

Analisis Karakteristik Aerodinamik Pesawat LFX Melalui Pengujian Model Di Terowongan Angin Supersonik

Oleh :
Dana Herdiana*
Sulisty Atmadi*

Abstrak

Analisis Karakteristik Aerodinamik Pesawat LFX telah dilakukan dengan pengujian model LFX di terowongan angin supersonic Lapan pada kecepatan 1.7 M dengan seting tekanan storage 90 psig, tekanan static 20 In Hg(9.8 psi) pada test section dan tekanan total 55 psig pada settling chamber selama kurang lebih 60 detik. Model uji pesawat LFX ini mempunyai skala 1:56 dari ukuran sebenarnya, sehingga diperoleh ukuran model dengan panjang body 34 cm dan panjang wing span 25 cm. Dari pengujian tersebut diperoleh data-data hasil pengujian berupa gaya – gaya aerodinamik yang terjadi pada pesawat terbang LFX. Gaya-gaya tersebut adalah gaya axial yang merupakan gaya hambat, gaya normal atau gaya angkat, dan gaya momen. Pengujian dilakukan hanya pada satu resim kecepatan, untuk memperoleh informasi karakteristik aerodinamik yang lebih lengkap perlu dilakukan pengujian untuk beberapa resim kecepatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mengalami gaya momen atau gaya roll yang cukup besar sehingga perlu dilakukan analisis yang lebih teliti, terutama untuk model dan karakteristik aliran dari Terowongan Angin.

Kata kunci : Model LFX, Terowongan Angin, Aerodinamik.

Abstract

Analysis of aerodynamic characteristics of aircraft has been done by testing LFX models in Lapan supersonic wind tunnel at speeds of 1.7M using storage pressure settings of 90 psig, static pressure of 20 inHg (9.8psi) in the test section and the total pressure of 55 psig on a settling chamber for at least 60 seconds. LFX aircraft test model has a scale of 1:56 of actual size, in order to obtain the size of the model with body length of 34 cm and a length of 25 cm wingspan. From the test data obtained test results in the form of aerodynamic forces that occur in aircraft LFX. These forces are axial force which is a drag, normal force or lift force, and the force moment. Tests conducted at only one speed regime, to obtain a more complete aerodynamic characteristics necessary to test for several regime of speed. The test results show that the model experiences a large enough roll so we need a more carefully analysis, especially for the model and the flow characteristics of the Wind Tunnel.

Keyword : LFX model, Wind Tunnel, Aerodynamic.

1. PENDAHULUAN

Untuk mengetahui karakteristik aerodinamik Pesawat Terbang, selain menggunakan perhitungan secara teori, maupun menggunakan perangkat lunak berbasis CFD (Computational Fluid Dynamics) pengujian terowongan angin merupakan salah satu methoda yang telah lama digunakan dan telah di uji keandalannya, namun karena pengujian dengan menggunakan terowongan angin memerlukan biaya tinggi, maka biasanya pengujian terowongan angin di lakukan setelah di peroleh hasil perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis CFD, sehingga uji model dengan terowongan angin hanya digunakan untuk memvalidasi hasil perhitungan yang telah dilakukan, sehingga mengurangi jumlah pengujian dan tentunya mengurangi biaya yang harus dikeluarkan.

Terowongan angin merupakan suatu alat untuk meramalkan karakteristik aerodinamika yang terjadi pada benda yang berada dalam aliran dengan bantuan model uji. Terowongan angin Supersonik adalah salah satu fasilitas uji aerodinamika yang digunakan untuk penelitian dan pengujian model – model aeronautik berkecepatan tinggi terutama roket dan pesawat yang mampu mencapai kecepatan tinggi, melebihi kecepatan suara. Terowongan angin ini dapat digunakan untuk mengukur gaya – gaya yang dialami suatu model roket atau pesawat pada aliran supersonik. Kecepatan supersonik adalah merupakan kecepatan yang memiliki bilangan mach di atas 1,2 M. Oleh sebab itu pengujian dengan terowongan angin supersonik perlu dilakukan untuk mengamati fenomena aerodinamika yang terjadi pada kecepatan supersonik. Salah satu cara pengetesan dalam terowongan angin adalah mengukur

gaya yang dialami suatu model pada keadaan suatu kecepatan (kecepatan konstan) dan sudut model tertentu.

