

Penelitian Waktu Lepas Landas Terhadap Prediksi Berat Pesawat

Oleh :
Maludin Sitanggang *

Abstrak

Disajikan kajian lepas landas suatu pesawat dengan variasi beban untuk mendapatkan koefisien aerodinamika dan jarak serta waktu yang diperlukan. Bobot pesawat diprediksikan 56.000 lb, kemudian ditambah masing masing dengan variasi 200 lb. Dengan data yang sederhana akan diteliti terhadap coefficient lift ground C_{LG} , coefficient Drag ground C_{Dg} . Kecepatan Stall V_{STALL} pada variasi kecepatan, Data hasil perhitungan S_{TO} , t_{TO} terhadap variasi W (lb) juga dihitung. Data hasil ditampilkan dalam bentuk table serta gambar grafik. Hasil ini kiranya dapat digunakan sebagai bahan refrensi untuk perancangan pesawat dimasa yang akan datang.

Kata Kunci: pesawat, Take off, aerodinamika

Abstract

Presented study off the plane with the load variation to obtain the aerodynamic coefficients and the distance and time required. The weight of the aircraft is predicted to 56,000 lb, and then coupled with variations each 200 lb. With simple data will be examined to C_{LG} ground lift coefficient, Drag coefficient ground C_{DG} . Stall speed V_{STALL} at variable speed, Data S_{TO} calculations, the variation in tto W (lb) was also calculated. Data results are displayed in a table as well as graphic images. These results would be used as references for designing aircraft in the future.

Keywords: plane, Take off, aerodynamics

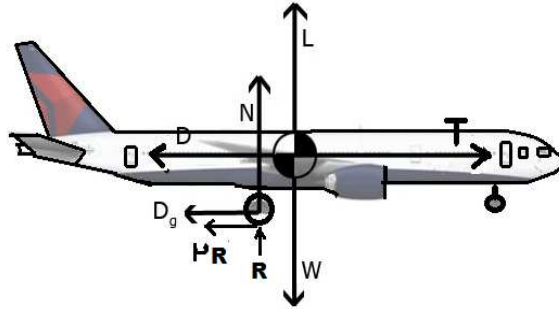
1. PENDAHULUAN

Pesawat biasanya terbang. Tapi sebelum pesawat bisa terbang, pesawat pertama kali harus lepas landas dari landasan. Ada beberapa beberapa perhatian khusus selama take-off. Sebelum lepas landas, pesawat awalnya berada di landasan pacu. Pada saat itu kecepatannya adalah $V_0 = 0$. Ketika izin diberikan oleh menara kontrol, pilot memberikan kekuatan mesin maksimum. Pada rotatin speed V_r , disini pilot perlu membuat keputusan. Ini adalah saat-saat terakhir di mana pesawat masih dapat menghentikannya dari take-off. Jika pilot memutuskan untuk melanjutkan lepas landas, pesawat akan segera mencapai kecepatan rotasi q_{rot} pada sudut serang awal α_{req} . Kemudian terjadi momen akibat kecepatan angkat tercapai atau Lift off speed V_{lof} . Ini adalah kecepatan di mana roda tidak lagi menyentuh tanah. Namun, take-off belum selesai. Pesawat masih perlu untuk mencapai screen height H_{scr} . Ketinggian ini biasanya 35 atau 50 kaki, pesawat aman dari hambatan seperti pohon atau bangunan. Kecepatan pesawat pada ketinggian tertentu setidaknya ada kecepatan yang disebut climb-out speed (kadang-kadang disebut kecepatan safety) V_{scr} untuk memastikan penerbangan yang aman. Suatu pesawat lepas landas atau lebih dikenal dengan Take off adalah tahap penerbangan di mana suatu pesawat terbang pada suatu transisi dari berjalan di landasan traksi untuk terbang di udara. Pada umumnya diatas suatu landasan pacu. Untuk balon udara, helikopter dan beberapa pesawat terbang dengan sayap khusus Lepas landas adalah kebalikan dari mendarat. Kecepatan diperlukan dalam Lepas landas sangat bervariasi yaitu menurut faktor seperti kepadatan udara, pesawat terbang berat bruto, dan pesawat terbang bentuk wujud (posisi flap dan/atau slat bisa diterapkan). Kepadatan udara, pada gilirannya, dimakan karat oleh faktor seperti temperatur udara dan tingginya bidang. Hubungan ini antara temperatur, ketinggian, dan kepadatan udara dapat dinyatakan sebagai ketinggian kepadatan, atau ketinggian di dalam Atmosfir Standard Internasional yang dimana kepadatan akan sepadan dengan kepadatan udara yang nyata. Pesawat udara dirancang untuk beroperasi kecepatan tinggi (termasuk pesawat terbang komersil) mempunyai kesulitan tinggi saat mengangkat di kecepatan rendah yang ditemui selama lepas landas. Hal ini yang kemudian dicoba dengan dengan memakai peralatan high-lift, meliputi slats dan pada umumnya flap, yang mana dapat meningkatkan permukaan sayap, dan menjadikan lebih efektif pada kecepatan rendah, sehingga dapat lebih terangkat. Posisi sayap lebih melebar sebelum takeoff, dan menarik kembali setelah pesawat mengudara.

