

PERANCANAAN AWAL TURBOPROP BASIC TRAINER AIRCRAFT BERDASAR KRITERIA CAKUPAN MISI PENERBANGAN

Tungga Bhimadi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika
Universitas Gajayana Malang
Mertojoyo Blok-I Merjosari Malang
tunggabhimadi@yahoo.com

ABSTRAK

Preliminary Design atau perancangan awal merupakan salah satu fase dalam perancangan pesawat terbang, sesudah perancangan mula dan sebelum perancangan konsep. Sebagai latar belakang, sudah saatnya Indonesia mengganti pilihan pesawat latih yang digunakan sekarang. Sehingga perlu usulan pesawat latih dasar pengganti sebagai tujuan penelitian yaitu, pemilihan *Turboprop Basic Trainer Aircraft* atau pesawat latih dasar dengan propeler, untuk latihan calon pilot penerbang pesawat tempur. Masalahnya pesawat pilihan harus mempunyai karakteristik sesuai yang diinginkan. Untuk kesesuaian itu, *metodologi perancangan empiris* prediksi harga karakteristik diusulkan dengan aspek desain fokus pada kriteria cakupan 3(tiga) misi yaitu *sortie* training, bomber, dan attack. Hasil penelitian adalah pilihan pesawat berdasar kriteria yang diinginkan dengan prediksi harga karakteristik dari aspek desain seperti aspek: aerodinamika, stabilitas, persyaratan misi, unjuk kerja, dan kemampuan membawa beban. Sebagai kesimpulan, pesawat pilihan memenuhi kriteria cakupan misi bahkan untuk beberapa item misi lebih baik. Metodologi perancangan empiris ini dapat digunakan untuk pemilihan pesawat jenis lain yang akan digunakan.

Kata kunci: perancangan awal, aspek desain, pesawat latih dasar

ABSTRACT

Preliminary Design is as one of the phase in aircraft design, which after initial design and before concept design. As a background, it is time for Indonesia to replace its trained aircraft so that it is needed basic trained aircraft as a research objection. Purpose of this research is to select Turboprop Basic Trainer Aircraft with propeler. This aim is to train for military aircraft candidate. The selective aircraft must have appropriate characteristics. We propose empiric design methodology of characteristic value prediction with design aspects focus on three mission scopes as sortie: training, bomber, and attack. These are to meet the appropriateness. The result of this research is selective aircraft based on criteria with predictive of characteristic value of design aspects: aerodynamics, stability, mission requirement, performance, and load capacity. The conclusion is selective aircraft meet the criteria of mission scope even for some better characteristics. This empiric methodology can be used to select other types of aircraft.

Keywords : *preliminary design, design aspect, basic trainer aircraft*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sejak *mesin terbang* Wright bersaudara 17 Desember 1903, sebagai awal bahasan latar belakang, dapat diterangkan, era perancangan motor terbang berkembang kearah pemenuhan

konstruksi pesawat sesuai dengan besar daya dorong yang sudah ditemukan. Konstruksi ini disesuaikan dengan teknologi pembuatan komponen dan disiplin ilmu.

Awal tahun 1930, piston engine digunakan dengan daya dorong sekitar 300 hp. Kemudian mesin pancar gas dan turbofan awal tahun 1975 dengan gaya dorong sampai 50.000

lb atau 22.500 kgf, merupakan kebangkitan menuju pesawat dengan efisiensi bahan bakar, terutama untuk pesawat penumpang. Setelah era tahun ini, perkembangan daya dorong menjadi besar pengaruhnya dalam alternatif aneka pembuatan jenis pesawat terbang.

Industri pesawat terbang semakin berkembang sebanding dengan peningkatan sarana penunjang, antara lain pengetahuan kedirgantaraan, *wind tunnel*, *fatigue instrument*, dan kapasitas *hardware* komputer. Sayang, kejayaan PT IPTN tinggal kenangan dan semoga bangkit setelah merugi akibat operasional tinggi dan kehilangan kepercayaan. Dari aneka jenis pesawat, penyajian penelitian ini fokus pada kajian pesawat latih, dan dari tiga jenis pesawat latih (mula, dasar, dan lanjut) penulis fokus pada kajian pilihan untuk pesawat latih dasar.