Dalam pengujian ini model yang akan di uji adalah model Pesawat LFX dengan skala 1 : 56 dari ukuran sebenarnya dan dengan posisi pesawat dalam posisi *steady state*, dimana hasil pengujian yang didapatkan adalah sebatas gaya – gaya aerodinamik .

Tujuan pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data – data gaya aerodinamik yang didapat dari hasil pengujian berupa angka – angka dimana gaya – gaya aerodinamik yang diperoleh di sini adalah berupa gaya normal (NF1 & NF2), gaya *axial* (AX), dan *roll* (RL). Dan hasil tersebut akan dijadikan sebagai referensi untuk perancangan pesawat selanjutnya.

2. METODOLOGI

2.1. Aerodinamika Pesawat Terbang

Karakteristik Aerodinamika Pesawat Terbang secara umum dinyatakan dengan Gaya Angkat (Lift) dengan arah normal, Gaya Hambat (Drag) dengan arah axial dan Gaya Momen.

Gaya angkat adalah gaya aerodinamika yang tegak lurus dengan vector kecepatan terbang, sedangkan gaya hambat sejajar vektor kecepatan terbang. Selain kedua gaya tersebut, gaya aerodinamik dapat juga dinyatakan sebagai gaya normal (tegak lurus sumbu longitudinal) dan gaya tangensial (sejajar sumbu longitudinal). Koefisien gaya dan momen aerodinamika adalah besaran – besaran tanpa dimensi yang diberikan sebagai berikut [John D. Anderson, JR., 1984.]:

- Koefisien gaya angkat (lift) : $C_L = L / qS_{mid}$
- Koefisien gaya hambat (drag) : $C_D = D / qS_{mid}$
- Koefisien momen pitch : $C_M = M / qS_{mid}$
- Koefisien gaya axial : $C_A = A / qS_{mid}$
- Koefisien gaya normal : $C_N = N / qS_{mid}$

Dimana $q = \frac{1}{2} \rho_{\infty} \bar{V}_{\infty}^2$ adalah tekanan dinamik pada aliran udara tanpa gangguan, \bar{V}_{∞} adalah kecepatan aliran udara yang tak terganggu sama dengan kecepatan gerak pesawat. Dalam hal ini berlaku :

- Koefisien gaya angkat (lift) : $C_L = C_N \cos \alpha - C_A \sin \alpha$
- Koefisien gaya hambat (drag) : $C_D = C_A \cos \alpha + C_N \sin \alpha$
- Koefisien momen pitch : $C_M = \overline{OP} (C_L \cos \alpha + C_D \sin \alpha)$
- Koefisien gaya axial : $C_A = C_D \cos \alpha - C_L \sin \alpha$
- Koefisien gaya normal : $C_N = C_L \cos \alpha + C_D \sin \alpha$

Gaya Angkat didefinisikan sebagai [Romie O Bura, 2011] :

$$L = \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 S C_l \quad \dots\dots\dots 2-1$$

Di mana:

$$C_l = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 S} = \frac{L}{q_{\infty} S} \quad \dots\dots\dots 2-2$$

$$C_l = f_1 (\alpha, M_{\infty}, R_e) \quad \dots\dots\dots 2-3$$

Gaya Hambat didefinisikan sebagai berikut [Romie O Bura, 2011] :

$$D = \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2 S C_d \quad \dots\dots\dots 2-4$$

Di mana

$$C_d = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S} = \frac{D}{q_\infty S} \dots\dots\dots 2-5$$

$$C_d = f_2 (\alpha, M_\infty, R_e) \dots\dots\dots 2-6$$

Gaya Momen didefinisikan sebagai berikut [Romie O Bura, 2011]:

$$M = \frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S C_m \dots\dots\dots 2-7$$

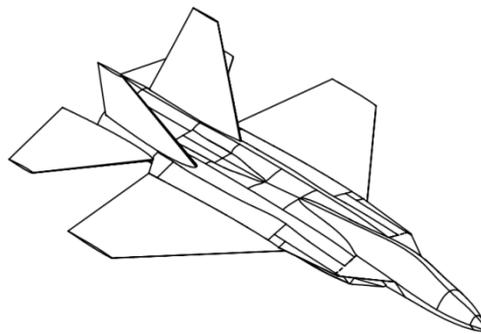
Di mana

$$C_m = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S} = \frac{M}{q_\infty S} \dots\dots\dots 2-8$$