* Peneliti Bidang Teknologi Aerodinamika Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN

2. TEORI DASAR

Jarak lepas landas terdiri dari dua bagian, jangka tanah, dan jarak dari mana pesawat meninggalkan landasan hingga mencapai 50 ft (atau 15 m). Jumlah dari kedua jarak ini dianggap jarak lepas landas. (Catatan: kadang-kadang ketinggian ft 35 digunakan). Jarak lepas landas adalah umumnya dihitung untuk Berat maksimum dalam suasana standar. Selain itu, biasanya yang terburuk. Skenario juga dihitung yang berat maksimum, ketinggian, dan standar "hot" hari. Perhatian langsung di sini adalah perhitungan gulungan tanah.



Gambar 2.1 Gaya dan momen yang terjadi pada pesawat

Dalam rangka untuk menghitung ground roll, kita perlu menulis persamaan gerak untuk pesawat ketika bergerak di landasan. Sebuah diagram benda bebas dari pesawat ditunjukkan ke kanan. Kekuatan yang act di dalamnya adalah gaya angkat aerodinamik dan drag (L dan D), gaya dorong (T), gaya normal tanah (R) dan gesekan tanah (μ_R), dimana μ adalah koefisien gesek Rolling. Sekarang dapat ditulis persamaan gerak sepanjang landasan pacu dan tegak lurus untuk itu.

Vertical:

$$L + R - W = 0 \quad \rightarrow \quad R = W - L \quad \dots\dots\dots 2.1$$

Horizontal:

$$T - D - \mu R = m \frac{dV}{dt}$$

$$T - D - \mu(W - L) = \frac{W}{g} \frac{dV}{dt} \quad \dots\dots\dots 2.2$$

Dapat ditulis:

$$g \left(\frac{T}{W} - \mu \right) - \frac{g}{W} (D - \mu L) = \frac{dV}{dt}$$

$$g \left(\frac{T}{W} - \mu \right) - \frac{g}{W} \frac{1}{2} \rho S V^2 (C_{Dg} - \mu C_{Lg}) = \frac{dV}{dt} \quad \dots\dots\dots 2.3$$

dimana C_{Lg} adalah koefisien lift terhadap ground dan C_{Dg} merupakan koefisien gaya hambat ground. Secara umum konstanta dalam koefisien drag berbeda dari yang digunakan untuk perhitungan kinerja. Perbedaan ini disebabkan oleh konfigurasi (mungkin akibat gigi, dan penutup parsial lainnya) dan karena jarak tanah (ground efek). Pada tahap pengembangan, kita akan mengasumsikan bagaimana gaya dorong bervariasi dengan kecepatan udara. Asumsi: Gaya dorong dapat bervariasi dengan kecepatan udara sesuai dengan persamaan :

$$T = T_0 - a V^2 \quad \dots\dots\dots 2.4$$

di mana:

T_0 = Thrust suatu kecepatan udara nol (Thrust Statis)

T = Thrust di kecepatan udara V

a = konstanta yang bisa positif, negatif atau nol

Dengan asumsi ini, kita mendapat koefisien V^2 yang tidak bergantung pada V, sebagai berikut :

$$\frac{dV}{dt} = g \left(\frac{T_0}{W} - \mu \right) - \frac{g}{W} \left[\frac{1}{2} \rho S (C_{D_s} - \mu C_{L_s}) + a \right] V^2$$

