

INTRODUKSI STRAIN GAUGE UNTUK PENGUJIAN MODEL PESAWAT DALAM WIND TUNNEL

Dwi Margi V.,ST

Dosen Tetap Rangka Pesawat, Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio Bandung

Jl. Pajajaran No 219 Bandung

dmvirdha@yahoo.com

Abstrak

Wind tunnel / terowongan angin merupakan sarana pengujian yang dibuat sedemikian rupa agar aliran udara yang terjadi dapat serupa keadaannya dengan alam. Parameter-parameter yang dihasilkan melalui pengujian pesawat model di *wind tunnel* ini adalah identik dengan parameter yang timbul pada pesawat saat beroperasi di angkasa. Dengan penempatan pesawat model di terowongan angin, akan lebih mudah dalam mengamati sifat-sifat yang ditimbulkan karena adanya aliran udara.

Pengujian yang dilakukan di dalam *wind tunnel* ini bertujuan untuk mendapatkan sejumlah parameter gaya dan momen. Gaya-gaya yang dihasilkan pada pengujian ini meliputi gaya tahan (*drag*), gaya angkat (*lift*), gaya normal (*normal force*), dan momen. Gaya-gaya yang dihasilkan ini kemudian diturunkan untuk mendapatkan koefisien gaya. Koefisien gaya inilah yang digunakan untuk merancang pesawat yang sesungguhnya. Walaupun ukuran skala pesawat model berbeda dengan pesawat sesungguhnya, namun menggunakan koefisien yang sama, sebab harga koefisien gaya akan tetap untuk ukuran skala yang berbeda. Khusus penggunaan *strain gauge* pada pengujian di *wind tunnel*, parameter yang dihasilkan langsung dapat dikonversi menjadi besaran gaya dan momen. Beberapa *transducer* diintegrasikan dan diinstalasi sedemikian sehingga terbentuk system yang disebut *external balance*. Sedangkan *strain gauge* yang langsung diaplikasikan pada model (biasanya aplikasi dilakukan pada bagian *flight control* pesawat) dinamakan *internal balance*.

Dalam pengujian menggunakan *wind tunnel*, model pesawat ini diuji sampai mendapatkan konfigurasi optimal. Dalam praktek diperlukan pengujian model pesawat secara intensif di *wind tunnel*, sebelum dibuat *prototype* untuk melakukan terbang pertamanya. Keuntungan yang diperoleh dari pengujian di *wind tunnel* ini adalah kondisi aliran khusus seperti bilangan mach (*Mach Number*) dapat diperoleh dengan lebih mudah dan penanganan system data akuisisi berikut pengolahan data lebih mudah dan sederhana.

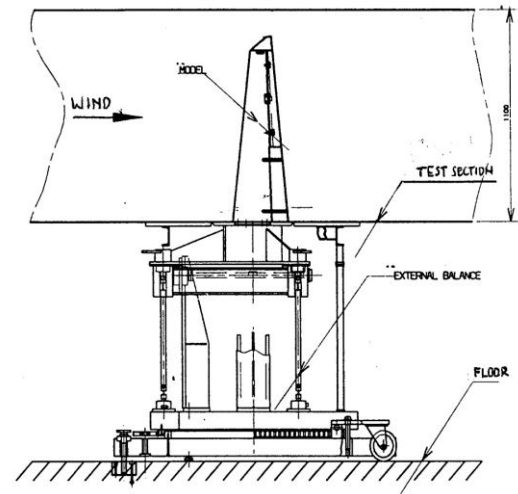
PENDAHULUAN

Pengujian pengukuran gaya-gaya yang terjadi pada model yang sedang diuji pada *wind tunnel* menggunakan *external balance*, dimana bila model mendapatkan beban berupa aliran angin, maka *external balance* akan mengukur seberapa besar beban yang diterima model. Hal ini terjadi karena pada *external balance* menggunakan *strain gauge* yang ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu membaca gaya-gaya dalam segala arah.