Sejak kemerdekaan Indonesia sampai awal tahun 2014, dilakukan pergantian pilihan pesawat latih sebagai berikut. Diawali akhir tahun 1950, pesawat Piper Cub (jenis aerobatik) piston engine dipilih sebagai pesawat latih mula, BT-13 valiant dengan turboprop sebagai pesawat latih dasar, dan AT-16 Harvard dengan turboprop sebagai pesawat latih lanjut. Pertengahan tahun 1960, pergantian pesawat latih menjadi, T34A Mentor piston engine enam silinder sebagai pesawat latih mula, T34C Turbo Mentor sebagai pesawat latih dasar, dan L-29 Delphin dengan mesin jet sebagai pesawat latih lanjut.

Realisasi pergantian berikutnya terjadi awal tahun 1980 sampai sekarang, pesawat latih mula AS Bravo 202/18A3 tempat duduk side by side piston 4(empat) silinder, Deechcraft T34C-1 (modifikasi pesawat sejenis) tahun 1973 dan mulai diproduksi 1979 sebagai pesawat latih dasar, dan turbojet Hawk MK-53 dipakai sebagai pengganti L-29 Delphin. Tiga pilihan berurut ini belum menunjukkan kesinambungan tujuan dasar menjadikan pilot pesawat tempur. AS Bravo mempunyai kemampuan muatan payload yang rendah dan T34C-1 adalah pesawat latih lincah. Konsistensi apabila mengacu pilihan MK-53, muatan payload dan operasi combat misalnya dimunculkan untuk pilihan semua stata pesawat.

Informasi ini memberikan indikasi bahwa, pergantian pesawat latih sudah waktunya dilakukan. Strategi pilihan T34C-1 trainer sergap ringan dan Hawk MK-53 trainer

ground attack untuk pesawat latih lanjut menunjukkan bahwa orientasi TNI-AU adalah melakukan penyerangan pertama musuh diluar maupun didalam wilayah Indonesia sekalipun mungkin sebelum didahului. Tipe pesawat tempur yang diandalkan untuk lulusan penerbang ini adalah pesawat, *close air support*, *co-in counter insurgency*, *bomber*, dan pengintai.

Landasan Metodologi

Indonesia dari sabang sampai merauke, membutuhkan 200 pesawat jenis: penumpang, latih, tempur, support, dan RPV. Jumlah pesawat berbagai jenis yang dibutuhkan cukup untuk produksi mandiri, dengan keuntungan, karakteristik masing-masing pesawat dapat dirumuskan sendiri.

Kajian dari pilihan spesifikasi dilakukan sesuai kondisi Indonesia dan kajian pesawat latih dasar ini menggunakan landasan **metodologi perancangan empiris**, yaitu menentukan harga *performance* atau kinerja yang diinginkan dan melakukan menempatkan harga tersebut pada pesawat sejenis untuk mendapatkan aspek desain lain. Penerapan metodologi ini didukung dengan perhitungan karakteristik pesawat pilihan dan membutuhkan harga awal sebagai kinerja pesawat pilihan.

Rumusan landasan metodologi memerlukan batasan. Ilustrasi batasan perancangan adalah berikut, seorang perancang sepeda ingin membuat sepeda yang lain dari yang biasa dijual. Pengalaman bekerja pada bengkel menyakinkan kesanggupannya. Ide merancang dirintis dari gambar *struktur* sepeda baru dan merinci komponen yang diutuhkan. Prakteknya tidak semua komponen terdapat pada pasar, sehingga batasan pertama yang belum terpikirkan telah dijumpai.

Batasan perancangan pesawat terdiri tiga bagian yaitu, batasan pengetahuan atau *knowledge base*, batasan teknologi atau *technology base*, dan kendala. Batasan pengetahuan dari level perhitungan untuk: struktur, aerodinamika, stabilitas-pengendalian, dan prestasi Pesawat. Kendala adalah kemampuan yang dimiliki untuk menciptakan pesawat yang diinginkan sebagai keterpaduan dari: dasar pengetahuan, level teknologi, kemampuan management, manufacturing, dan *skill* (kepandaian) SDM inovatif.

Masalah Kriteria Perencanaan

Masalah selanjutnya dalam pemilihan pesawat latih setelah kinerja ditentukan adalah merumuskan kriteria perancangan. Rumusan ini mengikuti regulasi baik aspek kualitatif maupun kuantitatif, misalnya dari Military Specification (MilSpecs). Pesawat latih dasar pilihan ini menggunakan standard misi dari MilSpecs C5011B halaman 36, 40 dan 58, yaitu, misi standard sebagai pesawat latih dan pesawat sergap ringan. Hasil kriteria perancangan disampaikan bab selanjutnya.