$$= A - B V^2 \quad \dots\dots\dots 2.5$$

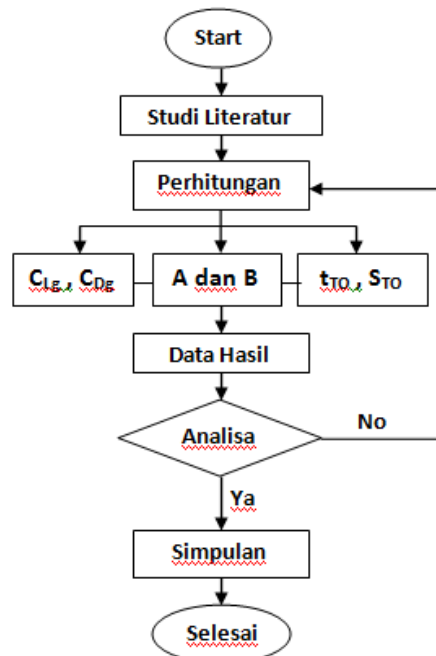
Dimana :

$$A = g \left(\frac{T_0}{W} - \mu \right) \quad \text{dan} \quad \dots\dots\dots 2.6$$

$$B = \frac{g}{W} \left[\frac{1}{2} \rho S (C_{D_s} - \mu C_{L_s}) + a \right] \quad \dots\dots\dots 2.7$$

3. METODOLOGI

3.1 Dalam penelitian lepas landas dan landing pesawat ini dapat dilihat seperti flowchart gambar 3.1



Gambar 3.1. Flowchart Penelitian

4. DATA HASIL DAN ANALISA

4.1 Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan ini digunakan persamaan yang ada pada Tiori dasar. Beban pesawat W diprediksikan 56.000 lb. Kemudian divariasikan dengan penambahan beban masing masing 200 lb. Sehingga diperoleh data hasil seperti tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Contoh perhitungan

W (lb)	56200	....	56800
S (ft ²)	1000	....	1000
C_{Lmak}	2.4	....	2.4
μ	0.025	....	0.025
η_P	0.75	....	0.75
V_{stall} (ft/sec)	140.3663	....	141.1136

V_{TO} (ft/sec)	168.4396	....	169.3364
T (hp)	5877.478	....	5846.352
T_{TO} (hp)	11754.96	....	11692.7
T_{st} (hp)	13000	....	13000
aV^2	1245.044	....	1307.295
A (lbsec ² /ft ²)	0.043883	....	0.04559
C_{Lg}	0.297619	....	0.260417
C_{Dg}	0.027543	....	0.026713
A	6.431718	....	6.355544
B	3.75E-05	....	3.81E-05
S_{TO} (ft)	2411.211	....	2475.519
t_{TO} (sec)	1112.42	....	1109.68

4.2 Analisa

Time for Ground Run

Kita bisa mengatur ulang Persamaan (2.5) untuk mendapatkan waktu **Ground Run**. Parameter kinerja umumnya mudah diperoleh, dan berguna jika kita mengubah karakteristik gaya dorong atau angkat pada beberapa waktu. Dalam setiap kasus, kita dapat memecahkan Persamaan. (2.5) untuk **dt** untuk mendapatkan:

$$dt = \frac{dV}{A - BV^2} \dots\dots\dots 4.1$$

Berdasarkan asumsi kami, konstanta A dan B, kita dapat dengan mudah mengintegrasikan Persamaan. (4.1). Umumnya kita dapat mengasumsikan bahwa kedua A dan B adalah bilangan positif. A pasti selalu positif dan B adalah positif kecuali koefisien gaya angkat besar (suatu hal tidak mungkin). Dalam kondisi normal (A dan B > 0) waktu ground run antara dua kecepatan yang diberikan oleh persamaan :

Waktu **Ground Run Two Speeds, Constant $\alpha_g, A, B > 0$ adalah :**

$$t_2 - t_1 = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{A - BV^2} = \frac{1}{\sqrt{AB}} \left[\tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{B}{A}} V_2 \right) - \tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{B}{A}} V_1 \right) \right] \dots\dots\dots 4.2$$

Atau

$$t_2 - t_1 = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{A - BV^2} = \frac{1}{2\sqrt{AB}} \left\{ \ln \frac{\sqrt{A} + V_2\sqrt{B}}{\sqrt{A} - V_2\sqrt{B}} - \ln \left[\frac{\sqrt{A} + V_1\sqrt{B}}{\sqrt{A} - V_1\sqrt{B}} \right] \right\} \dots\dots\dots 4.3$$

Untuk mendapatkan konstanta B dari persamaan 4.2 dan 4.3 adalah sebagai berikut :