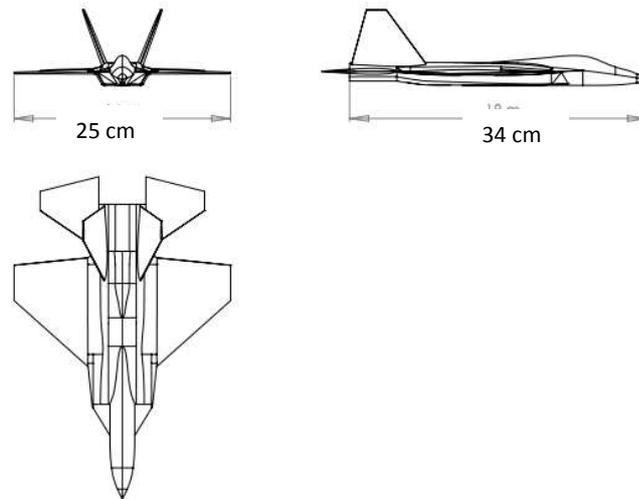
$$C_m = f_3 (\alpha, M_\infty, R_e) \dots\dots\dots 2-9$$

2.2. Model Uji

Sebagai model uji adalah model pesawat LFX. Model ini memiliki panjang 34 cm dan span 25 cm. Model ini dapat digunakan untuk referensi pengujian dengan berbagai tipe pesawat sebenarnya yang mirip dengan model itu sendiri. Model ini di uji di terowongan angin supersonik LAPAN. Model di pasang pada *sting balance* di bagian depan dimana di dalamnya terdapat sensor – sensor *strain gauge* yang digunakan untuk mengukur gaya – gaya aerodinamik yang terjadi pada model. Kemudian setelah terowongan angin dijalankan maka pada model tersebut akan memperoleh aliran angin, yang merupakan simulasi apabila pesawat terbang bergerak terhadap udara sekitar yang relative diam sehingga akan timbul gaya-gaya aksi dan reaksi terhadap *strain gauge* tadi. Pada saat pengujian Data Aquisisi merekam data – data hasil pengujian tersebut dan hasilnya dinyatakan dengan menggunakan perangkat lunak excel. Hasil tersebut kemudian diolah dan menjadi data pengujian. Dari data tersebutlah maka akan didapat hasil analisa pengujian berupa gaya gaya aerodinamik pesawat terbang dan hasil analisa tersebut akan dijadikan referensi untuk memvalidasi perancangan yang telah dilakukan.



Gambar 2.1. Model Pesawat LFX



Gambar 2.2. Geometri Model Pesawat LFX

Spesifikasi Model Pesawat LFX [Tim PKPP LFX, 2012.*Laporan Akhir*] :

	Wing	Fuselage	Vertical Tail Plane	Horizontal Tail Plane
Length (cm)	34			
Tail volume coefficient			0.24	0.18
Area (cm ²)	249.87		77.69	90.8
Aspect ratio	2.5		3.54	2.8
Span (cm)	25		8.31*	16
Taper ratio	0.26		0.17	0.26
Root chord (cm)	15.87		8	9
Tip chord (cm)	4.12		1.35	2.35
Sweep angle at 1/4 chord (deg)	32		32	32
Dihedral angle (deg)	0		0	84
Thickness ratio at root	0.05		0.12	0.12
Thickness ratio at tip	0.05		0.12	0.12
Airfoil at root	NACA series 6 mod		NACA 0012	NACA 0012
Airfoil at tip	NACA series 6 mod		NACA 0012	NACA 0012

*sspan



Gambar 2.3. Model Uji Pesawat LFX

2.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian di terowongan angin supersonic adalah sebagai berikut :

1. Cek Kebersihan dan kerapihan terowongan angin
2. Isi storage tank sampai tekanan yang diinginkan
3. Siapkan model yang akan diuji
4. Hidupkan seluruh peralatan monitoring dan kontrol terowongan angin
5. Siapkan daftar variabel-variabel yang akan diuji
6. Lakukan pengujian sesuai dengan variabel-variabel yang telah disiapkan
7. Rekam data hasil pengujian
8. Matikan seluruh peralatan monitoring dan kontrol terowongan angin
9. Lepaskan model uji dari terowongan angin
10. Cek kebersihan dan kerapihan terowongan angin

3. PENGUJIAN

3.1. Data Pengujian

Pengujian dilakukan di terowongan angin supersonik pada kecepatan yang ditentukan dengan mengatur beberapa komponen dari sistem pengatur kecepatan dan dengan posisi sudut serang yaitu 0° . Data yang diperoleh dari software data aquisisi adalah gaya normal (NF1 & NF2), gaya *axial* (AX) dan *roll* (RL).