Solusi Masalah dengan Persyaratan misi

Ciri pesawat latih antara lain adalah, tanpa penumpang, dikemudikan paling banyak dua orang yaitu siswa dan instruktur, atap cockpit atau canopy merupakan selubung transparan dari depan sampai belakang, letak sayap dibawah badan atau *low wing*, ditinjau dari posisi tempat duduk yaitu *tandem* (posisi muka-belakang) dan *side by side*. Pesawat latih mula tempat duduk berdampingan agar tumbuh kepercayaan siswa karena merasa dibimbing dan diperhatikan instruktur. Pesawat latih dasar dan lanjut mempunyai tempat duduk posisi tandem dengan tujuan agar siswa memperoleh kepercayaan penuh untuk mengemudikan pesawat. Informasi ini digunakan sebagai pertimbangan dalam merumuskan solusi masalah, terutama untuk perencanaan *canopy*.

Hasil kriteria perancangan merupakan dasar rumusan persyaratan misi atau *mission requirement*. Persyaratan misi ini merujuk misalnya: standard atmosfir sesuai MilSpecs 3.3.4, standard bahan bakar sesuai MilSpecs 3.4.1.11, perancangan ruang *cockpit* mengikuti MilSpecs – SDT - 58CB, kriteria stabilitas dari MilSpecs-f-9490C, dan penentuan harga prestasi awal mengikuti prosedur MilSpecs-C-5011A.

Penentuan tinggi jelajah pertimbangkan antar lain, tercantum dalam kurikulum calon penerbang *high flight* dan *pattern flight* untuk terbang navigasi, dan *load factor* kondisi kecepatan kecil dan terbang rendah. harga ketinggian disesuaikan dengan ketinggian terbang pesawat latih dasar Indonesia.

METODE

Harga awal dari pilihan minimal satu aspek persyaratan misi, diperoleh antara lain, kecepatan *cruising* atau jelajah maksimum 396

km/jam, kecepatan stall 98 km/jam, kecepatan *climb* atau menanjak *sealevel* 451 meter/menit atau 7.52 meter/detik, dan jarak jelajah maksimum 708 nmil atau 1311 km. Untuk misi sergap ringan yang dilakukan, sasaran paling jauh dicapai pada radius 655 km dari pangkalan militer. Jarak Sabang-Merauke sebesar 5200 km, sehingga 8-10 pangkalan diperlukan.

Payload atau beban luar yang dapat dibawa pesawat sesuai misi adalah, sebagai pesawat latih 2(dua) penerbang seberat 360 lb, sebagai pesawat sergap ringan dengan dua misi. Dua misi ini adalah: *misi bomber* 2(dua) penerbang seberat 360 lb dan *tactical strik bom* a 36 kg berat total 317.5 lb dengan 2 *freefall bom* a 112 kg berat total 494. lb sehingga payload misi ini menjadi 1171 lb., misi attack dengan 2(dua) penerbang 360 lb dan senapan 12.7 mm berat 114.5 kg atau 252 lb yang dilengkapi CBLS camera dengan 2 bom dan berat total 124.kg (275 1b) dan berat payload misi ini menjadi 887 lb. Semua jenis payload diambil dari payload yang terpasang pada pesawat Hawk MK 22. Detail kinerja dari misi penerbangan ini mengikut prosedur **Nicolai**.

Persyaratan misi selanjutnya adalah kecepatan jelajah 125 meter/detik atau 0.367 mach. Harga ini lebih besar dari kecepatan Jelajah pesawat latih dasar sebelumnya (101 meter/ detik). Jarak minimum misi adalah: latih 2000km, bomber 650km, dan attack 900km. Endurance sortie combat minimum ditentukan untuk misi: latih 20 menit, bomber 35 menit, dan attack 10 menit. Waktu loiter ditentukan 15 menit untuk semua misi. *Landing field* ditentukan 800m dan *take off field* 500m.

Data pesawat latih dasar *turboprop* sejenis ditentukan 8(delapan) yaitu, FAA AS 32T buatan Jerman dan Swiss, Pilatus PC7 dari Swiss, Valmet L80 dari Finlandia, SF260 TP dari Italia, NDT-1T buatan Inggris, Beechcraft T34M buatan Amerika Serikat, EMB 312 Tucano dari Brasilia, dan MK IV 550 buatan Maroko.