Waktu untuk **$\alpha_g, A, B > 0$**

$$t_2 - t_1 = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{A + |B|V^2} = \frac{1}{\sqrt{A|B|}} \left[\tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{|B|}{A}} V_2 \right) - \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{|B|}{A}} V_1 \right) \right] \dots\dots\dots 4.4$$

Biasanya, lift-off speed $1,2 V_{stall}$:

$$V_{TO} = 1.2 V_{stall} \dots\dots\dots 4.5$$

Maka Waktu untuk Takeoff :

$$t_{TO} = \frac{1}{\sqrt{AB}} \tanh^{-1} \left(\sqrt{\frac{B}{A}} V_{TO} \right)$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{AB}} \left[\ln \frac{\sqrt{A} + V_{TO}\sqrt{B}}{\sqrt{A} - V_{TO}\sqrt{B}} \right] \dots\dots\dots 4.6$$

Distance of Ground Run

Kita dapat menentukan jarak ini dengan cara berikut:

$$\frac{\frac{dV}{dt}}{\frac{dS}{dt}} = \frac{dV}{dS} = \frac{A - BV^2}{V} \dots\dots\dots 4.7$$

Maka dapat persamaan baru:

$$dS = \frac{V dV}{A - BV^2} \dots\dots\dots 4.8$$

Jika kita membuat asumsi yang sama seperti yang kita lakukan untuk perhitungan waktu, dua terhadap parameter, A dan B adalah konstan dan persamaan. (4.8) dapat diintegrasikan (terlepas dari tanda B) untuk memberikan:

Distance for Ground Run Between two airspeeds, V₁ and V₂

$$S_2 - S_1 = -\frac{1}{2B} \ln(A - BV^2) \Big|_{V_1}^{V_2}$$

$$= \frac{1}{2B} \ln \frac{A - BV_1^2}{A - BV_2^2} \dots\dots\dots 4.9$$

Dalam hal ini menjadi:

Takeoff Ground Run Distance

$$S = \frac{1}{2B} \ln \frac{A}{A - BV_{TO}^2} \dots\dots\dots 4.10$$

Minimum Distance Ground Roll

Untuk karakteristik kinerja lainnya, dapat diperoleh nilai terbaik dan berarti untuk mencapai nilai terbaik. Untuk jarak lepas landas, diperoleh nilai terbaik jarak akan menjadi terpendek. Oleh karena itu untuk menemukan kondisi penerbangan yang akan meminimalkan jarak lepas landas. Karena percepatan diberikan, jelas maka dimaksimalkan percepatan (diharapkan meminimalkan jarak takeoff) kita perlu memaksimalkan A dan meminimalisir B. Unsur utama dari A adalah gaya dorong untuk rasio berat dan koefisien gesekan tanah. Oleh karena itu memaksimalkan dorong (dan meminimalkan berat) dan lepas landas dari permukaan yang memiliki koefisien gesekan rendah bergulir (trotoar atas rumput misalnya).

Jika kita melihat parameter B, kita melihat bahwa satu-satunya bagian dari itu adalah bahwa kita memiliki kontrol atas adalah aerodinamis parameter tanah. Dapat kita peroleh untuk meminimalkan istilah

$$C_{d_g} - \mu C_{L_g} = C_{D_{0Lg}} + K_g C_{L_g}^2 - \mu C_{L_g} \quad \dots\dots\dots 4.11$$

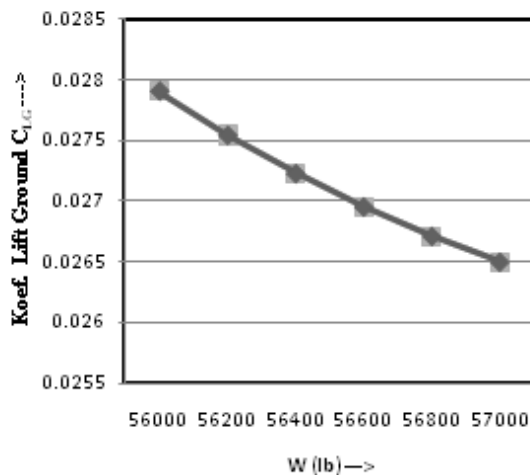
Istilah-satunya yang kita miliki di sini adalah ground lift coefficient, C_{L_g} , dan zero-lift ground drag coefficient $C_{D_{0Lg}}$. Istilah yang terakhir ini kita ingin membuat sekecil mungkin dengan mengurangi daerah frontal, dan membuat pesawat mulus. Istilah-satunya yang kita benar-benar memiliki aircraft rolls along the ground. Kita dapat menyesuaikan istilah ini dengan mengubah sudut serang pesawat. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan panjang dari struts landing gear C_{L_g} . Dengan mengambil turunan dari Persamaan. (4.11) sehubungan dengan pengaturan dan sama dengan nol:

$$\frac{d}{dC_{L_g}} (C_{D_{0Lg}} + K_g C_{L_g}^2 - \mu C_{L_g}) = 2K_g C_{L_g} - \mu = 0 \quad \dots\dots\dots 4.12$$