Secara umum pengukuran regangan dilakukan dengan tujuan :

- Menentukan deformasi yang ditimbulkan akibat terjadinya tegangan.
- Menentukan tegangan dari regangan yang terukur.
- Secara tidak langsung menentukan beberapa besaran fisik dengan cara mengkonversikan terhadap regangan, tegangan, beban, percepatan dan lain-lain.

Berikut contoh pengujian model dalam wind tunnel.

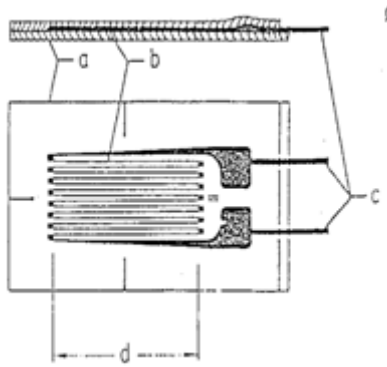


Gambar 1. Instalasi Model pada Terowongan Angin

Pada prinsipnya mengukur regangan adalah menentukan pergerakan dua titik yang berjarak awal tertentu. Untuk maksud tersebut maka diaplikasikan alat pengukur regangan elektrik.

DASAR-DASAR DAN PRINSIP KERJA ALAT UKUR REGANGAN (*STRAIN GAUGE*)

Yang dimaksud dengan alat ukur regangan tahanan elektrik di sini adalah alat ukur regangan dengan metode elektrik dimana prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan nilai tahanan elektrik suatu material yang mengalami deformasi. Secara skematis konstruksi sensor regangan terlihat seperti gambar di bawah ini.



- a. Carrier material
- b. Measuring grid
- c. Connector
- d. Effective grid length

Bagian yang terpenting adalah kisi-kisi pengukur (*Measuring Grid*) yang terbuat dari *metal*, bersifat penghantar baik berupa kawat maupun lapisan tipis (*foil*). Kisi-kisi ini ditempatkan diantara dua lapisan bukan penghantar listrik yang selanjutnya dilekatkan satu sama lainnya sedemikian rupa sehingga kisi kisi ini terlindung, tidak mudah rusak dan terisolasi dengan baik (*embedded*). Pada kedua ujung kisi-kisi pengukuran dilengkapi dengan terminal untuk kabel / konektor.

Pengukuran regangan dengan menggunakan sensor regangan dilakukan dengan melekatkan pada obyek dengan baik, sehingga deformasi mekanis yang terjadi pada obyek dapat diteruskan (*transvered*) ke sensor regangan secara keseluruhan, tanpa kerugian (*loss*). Dengan demikian kisi-kisi pengatur sensor regangan mengalami deformasi dan mengakibatkan terjadinya perubahan nilai tahan elektriknya, yang secara umum dinyatakan dengan hubungan :

$$\frac{dR}{R} = \frac{\varepsilon (1 + 2\mu) + d\rho}{\rho}$$

- Dimana :
- R = Tahanan elektrik
 - ρ = tahanan jenis material
 - μ = Poisson's ratio
 - ε = Regangan

Dari formula di atas dapat dijelaskan bahwa perubahan nilai tahanan elektrik tidak hanya disebabkan oleh adanya perubahan geometris, tetapi juga oleh perubahan struktur mikro dari material, dalam hal ini mengubah nilai tahanan jenisnya.

PEMILIHAN *STRAIN GAUGE*

Pemilihan jenis *strain gauge* didasarkan pada tiga aspek utama yaitu :

- Berdasarkan tahanan elektrik, dimana sensor regangan diproduksi dengan nilai tahan elektrik yang berbeda-beda. Khusus untuk model yang dibuat, menggunakan nilai tahanan 120 Ohm didasarkan karena lebih umum digunakan terutama untuk tujuan analisis tegangan dan regangan.
- Berdasarkan sensitifitas sensor (*Gauge Factor*), dimana kepekaan sensor merupakan factor proporsionalitas sensor secara keseluruhan, dinyatakan dengan harga perbandingan perubahan relative tahanan elektriksensur regangan terhadap keluaran regangan dinotasikan dengan k, secara matematis ditulis :

$$k = \Delta R / R$$

dimana :

$\Delta R / R$ = perubahan nilai tahanan elektrik

ϵ = regangan ($\Delta L/L$)

k = Gauge Factor

Nilai k secara grafis ditunjukkan pada tabel di bawah ini, ditentukan oleh pabrik pembuat sensor regangan.