Data pendukung untuk pengembangan metodologi kearah komputasi dan sistem informasi antara lain diperoleh dari: **Military Standard** untuk regulasi yang diberlakukan, **Abbott-Doenhoff** untuk data wing, British Aerospace dan *Jane's Book* untuk pesawat latih sejenis, **Currey** untuk komponen kontrol dan landing gear, dan Pratt-Whitney untuk

engine. Kondisi dirgantara Indonesia diikuti dari: majalah Angkasa, majalah Interavia, dan Dinas Penerbangan Markas Besar TNI-AU.

Metode penyelesaian dan analisis data merupakan penertapan **metodologi perancangan empiris** dengan dukungan perhitungan antara lain dari : tren dan regresi statistik untuk menentukan kinerja dari prosedur **Perkins-Hige** dan **Ruijgrob**, prosedur **Nicolai** untuk menentukan harga parameter persyaratan misi, prosedur **Torembeek** untuk menghitung harga karakteristik perancangan fokus penentuan dimensi, prosedur **Jenie** untuk stabilitas dan pengendalian, prosedur **Stinton** untuk karakteristik aerodinamika, dan **Bhimadi** untuk prosedur *high lift device* atau alat bantu take off, landing, dan manuver.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum perhitungan sesuai prosedur dilakukan, kontrol pilihan harga awal dengan hasil dari harga rata-rata pesawat sejenis perlu agar setiap parameter pilihan tersebut dalam *range* harga rata-rata tersebut. Contoh harga prestasi, dimensi, dan parameter diperoleh dari asumsi dan harga ini dibandingkan dengan harga pesawat rata-rata. Hasilnya dicantumkan pada tabel 1. Harga W_{to} maksimum dari tabel 1 ini, digunakan untuk estimasi W_o atau berat kosong pesawat. Mengikuti prosedur Nicolai, jika asumsi W_{to} adalah 5130 lb, maka diperoleh W_o sama dengan 2800 lb.

Tabel 1. Harga pesawat sejenis dg pilihan

Parameter	Harga rata-rata	Pesawat Pilihan
V_{cr} (km/jam)	375	450
D_p (diam.prop) m	2.15	2.18
P_{to} (pow.takeoff) hp	563	750
(W_o/W_{to}) min.	0.501	0.582
W_{to} maks. (1b)	5130	4811
W_{p1} maks. (1b)	1425	1175
W_{fl} internal (1b)	705	860.6
Range maks.(km)	1412	2000
Endur maks. (jam)	4.66	6.05
Luas sayap (m ²)	14.76	16.81

Konfigurasi sesuai persyaratan misi dihasilkan yaitu, untuk *wing* atau sayap, *low wing* karena pemasangan landing gear pada sayap dan *manuverability* lebih baik dari *high wing*, sayap *planform* dan *sweep forward* pada *trailing edge* karena mendapatkan bidang atur flap dan aileron yang luas, mempunyai *aspect*

ratio antara 4 sampai 8 karena umumnya aspec ratio <4 untuk fighter dan aspec ratio >8 untuk transport, sudut dihedral pada pangkal inner wing karena memudahkan pemasangan payload bawah sayap dan memberi sudut rolling lebih besar dari outer wing serta *manuverability* terhadap rolling paling baik, dan tanpa sudut sweep 1/4 chord karena reaksi gaya-momen pada fuselage relatif kecil, dan pengaruh pertambahan gaya tahan sayap karena sudut *swept* mulai diperhitungkan untuk kecepatan terbang >0.65 mach.

Konfigurasi **sistem ekor** dipakai *Fuselage Mounted Horizontal Tail* karena: dapat diperoleh tumpuan sistem ekor yang kuat, pengaturan peralatan control sistem ekor yang lebih sederhana dari konfigurasi T tail, dan lebih ringan dari sistem T tail. Profil simetris untuk *Vertical Tail* ditentukan karena untuk menghilangkan efek penambahan gaya angkat dari bentuk profil dan mempunyai efek stabilitas (roll rater misalnya) yang sama untuk ganggaan slip samping baik positip atau negatip. Dari hasil perhitungan volume bahan bakar yang dibutuhkan, tangki bahan bakar cukup ditempatkan pada outer wing diantara dua spar (front-rear spar).