Atau
Ground Lift Coefficient for Minimum Takeoff Ground Run Distance

$$C_{L_g} = \frac{\mu}{2K_g} \quad \dots\dots\dots 4.13$$

Coefficient Lift Ground C_{L_g} dan Koefisien Drag Ground C_{D_g} untuk variasi beban dapat dilihat seperti table 4.2.

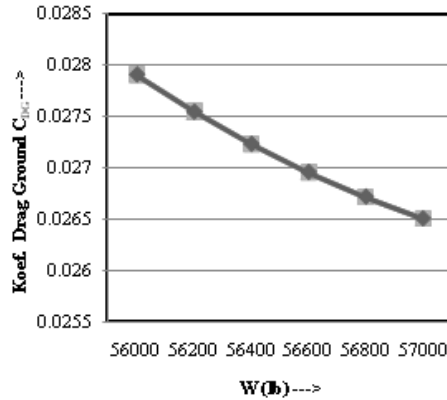


Gambar 4.1 : Grafik C_{L_g} vs W (lb)

Tabel 4.2. Data hasil C_{D_g} , C_{L_g} vs variasi W (lb)

No	W (lb)	C_{D_g}	C_{L_g}
1	56000	0.3125	0.0279063
2	56200	0.297619	0.027543
3	56400	0.284091	0.027228
4	56600	0.271739	0.026954
5	56800	0.260417	0.026713
6	57000	0.25	0.0265

Gambar grafik coefficient lift ground C_{L_g} dapat dilihat seperti gambar grafik 4.1 Dari gambar grafik 4.1 terlihat menurun dengan bertambahnya W. Gambar grafik coefficient drag ground C_{D_g} dapat dilihat seperti gambar grafik 4.2



Gambar 4.2 : Grafik C_{DG} vs W (lb)

Terlihat koefisien drag ground menurun dengan bertambahnya harga W. Harga konstanta A dan Konstanta B terhadap variasi beban W ditabelkan seperti table 4.3

Tabel 4.3 : Data hasil konstanta A dan B vs variasi W (lb)

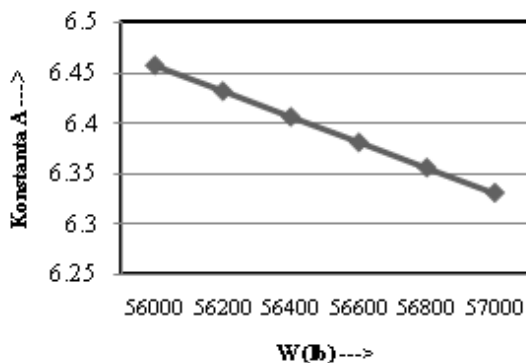
No	W (lb)	A	B
1	56000	6.4574714	3.733E-05
2	56200	6.431718	3.75E-05
3	56400	6.406146	3.77E-05
4	56600	6.380756	3.79E-05
5	56800	6.355544	3.81E-05
6	57000	6.33051	3.83E-05

Data hasil perhitungan S_{TO} , t_{TO} terhadap variasi W (lb) dapat dilihat seperti table 4.4

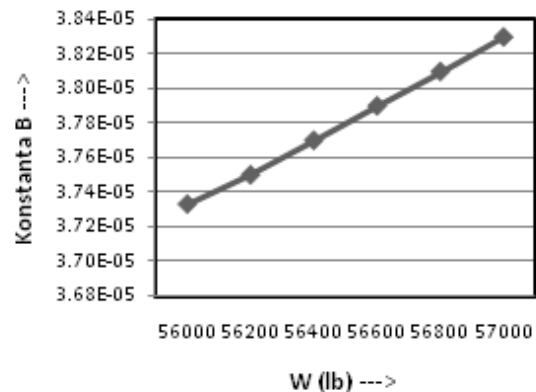
Tabel 4.4 : Data hasil S_{TO} , t_{TO} vs variasi W (lb)