Measuring Grid Material	Guide Values for Composition (%)	Average Approx. Gauge Factor, k
Constantan	57 Cu, 43 Ni	2.05
Karma	73 Ni, 20 Cr, Fe, Al	2.1
Nichrome V	80 Ni, 20 Cr	2.2
Platinum-tungsten	92 Pt, 8W	4.0

Sumber : Hottinger Balwin Messtechnic GMBH

Berdasarkan Koefisien Temperatur sensitifitas sensor regangan di mana nilai k yang dicantumkan pada setiap kemasan sensor regangan adalah nilai k pada temperature kamar (20°C). karena kondisi di lapangan dengan temperature yang tidak stabil, maka digunakan jenis *strain gauge* dengan angka kompensasi temperature (*self temperature compensation number*).

INSTALASI STRAIN GAUGE PADA MODEL

STEP 1 :

Tempat pemasangan strain gauge (*pocket bracket*) harus rata dengan

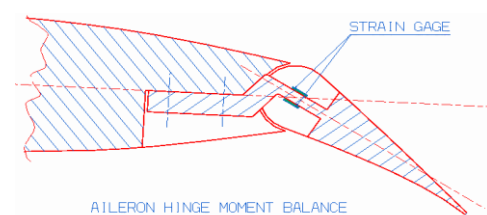
kekasaran permukaan yang memadai. Pada waktu pemasangan strain gauge tersebut harus menempel dan menyatu dengan baik pada permukaan model tersebut.

STEP 2 :

Setelah permukaan model sudah memadai, bersihkan dengan menggunakan wash bensin, tinner ataupun aseton.

STEP 3 :

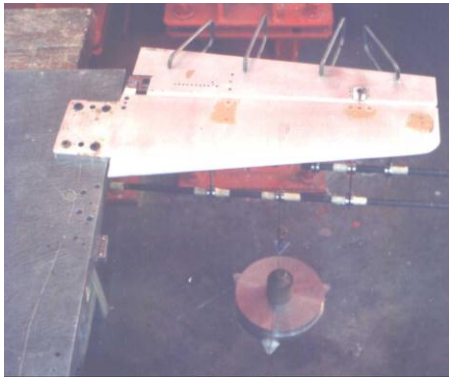
Pemasangan strain gauge menggunakan perekat sensor regangan. Perekat ini sangat penting mengingat fungsinya selain merekatkan sensor regangan pada model, juga berfungsi meneruskan / transfer deformasi pada model bila pembebanan terjadi. Sifat dari perekat ini diharapkan mempunyai modulus elastisitas yang tinggi, daya rekat yang baik terkait dengan temperature dan kelembaban, tidak higroskopis dan bersifat isolator. Untuk persyaratan tersebut dipilih perekat dari jenis *cyano acrylate type Z70* dengan pengeringan pada temperature kamar buatan *Hottinger Baldwin Messtechnic GMBH*. Letakan sensor pada permukaan model, searah dengan jalur deformasi. Setelah ± 5 menit, gunakan perekat lain type X60 yang berfungsi untuk melindungi sensor dari pengaruh luar seperti gesekan, dan benturan. Setelah 8 jam, model siap untuk diuji.



Gambar 2. Instalasi Strain Gauge pada Model

KALIBRASI MODEL

Tujuan dari kalibrasi adalah mendapatkan persamaan yang akan diaplikasikan pada software untuk pengujian yang menggunakan wind tunnel.