Kemampuan membawa beban pesawat terpilih, dianalisa dari 3(tiga) *sortie* yaitu: bomber, attack, dan latih. Setiap sortie terdiri dari *flight condition* atau kondisi terbang berurut, misalnya untuk sortie bomber dengan urutan: taxing dengan berat maksimum, take off, climb-1, cruising-1, combat, descend-1, climb-2, drop payload, cruising-2, climb back, cruising back, descend back, loiter, landing, taxing. Setiap kondisi terbang disyaratkan berat pesawat tertentu. Pesawat pilihan dari pasar atau pembelian khusus dapat dievaluasi kesesuaian kondisi terbang dengan yang sudah ditetapkan. Hal ini dilakukan dengan simuasi atau uji terbang (*flight test*).

Persyaratan misi merupakan evaluasi dari harga awal parameter masukan (sebagai input) untuk perhitungan 3(tiga) sortie yang sudah ditentapkan dengan harga parameter yang sama hasil perhitungan (sebagai output). Evaluasi ini merupakan langkah awal untuk mendapatkan pilihan pesawat yang mempertimbangkan kriteria dan pembatas dalam optimasi. Sasaran optimasi adalah selisih harga input dan output untuk beberapa parameter yang sama relatif kecil. Tentu saja

setiap langkah evaluasi merupakan perhitungan dengan *engineering program*.

Contoh hasilnya adalah: berat kosong semula 2800lb menjadi 2842.6 lb, Clmaks 2.25 menjadi 2.486, W/S Landing satuan lb/ft² dari 32 menjadi 30.95, Cdo dari 0.025 menjadi 0.0236, dan L/D maksimum 0.9 menjadi 0.87. Iterasi pertama ini memberikan perbaikan persyaratan misi untuk: *landing field* lebih pendek, *take off field* lebih panjang 464.1 mil dari 2624.6 mil menjadi 2160.5 mil, jelajah sortie bomber dan latih lebih jauh 555 mil dan 321.5 mil, dan kecepatan stall lebih besar 50.12 ft/detik dari 32.8 ft/detik menjadi 82.92 ft/detik.

Perencanaan dimensi pesawat pilihan menghasilkan karakteristik sebagai berikut: bentang sayap (ft) antara pesawat rata-rata dengan pesawat bentang maksimum, luas sayap (ft²) mempunyai harga paling besar, aspect rasio mempunyai harga paling kecil, taper rasio mempunyai harga antara pesawat rata-rata dengan pesawat maksimum, diameter propeler (ft) mempunyai harga paling besar, panjang total (ft) mempunyai harga paling besar, tinggi *fuselage* (ft) mempunyai harga paling kecil, rasio luas h.tail dengan wing mempunyai harga paling besar, rasio 1/4 chord wing dengan h.tail mempunyai harga paling besar.

Evaluasi karakteristik berat dan balance pesawat pilihan dilakukan antara lain untuk: penempatan komponen mempertimbangkan ruangan dari dimensi dengan contoh evaluasi penempatan engine dan hasilnya ruangan memenuhi syarat, *Xcg travel* atau pergerakan pusat berat akibat sortie memberikan panjang gerakan yang dievaluasi dengan regulasi. Untuk pesawat pilihan, pergerakan diperoleh kisaran 0.22 sampai 0.26 *wing chord*. Hasilnya memenuhi, range-endurance atau jarak dan waktu tempuh setiap kondisi terbang. Bahkan dalam sortie tertentu diperoleh harga jauh lebih baik dibandingkan syarat yang diberikan. Evaluasi payload-range operasional pesawat pilihan dalam melepaskan tembakan dan menjatuhkan bom, diperoleh dalam kondisi masih stabil.

Evaluasi karakteristik aerodinamika antara lain dilakukan dari tinjauan harga koefisien: *lift* atau gaya angkat dan *drag* atau gaya tahan total pesawat pilihan. Harga total ini merupakan akumulasi koefisien koefisien aerodinamika kontribusi dari: sayap, vertical

dan horizontal tail, fuselage, dan *high lift device component*. Evaluasi memcakup semua kondisi terbang misalnya, take off, landing, cruising, climb, loiter, dan combat.

Penelitian baru melakukan satu parameter evaluasi yaitu harga koefisien lift maksimum untuk cruising. Parameter lain adalah drag maksimum dan semuanya harus dalam range tertentu sesuai regulasi.