No	W (lb)	S_{TO} (ft)	t_{TO} (sec)
1	56000	2390.1192	1113.2844
2	56200	2411.211	1112.42
3	56400	2432.482	1111.507
4	56600	2453.922	1110.584
5	56800	2475.519	1109.68
6	57000	2497.267	1108.816

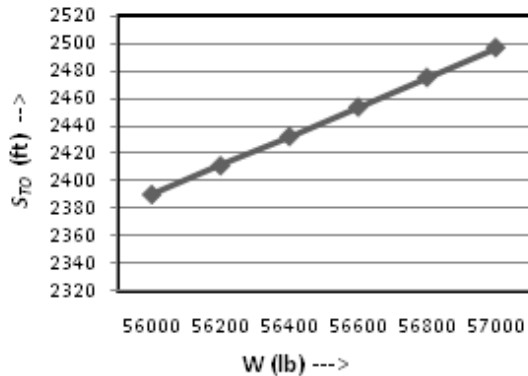
Pada gambar grafik 4.3 konstanta A terhadap variasi W terlihat menurun.



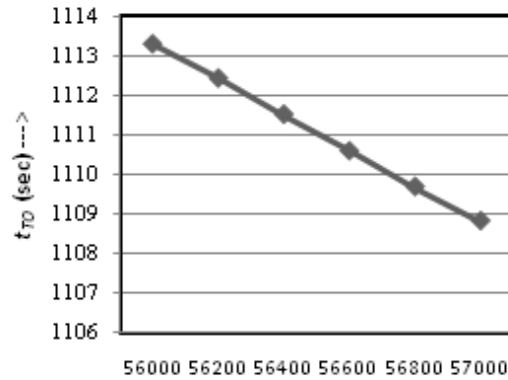
Gambar 4.3 : Grafik konstanta A vs W (lb)



Gambar 4.4 : Grafik konstanta B vs W (lb)



Gambar 4.5 : Grafik S_{TO} vs W (lb)



Gambar 4.6 : Grafik t_{TO} vs W (lb)

Pada gambar grafik 4.4 konstanta B terhadap variasi W terlihat mengalami kenaikan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian waktu lepas landas variasi berat pesawat ini dapat diambil kesimpulan :

- Koefisien lift ground maksimum sebesar 0.0279063 dan minimum 0.0265
- Koefisien drag menurun dengan naiknya W
- Harga S_{TO} naik dengan secara linier
- Harga t_{TO} juga mengalami penurunan secara linier

DAFTAR PUSTAKA

- Takeoff Safety Training Aid, U.S. Department Transportation, Federal Aviation Administration
- Flight Safety Foundation, Flight Safety Digest, October 1998, International Regulations Redefine V1
- Air Line Pilot, October, 1995; IFR Takeoffs: Minimums and Instrument Departure Procedures
- BASJ, Rejecting Takeoff: It Calls for Special Training, Capt. Chester L. Ekstrand, Director; Flight Training, Boeing Commercial Airplane Co. & Richard L. Elliot, Manager Airline Support, Flight Operations Engineering
- Flight Safety Foundation, Flight Safety Digest, October 1998, Flight-crew Reports Provide Details of Causes and Results of High-speed Rejected Takeoffs
- Provide Details of Causes and Results of High-speed Rejected Takeoffs Staying Current: A Proficiency Guide for Serious Pilots, Ziff-Davis Publishing Company, New York, 1980, Dan Manningham and the editors of Business and Commercial Aviation

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Maludin Sitanggang
 Tempat & Tgl. Lahir : Patumbak, 5 Nopember 1959
 Jenis Kelamin : Pria
 Instansi Pekerjaan : Pustekgan LAPAN
 NIP. / NIM. : 19591105.199002.1.003
 Pangkat / Gol. Ruang : IV-D
 Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Utama

Agama : Kristen
Status Perkawinan : Kawin

DATA PENDIDIKAN

STRATA 1 (S.1) : Teknik Mesin USU Medan Tahun: 1987
STRATA 2 (S.2) : Material Sciences UI Jakarta Tahun: 1997

ALAMAT

Alamat Rumah : Kompleks Lapan Blok A. No. 19 Rumpin Bogor
HP. : 08121926185
Alamat Kantor / Instansi : Pustekgan Lapan Rumpin
Email: stgmaludin@yahoo.co.id

HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR

Pertanyaan :

1. Secara logika kesimpulan kurang “make sense”. Sulistyo Atmadi (LAPAN)

Jawaban :

1. Terjadi kesalahan data dalam pengeplotan data