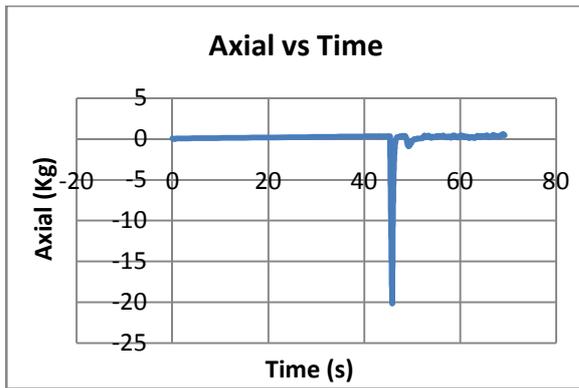
Kecepatan angin pengujian 1.7 M dengan setting tekanan di storage tank sebesar 90 psig, statik 20 In.Hg (9.8 psi) dan total 55 psig dan pengambilan data dilakukan selama > 60 detik.

Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik. Pengujian dilakukan hanya untuk satu kecepatan, sehingga perlu dilakukan pengujian selanjutnya untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

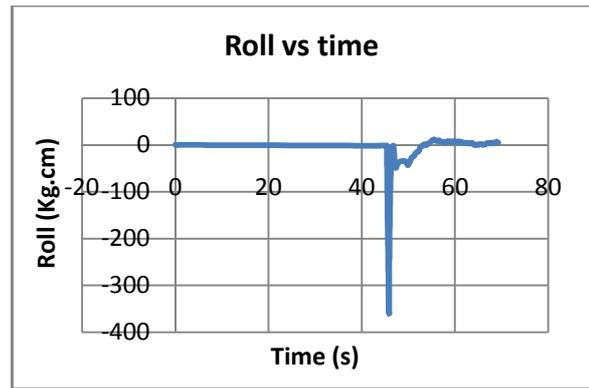
3.2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik

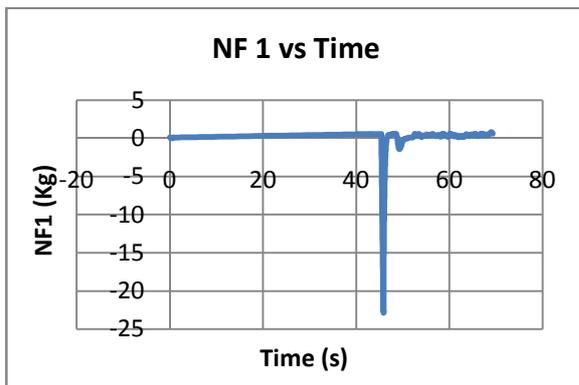
Berikut grafik hasil pengujian



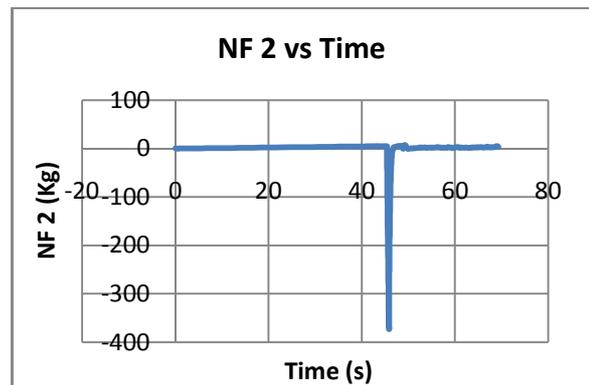
Grafik 3.1. Distribusi gaya axial terhadap waktu.



Grafik 3.2. Distribusi momen roll terhadap waktu.



Grafik 3.3. Distribusi Normal Force 1 (NF1) terhadap waktu.

