circ$ . Pengujian dilakukan dengan menempatkan *CPM3* berada pada permukaan *airfoil*. Posisi *CPM3* di pasang menempel dan tegak lurus terhadap permukaan *airfoil* sehingga udara bisa melewati sensor tanpa ada gangguan. Data pengujian yang didapat, diolah dengan menggunakan *microsoft excell* sehingga dapat di plot beberapa grafik yang menampilkan hasil dari pengukuran.

Untuk mendapatkan kecepatan udara yang melewati objek, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tabung pitot yang terhubung dengan manometer *digital* dimana  $\Delta h$  yang terbaca pada manometer dikonversikan dengan persamaan 4.1, sehingga didapatkan kecepatan aliran udara yang melewati benda uji.

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{H_2O} \cdot g \cdot \Delta H}{1000 \cdot \rho_{udara}}} \quad (4.1)$$

dimana :	$v$	= Kecepatan angin pada terowongan angin (m/s)
	$g$	= percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
	$\Delta H$	= Perbedaan tinggi manometer (mm)
	$\rho_{udara}$	= Massa jenis udara ( $kg/m^3$ )
	$\rho_{H_2O}$	= Massa jenis air ( $kg/m^3$ )

Selain menggunakan *Pitot tube* pengujian ini juga menggunakan *pitot rake* sebagai standar kalibrasi. Sebenarnya *CPM3* juga bisa di kalibrasi dengan *hot wire sensor* atau *probe hot wire sensor*, tapi karena memiliki metode pengukuran yang sama dengan *CPM3* maka disini *Pitot rake* dipakai sebagai standar kalibrasi.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan kurva dimensi tegangan geser terhadap tekanan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan baik sebagai alat ukur tegangan geser dinding.
2. Tegangan geser hasil pengukuran menunjukkan hubungan polinomial orde empat terhadap perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ).
3. Berdasarkan koefisien gesek dari pengujian pada sudut serang sayap  $-5^\circ$  dibandingkan dengan teoritis, hasilnya menunjukkan bahwa posisi sensor berada di daerah laminar

#### 5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian ini sebaiknya:

1. Untuk melihat sensitivitas sensor agar lebih akurat lakukan pengukuran dengan memberikan gangguan terhadap aliran udara dengan aktuator atau turbulator.
2. Lakukan pengujian dengan berulang ulang kali agar validitas data dapat dipercaya.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Baumann, D., Sturzebecher, D., Nitsche, W., 1999, *Active Control of TS-Instabilities on Unswept Wing, In: Laminar-Turbulent Transition, IUTAM Symposium*, Sedona, Springer Verlag (2000).
2. Blevin, R. D., *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 1984
3. Bose, Shibani, *Vergleichende Wandschubspannungsuntersuchungen in transsonischen Strömungen*, Technische Universität Berlin, 2002
4. Bui, Trong T., Oaters, David, L., *Design and Evaluation of a New Boundary-Layer Rake for Flight Testing*, NASA Dryden Flight Research Center Edwards, California, 2000
5. Burkhardt O; Dinata U; Warsop C; Nitsche W, 2000, *New Developments in Surface Flow Sensor Technology within the Framework of Aeromems*. 2001, Vieweg, Braunschweig, Germany
6. Cebeci, T., Smith, A. M. O., *Analysis of Turbulent Boundary Layers*, Academic Press, New York, 1974
7. Davies, J. T., *Turbulence Phenomena*, Academic Press Inc., New York, 1974
8. D. Sturzebecher & W. Nitsche, *Modelling in Continuum Mechanics*, 2005
9. Hendry Andi, Maizil, *Pengaruh Turbulator Terhadap Sinyal Sensor Hot-Wire pada Airfoil NACA 0010*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, FTUA, 2004
10. Jefrinaldi, *Pengaruh Eksitasi Aktuator Slot Terhadap Aliran lapisan Batas pada Pelat Datar Dengan Berbagai Sudut Flap*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, FTUA, 2005
11. Kuethe A. M., Chow, C. K., *Foundations of Aerodynamics*, Fourth edition, John Willey & Sons, New York, 1986
12. Munson B.R., Young, F. D., 1982, Okiishi, T. H., *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4<sup>th</sup>, John Willey & Sons, New York.
13. Nasution, Hendri *Buku Ajar Mekanika fluida* Unibraw
14. Oslon M, Reuben, Wright J. Steven, *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*, PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta, 1993.