Gambar 2. Kalibrasi Model

- Model diikatkan pada landasan dan kabel strain gauge terhubung pada computer (HP9000). Pasang katilon pada titik titik model sebagai alat bantu dalam pendistribusian beban merata menjadi beban terpusat. Set model dan katilon pada angka 0 pada computer/HP9000.
- Masukkan beban pada katilon setiap setengah kilo hingga mencapai beban maksimum yang dapat diterima oleh model. Setiap penambahan beban akan tercatat secara otomatis pada computer. Kurangi beban secara bertahap. Input data berupa momen dalam Nm (Newton meter) dan output data dari HP9000 berupa tegangan (Volt). Lakukan pengulangan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

SISTEM PENGOLAHAN DATA

Data hasil kalibrasi akan dianalisa menggunakan analisa statistik. Salah satu analisa statistik yang sering digunakan untuk kalibrasi instrumen adalah metode Analisa Regresi. Penggunaan analisa regresi ini dapat digunakan untuk memperoleh suatu persamaan garis yang menunjukkan suatu persamaan hubungan antara dua perubah.

Hubungan antara dua perubah dapat berupa linier (garis lurus) atau non linier (parabola). Untuk mengetahui bentuk hubungan antara dua perubah digunakan beberapa sampel dari kedua perubah. Sampel tersebut kemudian dibuat plot dalam bentuk grafik. Setelah diketahui bentuk plot kedua hubungan perubah tersebut baru dapat ditentukan bentuk hubungan regresi. Hubungan yang mempunyai kesalahan relative lebih kecil, maka hubungan tersebut dapat dianggap benar. Salah satu regresi yang digunakan adalah regresi polynomial kuadrat terkecil (*Least Square*). Ide dasar dari polynomial adalah mencari suatu kurva yang sedekat mungkin mendekati titik-titik data. Meskipun kurva yang dihasilkan sama sekali tidak melewati titik data, namun kurva tersebut dianggap sebagai alternative terbaik untuk mendekati data pada orde tertentu. Dari hasil perhitungan menggunakan metode polynomial ini didapat suatu persamaan garis. Persamaan garis inilah yang akan diaplikasikan pada software untuk pengujian model di wind tunnel.

PENGUJIAN PADA WIND TUNNEL

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari besarnya koefisien *hinge* momen *control surface* yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding dan penentuan besarnya hinge momen *control surface* untuk test penerbangan aktual. Pengujian model yang dilakukan di wind tunnel ini, data yang diperoleh terbaca dalam voltmeter. Melalui prosesing data, besaran volt tersebut dirubah menjadi Nm setelah dimasukkan harga faktor kalibrasi.

Pengujian akan membandingkan pengaruh alpha (sudut serang pesawat) terhadap koefisien hinge momen dan hinge momen. Hasil dari pengujian ini berupa grafik dengan berbagai macam sudut defleksi, Grafik-grafik inilah yang akan digunakan untuk mengetahui besarnya hinge momen dan koefisien hinge momen yang terjadi pada *control surface* pesawat sebenarnya. Hal ini dapat dilakukan berdasarkan persamaan :

$$C_{ha} = \frac{HM}{Q \cdot S_a \cdot C_a}$$

dimana :

C_{ha} = besarnya koefisien hinge momen yang didapat dari hasil pengujian

HM = besarnya hinge momen yang dicari (Nm)

S_a = luasan model yang diuji (m^2)

C_a = rata-rata chordline airfoil *control surface* (m)

Q = tekanan dinamik (N/m^2)

Persamaan inilah yang akan digunakan untuk menentukan besarnya koefisien hinge momen berdasarkan atas grafik hinge momen yang didapat dari pengujian model pada wind tunnel ini.

PENUTUP

Untuk menentukan jenis strain gauge yang akan diaplikasikan pada model, sebelumnya harus diperhitungkan dulu beban yang akan terjadi pada *control surface* model. Hal ini akan mengefektifkan sensitifitas sistem kerja strain gauge. Setiap kali pengujian pada wind tunnel, strain gauge pada model yang terpasang harus diperiksa keadannya. Biasanya pada waktu merubah sudut defleksi dalam pengujian, konektor kabel sering terlepas sehingga data yang dihasilkan dalam pengujian di wind tunnel tidak valid.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pope, Alan, J. Harper, *Low Speed Wind Tunnel Testing*, John Wiley, Inc, London, 1966.
2. Kustitunto, Bambang, *Statistik : Analisa Runtut Waktu dan Regresi-Korelasi*, BPFE, Yogyakarta, 1984.
3. Dokumentasi Model Instrumentation, Wind Tunnel Test – PT.DI