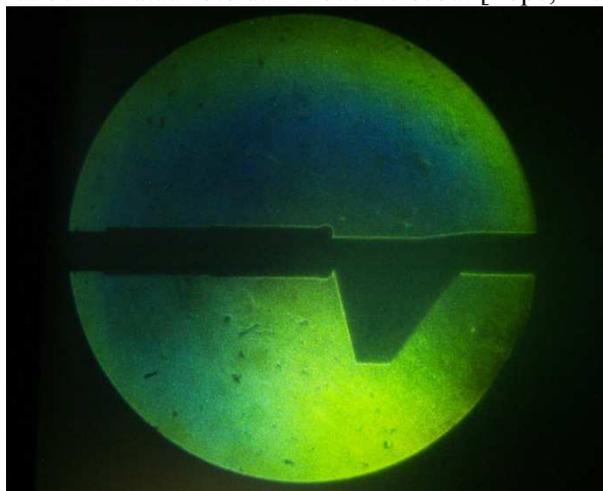


Grafik 3.4. Distribusi Normal Force 2 (NF2) terhadap waktu.

Dari ke empat grafik terlihat perubahan distribusi dari respon strain gauge terlihat mirip trendlinenya tetapi dengan nilai yang berbeda. Pada saat kecepatan 1,7 M diperoleh gaya axial 20 kg, Momen roll 375 kg-cm, gaya normal1 23 kg dan gaya normal2 380 kg.

Hasil visualisasi

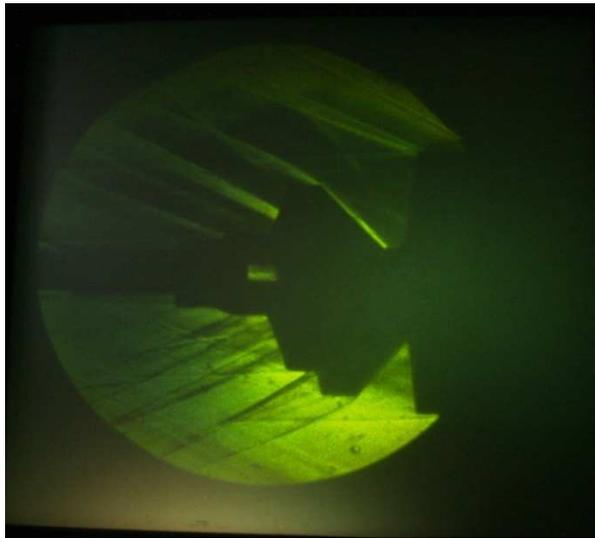
Visualisasi menggunakan schlieren apparatus yakni dengan memancarkan cahaya ke bagian model uji sehingga dapat terlihat bentuk atau foto dari model tersebut [Pope, Alan, 1978]



Gambar 3.1. Visualisasi model pesawat LFX sebelum run.

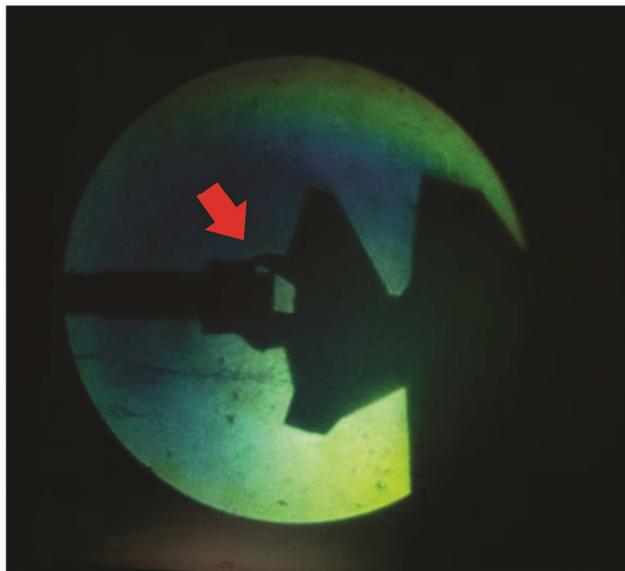
Gambar 3.1 menunjukkan saat kondisi model belum dilakukan pengujian dimana posisi model terpasang pada *sting balance* di dalam terowongan angin supersonik. Gambar/foto terbalik karena

adanya pantulan objek/benda dari cermin ke lensa sehingga posisi gambar/foto terbalik tetapi sebenarnya posisi dari model dalam seksi uji tidak terbalik.



Gambar 3.2 Visualisasi model pesawat LFX pada saat run.