Evaluasi karakteristik untuk power requirement umumnya dinyatakan dengan beberapa kurva untuk antara lain: efisiensi power kondisi terbang (cruising, climb, loiter, dan decent), power wing loading, dan persyaratan daya untuk setiap sortie. Semua daya hasil perhitungan dievaluasi dengan riil daya engine. Umumnya, kebutuhan daya hasil perhitungan disesuaikan dengan daya dari pilihan jenis engine, kecuali kasus khusus misalnya decent dimana engine yang dipilih tidak memenuhi syarat dan harus ganti.

Evaluasi stabilitas dilakukan dari perhitungan pesawat pilihan dan hasilnya dievaluasi sesuai regulasi. Tiga kondisi stabilitas pesawat terjadi yaitu stabilitas: longitudinal, lateral, dan direksional. Syarat stabilitas memenuhi apabila semua koefisien sesuai regulasi. Harga pesawat pilihan sudah sesuai regulasi, misalnya untuk stabilitas longitudinal yaitu: regulasi $Cm\alpha$ negatif maksimal -0.02 dan perhitungan diperoleh 0.0101, δe -0.2 rad sesuai dengan regulasi maksimum 0.35 rad. δm maksimum 0.05 diperoleh antara 0.023 sampai 0.033, dan trim drag 0.014 dari regulasi minimum 0.01

Evaluasi unjuk kerja dinyatakan dengan kurva sebagai syarat untuk mendapatkan sertifikasi, Kurva tersebut adalah: terbang layang untuk ketinggian dan berat tertentu, hodograph berat perawat tertentu tanpa dan dengan efek angin samping, terbang layang kondisi pengendalian ekstrem, terbang membelok untuk variasi ketinggian, membelok stasioner, dan memberlok dengan radius putar minimum untuk variasi ketinggian dan kecepatan terbang. Pesawat pilihan memberikan semua kurva yang dibutuhkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Sebagai simpulan, pesawat latih dasar turbo propeller sergap ringan yang dirancang memenuhi *persyaratan misi* sesuai yang ditentukan sebelumnya. Bahkan untuk beberapa parameter persyaratan misi tertentu

diperoleh *hasil yang lebih baik*. Misalnya pada perbaikan harga *take off length*, range maksimum, dan kecepatan *climb*. Semua harga parameter input dan hasil perhitungan *terletak dalam range harga* pesawat sejenis atau range harga persyaratan literatur. Estimasi berat tiap sortie dari persyaratan misi adalah *contoh langkah awal* prosedur perancangan sebagai penggunaan program Perancangan Awal Trainer Turbo Propeller.

Sebagai saran, pemilihan, langkah optimasi parameter dapat dilakukan dengan bantuan Program Perancangan Awal dalam sistem informasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott-Doenhoff. 1958. *Theory of Wing Section*. Dover Publication, New York
- Bhimadi, T. 1987. *Perhitungan Tegangan dan Pemeriksaan Kekuatan Struktur Flap dan Track Pada CN-235 Akibat Beban Statik*. Laporan teknik. PT. IPTN Bandung
- British Aerospace. 2011. *Indonesia and The Hawk*. Edisi Juli. Surrey. England
- Currey, N. 1982. *Landing Gear Design Handbook*. edisi pertama, Lockheed-Georgia Company, Toronto, Canada
- Dinas Penerbangan Markas Besar TNI-AU. 2014. berupa brosur-brosur
- Jane, F. T. 2013. *Jane's All The Word's Aircraft 2011- 2012*. London
- Majalah Angkasa, 2012. edisi September- Oktober
- Majalah Interavia. 2011. no. 11
- Military Standard. 2013. *Requirements for Military Aircraft Super Seding*. Department of Defense. Washington DC. Amerika Serikat
- Nicolai. L. M. 2005. *Fundamentals for Aircraft Design*. University of Dayton Ohio. Amerika Serikat
- Perkins-Hige. 1999. *Airplane Performance Stability and Control*, John Wiley and Sons Inc., Tokyo, jepang
- Ruijgrov, G. J. J. 1983. *Lecture Note on The Principle And Practice of Airplane Performance Prediction*. Report LR-395. Delft University. Belanda.
- Jenie. S. D. 1985. *Dinamika Terbang*. Jurusan Teknik Penerbangan, ITB. Bandung
- Stinton. D, 1983, *The Design of The Aeroplane*. Granada Publishing. edisi pertama. cetakan pertama. Inggris
- Torenbeek. E, 2013. *Synthesis of Subsonic Airplane Design*. Delft University Press. cetakan pertama Belanda
- United Technologies 1982. *Fact Sheet PT6A-34*. Pratt and Whitney Aircraft of Canada Ltd.