Dari gambar 3.2 terlihat bahwa pada saat proses pengujian berlangsung model mengalami roll ke kanan dan ke kiri serta pitch yang besar, terjadi pada saat kecepatan mulai berkurang dan memasuki wilayah transonik yaitu antara 0.9 sampai 1.1 sehingga aliran yang terjadi tidak seragam lagi arahnya.



Gambar 3.3. Visualisasi model pesawat LFX setelah *run*.

Pada Gambar 3.3 terlihat, setelah model di uji di terowongan angin, dudukan model bengkok, karena gaya gaya yang diakibatkan pada saat kecepatan angin turun kembali sehingga mencapai kecepatan transonik yang menimbulkan aliran tidak seragam yang juga mengakibatkan adanya momen roll yang cukup besar.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian model pesawat LFX pada terowongan angin supersonik dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Telah di peroleh data data karakteristik aerodinamik dari pesawat terbang supersonic LFX, gaya axial 20 kg, Momen roll 375 kg-cm, gaya normal1 23 kg dan gaya normal2 380 kg.
- b. Uji model dilakukan pada satu resim kecepatan Mach 1,7 , sehingga masih diperlukan uji lanjut untuk beberapa kecepatan sampai dengan Mach 2, sesuai dengan DRO
- c. Model mengalami roll dan pitch yang sangat besar pada saat kecepatan menurun dan memasuki wilayah transonik yaitu antara 0.9 sampai 1.1 M

SARAN

- a. Perlu dilakukan pengujian untuk beberapa modus kecepatan lainnya sampai mencapai kecepatan Mach 2.
- b. Selain variasi kecepatan, juga perlu dilakukan variasi sudut serang, namun karena model sangat besar dibandingkan dengan test section area, perlu dibatasi sampai maksimum 1° agar tidak terjadi fenomena *blocking area*

DAFTAR PUSTAKA

- 1) John D. Anderson, JR. *Fundamentals Of Aerodynamics*. McGraw-Hill International Editions, 1984.
- 2) Pope, Alan. *High Speed wind Tunnel Testing*. Robert E. Krieger Publishing Company Huntington, New York, 1978.
- 3) Tim PKPP LFX. *Laporan Akhir PKPP Perancangan Konseptual Pesawat Tempur LFX*, Pustekbang LAPAN, Rumpin, 2012
- 4) Romie O Bura, *Aerodinamika*, ITB Bandung, 2011.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Dana Herdiana
Tempat & Tgl. Lahir : Bandung, 30 April 1980
Jenis Kelamin : Pria
Instansi Pekerjaan : Laboratorium Aerodinamika - LAPAN
NIP. / NIM. : 198004302009011005
Pangkat / Gol. Ruang : Peneliti Muda/III A
Jabatan Dalam Pekerjaan : Penguji di Terowongan Angin
Agama : Islam
Status Perkawinan : Nikah

DATA PENDIDIKAN

SLTA : STM Prakarya International Tahun: 1998
STRATA 1 (S.1) : S-1 Teknik Penerbangan UNNUR Tahun:2004

ALAMAT

Alamat Rumah : Perumahan Griya Suradita Indah Blok C3/16 Cisauk
Tangerang
HP.: 081519338071
Alamat Kantor / Instansi : Jl. Raya LAPAN Rumpin Desa Sukamulya Kab. Rumpin
Bogor
Telp. :
Email: dana_lapan@yahoo.com

DATA UMUM

Nama Lengkap : Sulisty Atmadi
Tempat & Tgl. Lahir : Solo, 9 Mei 1950
Jenis Kelamin : Laki-laki
Instansi Pekerjaan : Lapan
NIP. / NIM. : 19500509 197806 1 001
Pangkat / Gol. Ruang : IV/C
Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Madya
Agama : Islam
Status Perkawinan : Kawin

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMAN I Solo Tahun: 1968
STRATA 1 (S.1) : Teknik Penerbangan ITB Tahun: 1977
STRATA 2 (S.2) : Teknik Mesin KUL Belgia(Aerodinamika) /Von Kharman Institute Tahun: 1983

ALAMAT

Alamat Rumah : Jl. Pasirlayung Barat A 131 Padasuka Bandung/ Komplek Lapan A5 Rumpin Bogor
HP. : 08161846035
Alamat Kantor / Instansi : Lapan Rumpin Bogor
Telp. : 021 75790383
Email: sulistyoa@aerospaceitb.org